Le Campus

18e édition

Le PC

Architecture, maintenance et mise à niveau

Scott Mueller

PEARSON

Le PC

18e édition

LE CAMPUS

PEARSON

Pearson Education France a apporté le plus grand soin à la réalisation de ce livre afin de vous fournir une information complète et fiable. Cependant, Pearson Education France n'assume de responsabilités, ni pour son utilisation, ni pour les contrefaçons de brevets ou atteintes aux droits de tierces personnes qui pourraient résulter de cette utilisation.

Les exemples ou les programmes présents dans cet ouvrage sont fournis pour illustrer les descriptions théoriques. Ils ne sont en aucun cas destinés à une utilisation commerciale ou professionnelle.

Tous les noms de produits ou autres marques cités dans ce livre sont des marques déposées par leurs propriétaires respectifs.

Publié par Pearson Education France
47 bis, rue des Vinaigriers
75010 Paris
Tél. : 01 72 74 90 00

Mise en pages et coordination
éditoriale : Euklides

ISBN : 978-2-7440-4087-0
Copyright © 2009 Pearson Education France

Tous droits réservés

www.pearson.fr

Titre original : *Upgrading and Repairing PCs, 18th edition*

Traduit de l'américain par Alpha Développement, Philippe Beaudran, Emmanuelle Burr, Véronique Campillo, Laurence Chabard, Christine Eberhardt, Lionel Garrec, Brigitte Humbert, Nathalie Le Guillou, Michel Martin, Damien Martin de la Salle, Hervé Soulard et Véronique Warion.

ISBN : 978-0-7897-3697-0
Copyright © 2008 by Que Publishing

All rights reserved

Que est une marque de Pearson
800 East 96th Street
Indianapolis, Indiana 46240, USA

Aucune représentation ou reproduction, même partielle, autre que celles prévues à l'article L. 122-5 2° et 3° a) du code de la propriété intellectuelle ne peut être faite sans l'autorisation expresse de Pearson Education France ou, le cas échéant, sans le respect des modalités prévues à l'article L. 122-10 dudit code.

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the publisher.

LE CAMPUS

Le PC

Architecture, maintenance et mise à niveau

18e édition

Scott Mueller

PEARSON

Introduction 1

1 Le PC : composants, caractéristiques et architecture 7

2 Les microprocesseurs : types et caractéristiques 19

3 Les cartes mères et les bus 111

4 Le BIOS 287

5 La mémoire 333

6 L'interface ATA 395

7 Le stockage sur disque dur 451

8 Le stockage amovible 501

9 Le stockage optique 515

10 L'installation et la configuration de lecteurs physiques 635

11 Le matériel vidéo 667

12 Le matériel audio 747

13 Les interfaces d'entrées/sorties 793

14 Les périphériques d'entrée 831

15 Les connexions à Internet 853

16 L'alimentation et le boîtier 905

17 L'assemblage et la mise à niveau d'un ordinateur 1007

18 Modifications : overclocking et refroidissement 1051

19 Les diagnostics, les tests et la maintenance 1089

Index 1173

Table des matières

Introduction 1
Nouveautés de la 18e édition 1
Objectifs de ce livre 2
Chapitre par chapitre 3
Site web de l'auteur : upgradingandrepairingpcs.com 6

1 Le PC : composants, caractéristiques et architecture 7
Qu'est-ce qu'un PC ? 7
Qui contrôle les standards de logiciels pour PC ? 8
Qui contrôle les standards du matériel de PC ? 11
Types d'ordinateurs 14
Composants d'un ordinateur 18

2 Les microprocesseurs : types et caractéristiques 19
Caractéristiques du processeur 19
Bus d'entrées/sorties de données 22
Bus d'adresses 24
Registres internes (bus de données internes) 25
Modes de processeur 26
Fréquences de processeur 32
Fréquences de processeur et fréquences de carte mère 44
Performances des processeurs Cyrix 46
Performances des processeurs AMD 47
Overclocking 48
Mémoire cache 51
Fonctionnalités des processeurs 60
Gestion d'alimentation SMM 60
Exécution superscalaire 62
Technologie MMX 63
SSE, SSE2, SSE3 et SSSE3 64
3DNow!, 3DNow! Enhanced et 3DNow! Professional 65
Exécution dynamique 66
Architecture à deux bus indépendants 67
Technologie Hyper-Threading 68
Technologie multicœur 70
Supports des processeurs 72
Socket 939 et 940 74
Socket LGA775 74
Socket AM2 75
Socket F (1207FX) 76

Tensions de fonctionnement des processeurs 76
Coprocesseurs arithmétiques (unités en virgule flottante) 79
Bogues de processeurs 80
Six générations de processeurs Intel et compatibles 81
Processeurs Intel Pentium 4 (septième génération) 82
Pentium 4 Extreme Edition 85
Problèmes d'alimentation et de refroidissement 85
Processeurs Xeon 86
Processeurs de huitième génération (64 bits) 87
AMD Athlon 64 et 64 FX 87
AMD Opteron 94
Processeurs multicœurs 95
Intel Pentium D et Pentium Extreme Edition 95
Intel Core 2 98
AMD Athlon 64 X2 et 64 FX 102
Mise à niveau d'un processeur 106
Logiciels de test de performances de processeur 107
Techniques de dépannage des processeurs 108

3 Les cartes mères et les bus 111
Facteurs d'encombrement des cartes mères 111
ATX 114
Cartes élévatrices ATX 118
Micro-ATX 122
Flex-ATX 123
DTX et Mini-DTX 125
ITX et Mini-ITX 126
BTX 129
Supports/connecteurs de processeur 133
Chipsets 135
Évolution des chipsets 136
Chipsets Intel 137
Numéros des modèles de chipsets d'Intel 138
Architecture à vidéo intégrée d'Intel 139
Chipsets AMD Athlon/Duron 140
Architecture North/South Bridge traditionnelle 141
Architecture hub 143
Connexions North-South Bridge à grande vitesse 144
Chipsets de septième et huitième générations (Pentium 4/D et Core 2) 146
La famille Intel 850 152
La famille Intel 845 153
La famille Intel 865 155
Intel 848P 156
Intel 875P 157
La famille Intel 915 157
La famille Intel 925X 158
La famille Intel 945 Express 158
La famille Intel 955X et 975X 158

La famille Intel 96x 159
La famille Intel 3x 160
Chipsets tiers pour les processeurs Intel 162
Chipsets SiS 162
Chipsets ULi Electronics 168
Chipsets ATI 171
Chipsets VIA 173
Chipsets pour l'Athlon d'AMD 177
Chipsets AMD 178
Chipsets VIA 181
Chipsets SiS 189
Chipsets ULi (ALiMagik1) 195
Chipsets NVIDIA nForce 196
Chipsets IGP ATI Radeon 198
Chipsets Intel pour stations de travail 201
Intel 860 202
Intel E7205 202
Intel E7505 202
Intel E7525 203
Chipsets pour l'Athlon 64 d'AMD 203
Chipset AMD-8000 (8151) 203
ATI (à présent AMD) 205
Chipsets ULi pour Athlon 64 206
Chipsets VIA pour Athlon 64 208
Chipsets NVIDIA pour Athlon 64 210
Chipsets SiS pour l'Athlon 64 213
Puces de Super-entrées/sorties 218
Adresses de RAM CMOS de la carte mère 219
Connecteurs d'interface de carte mère 220
Fonctions et caractéristiques des bus système 231
Le bus de processeur (FSB) 238
Le bus de mémoire 244
Nécessité des slots ou connecteurs d'extension 245
Types de bus d'entrées/sorties 245
Bus PCI 246
PCI-Express 251
Bus AGP 254
Ressources système 257
Requêtes d'interruption (IRQ) 258
Canaux DMA 266
Adresses de ports d'entrées/sorties 267
Résolution des conflits de ressources 271
Résoudre les conflits manuellement 273
Utiliser un modèle de configuration système 274
Ressources système types utilisées par les cartes d'extension 279
Technologie Plug and Play 284

4 Le BIOS 287
Présentation du BIOS 287
BIOS matériel/logiciel 291
BIOS de la carte mère 293
La mémoire ROM 294
Duplication de la ROM 296
Types de puces ROM 297
Les fabricants de BIOS en ROM 301
Mise à jour du BIOS 308
Déterminer la version du BIOS 309
Vérifier la date du BIOS 309
Sauvegarder le BIOS 310
Sauvegarder les paramètres de configuration du BIOS (RAM CMOS) 311
Mettre à jour un BIOS Flash 311
Spécification des paramètres CMOS 317
Exécuter ou accéder au programme de configuration (Setup) CMOS 317
Les menus de configuration du BIOS 318
Les autres fonctions du Setup BIOS 322
BIOS Plug and Play 324
Identifier les périphériques PnP 325
ACPI 325
Initialiser un périphérique PnP 326
Messages d'erreur du BIOS 327
Messages d'erreur du BIOS au démarrage 328
Messages d'erreur du MBR au démarrage 331

5 La mémoire 333
Principes de base de la mémoire 333
ROM 336
DRAM 337
Mémoire cache : SRAM 339
Types de RAM et performances 343
SDRAM 346
SDRAM DDR 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
RDRAM 353
Mémoire physique 356
SIMM, DIMM et RIMM 357
Brochage des DIMM DDR2 363
Brochage des DIMM DDR3 365
Déterminer la taille et les caractéristiques d'un module 367
Bancs de mémoire 370
Vitesse des barrettes de mémoire 372
Parité et ECC (code de correction d'erreurs) 372

Contrôle de parité 375
Fonctionnement du contrôle de parité 376
Code de correction d'erreurs (ECC) 380
Installation d'extensions de la mémoire RAM 381
Options et stratégies d'évolution 382
Choix et installation de la mémoire 383
Achat de mémoire 383
Remplacement de barrettes par des modèles de capacité supérieure 386
Installation de modules mémoire 386
Installer des SIMM 388
Dépannage 388
Comment isoler la mémoire défectueuse 393

6 L'interface ATA 395
Présentation de l'interface IDE 395
Interface IDE ATA 396
Standards ATA 397
ATA/ATAPI-5 398
ATA/ATAPI-6 399
ATA/ATAPI-7 400
SATA/ATAPI-8 401
ATA parallèle 401
Connecteur d'entrés/sorties de l'interface ATA parallèle 402
Câble d'entrées/sorties de l'interface ATA parallèle 405
Câbles plus longs ou ronds 407
Signaux de l'interface ATA parallèle 408
Configuration ATA parallèle à deux disques durs 409
Modes de transfert PIO de l'interface ATA parallèle 412
Modes de transfert DMA de l'interface ATA parallèle 413
ATA Série 414
Câbles et connecteurs ATA série 417
Configuration ATA série 419
ATA série de deuxième génération 420
AHCI (*Advanced Host Controller Interface*) 421
Modes de transfert ATA série 422
Fonctionnalités ATA 423
Commandes de l'interface AT 423
Mode sécurité ATA 424
HPA (*Host Protected Area*) 426
ATAPI 427
Limitations de capacité des lecteurs ATA 428
Préfixes pour les multiples décimaux et binaires 428
Limitations liées au BIOS 430
CHS contre LBA 430
Conversions CHS/LBA et LBA/CHS 432

Commandes BIOS contre commandes ATA 432
Limitations CHS (barrière des 528 Mo) 433
Conversion CHS (briser la barrière des 528 Mo) 436
La barrière des 2,1 Go et 4,2 Go 438
Conversion LBA assistée 440
La barrière des 8,4 Go 444
La barrière des 137 Go et au-delà 445
Système d'exploitation et autres limitations logicielles 446
RAID PATA/SATA 448

7 Le stockage sur disque dur 451
Définition du disque dur 451
Facteurs de forme 453
Disque de 5 pouces 1/4 455
Disque de 3 pouces 1/2 455
Disque de 2 pouces 1/2 456
Disque de 1,8 pouce 456
Disque de 1 pouce 457
Fonctionnement du disque dur 457
Disque dur, vole ! 460
Pistes et secteurs 461
Formatage du disque 465
Composants de base du disque dur 471
Plateaux 472
Support d'enregistrement 473
Têtes de lecture/écriture 476
Types de têtes de lecture/écriture 477
Positionneurs de têtes 478
Filtres à air 483
Acclimatation thermique du disque dur 484
Moteur axial 485
Cartes logiques 486
Câbles et connecteurs 487
Éléments de configuration 488
Caractéristiques des disques durs 488
Capacité 488
Performances 491
Fiabilité 496
Coût 500

8 Le stockage amovible 501
Rôle des périphériques de stockage amovibles 501
Espace de stockage supplémentaire 501
Pourquoi effectuer des sauvegardes ? 501
Périphérique de démarrage annexe 502
Transfert de données entre ordinateurs 502
Installation de pilotes à partir de disquettes 503
Comparaison des technologies disque, bande et mémoire flash 503
Les disques magnétiques 503

Les bandes magnétiques 504
Les mémoires flash 504
Interfaces pour lecteurs de supports amovibles 504
Mémoires flash 505
Types de mémoires flash 506
Comparaison des mémoires flash 509
Utilisation des cartes flash sur un ordinateur 511
Adaptateurs CardBus 512
Bien choisir son lecteur flash 512
Technologie Microdrive 512
Sauvegarde sur disque 513

9 Le stockage optique 515
Technologie optique 516
Technologie optique à base de CD 516
CD : un bref historique 517
Technologie et fabrication des CD-ROM 518
Production de masse des CD-ROM 519
Cavités et plats (pits et lands) 521
Opérations mécaniques du lecteur 522
Pistes et secteurs 523
Échantillonnage 527
Sous-code 527
Gestion des erreurs 529
Capacité des CD 530
Codage des données sur le disque 531
Soin des supports optiques 533
DVD 535
Historique du DVD 536
Technologie du DVD 537
Pistes et secteurs du DVD 538
Gestion des erreurs de DVD 543
Capacité du DVD (faces et couches) 544
Codage des données sur le disque 548
Disque Blu-ray 549
HD-DVD 550
Formats de disques optiques 551
Formats de CD et de lecteurs 551
Systèmes de fichiers sur CD-ROM 566
Formats et standards de DVD 573
DIVX (standard arrêté) 575
Compatibilité du lecteur de DVD 575
Diffusion de films DVD sur le PC 575
Protection contre la copie des DVD 575
Contrôle régional de lecture (RPC) 576
Codes régionaux utilisés par le disque Blu-ray 577

Système de cryptage du contenu 577
Système de protection analogique 579
ProtectDisc 579
Spécifications des lecteurs de CD/DVD 580
Spécifications de performances 580
Interface 590
Mécanismes de chargement 592
Autres caractéristiques 594
CD enregistrables 596
CD-R 597
Capacité des CD-R 599
Couleur du support 600
Choix du meilleur support 601
Vitesse d'enregistrement du support CD-R 602
CD-RW 603
Vitesse de lecture des CD-RW 605
Spécifications MultiRead 606
Comment graver un CD de façon fiable 608
Logiciels de gravure 610
Extraction audionumérique 612
CD-R/RW pour la musique 614
Protection contre la copie des CD 614
Gestion des droits numériques des CD 617
Le scandale Rootkit de Sony 617
Standards de DVD enregistrables 617
DVD-RAM 620
DVD-R 622
DVD-R DL 623
DVD-RW 624
DVD+RW et DVD+R 624
DVD+R DL 627
Lecteurs de DVD multiformats réinscriptibles 628
Installation des logiciels et des pilotes de CD/DVD 628
Création d'une disquette d'amorçage prenant en charge le CD-ROM 628
CD et DVD amorçables – El Torito 631
Création d'un CD de restauration 631
Création d'un CD d'amorçage pour les urgences 632
Les lecteurs ATAPI sont amorçables 633
LightScribe et autres systèmes d'étiquetage de disque 633

10 *L'installation et la configuration de lecteurs physiques* 635
Installation d'un disque dur 635
Configurer le lecteur 636
Configurer la carte hôte 636
Effectuer l'installation physique 638
Configurer le système 643
Effectuer le formatage 645
Partitionner un disque dur 645

Effectuer le formatage de haut niveau 653
Limites de FDISK et de FORMAT 654
Remplacement d'un disque dur 655
Faire migrer un disque sous Windows 9x/Me 656
Faire migrer un disque sous Windows 2000/XP/Vista 657
Problèmes de disque dur et réparation 657
Tester un disque 658
Formatage de bas niveau (initialisation) 659
Installation d'un lecteur optique 661
Configurer le lecteur 661
Installer un lecteur interne 663
Configurer le système 664
Installation d'un lecteur de disquettes interne 665

11 Le matériel vidéo 667
Technologies d'affichage vidéo 667
Écrans à cristaux liquides (LCD) 668
Technologies du tube cathodique (CRT) 679
Écran plasma 683
Critères d'achat d'un écran 684
Tester un écran 698
Projecteurs LCD et DLP 701
Cartes vidéo 702
La norme VGA 703
Types de cartes vidéo 705
Fonctions vidéo intégrées/chipsets intégrés à la carte mère 706
Composants d'une carte vidéo 708
Identifier les chipsets vidéo et système 710
RAM vidéo 711
Convertisseur numérique-analogique (RAMDAC) 718
Bus 718
Pilote vidéo 720
Connecter plusieurs écrans simultanément 722
Accélérateurs graphiques 3D 725
Fonctionnement de l'accélération 3D 725
API 732
Mise à jour ou remplacement de la carte vidéo 733
Ajouter une carte tuner TV et une carte de capture vidéo 733
Garantie et assistance technique 733
Comparer des cartes vidéo équipées du même chipset 734
Périphériques de sortie vidéo 735
Cartes de capture vidéo 736
Cartes d'acquisition vidéo 737
Dépanner les périphériques de capture vidéo 741
Dépannage du système vidéo d'un ordinateur 742
Dépanner un moniteur 744
Dépanner la carte vidéo et les pilotes 745

12 Le matériel audio 747
Les premières cartes son 748
La compatibilité limitée de la carte Sound Blaster Pro 748
Cartes son et DirectX 749
Prise en charge audio grâce à la virtualisation 749
Histoire du PC multimédia 750
Fonctionnalités des cartes son 751
Connecteurs de base 751
Connecteurs pour les fonctions avancées 754
Contrôle de volume 757
Fonctionnalités MIDI 758
Compression de données 759
Processeurs de signaux numériques multifonctions 760
Pilotes de carte son 760
Production audio 761
Concepts et terminologie des cartes son 762
La nature du son 762
Évaluer la qualité de votre carte son 763
Échantillonnage 763
Who's who audio 765
Les constructeurs de puce qui fabriquent leurs propres cartes son 765
Les principaux constructeurs de puce 767
Les circuits audio intégrés aux cartes mères 767
Amplification à lampes sur l'ordinateur 770
Le son 3D 771
Les effets d'environnement sonore 771
Le traitement du son 3D 773
La prise en charge de DirectX 774
La prise en charge de l'audio sous Windows Vista 774
Installation d'une carte son 775
Sélectionner un connecteur d'extension 775
Connecter des haut-parleurs et terminer l'installation 777
Utiliser une chaîne stéréo à la place des haut-parleurs 778
Dépannage d'une carte son 780
Conflits au niveau des ressources matérielles 780
Autres problèmes de carte son et de circuits audio intégrés 781
Haut-parleurs 786
Son surround et qualité cinéma 789
Microphones 790

13 Les interfaces d'entrées/sorties 793
Introduction aux interfaces d'entrées/sorties 793
Pourquoi une architecture série ? 793
Comparaison des ports IEEE-1394 et USB 795
Performances : mythes et réalité 796
USB 800
Détails techniques de l'interface USB 801

Activer la prise en charge USB 808
USB 2.0 809
USB On-The-Go 810
Wireless USB 811
Adaptateurs USB 812
IEEE-1394 813
Les standards 1394 813
Détails techniques de l'interface IEEE-1394a 814
Ports série 817
L'emplacement des ports série 818
La puce UART 822
Cartes série haut débit 822
Configuration du port série 823
Tester les ports série 824
Ports parallèles 826
Port parallèle standard IEEE-1284 826
Configuration du port parallèle 830
Tester les ports parallèles 830

14 Les périphériques d'entrée 831
Les claviers 831
Les claviers étendus à 102 touches 831
Les claviers étendus à 105 touches (Windows 9x/Me/2000/XP/Vista) 832
La touche Verr Num 833
La technologie des claviers 833
La conception des touches 833
L'interface du clavier 836
Dispositions de clavier internationales 836
Connecteurs d'interface de clavier et de souris 837
Les claviers USB 838
Claviers dotés de fonctions spéciales 839
Les dispositifs de pointage 839
Les souris à boule 840
Les souris optiques 841
Types d'interfaces pour dispositifs de pointage 842
Souris à roulette 844
TrackPoint II/III/IV 845
Remplaçants possibles de la souris et du bâtonnet pointeur 848
Les périphériques d'entrée sans fil 850
Comment fonctionnent les périphériques sans fil ? 850
Alimentation des périphériques d'entrée sans fil 852

15 Les connexions à Internet 853
Connexions à Internet et réseau local (LAN) 853
Comparaison entre l'accès Internet large bande et l'accès par modem analogique 855
Types d'accès Internet large bande 856

Vitesse augmentée = liberté réduite 856
Modems câble 857
Connexion à Internet via un modem câble 857
Modem câble et réseaux de télévision par câble 858
Largeur de bande des réseaux câblés 860
Performances du réseau câblé 862
Sécurité des connexions Internet aux réseaux câblés 862
Ligne d'abonné numérique (DSL) 862
Comment fonctionne la technologie DSL 863
Qui peut (ou ne peut pas) recourir à la technologie DSL ? 864
Principaux types de DSL 865
Coût de la technologie DSL 868
Sécurité DSL 868
Problèmes techniques du DSL 868
Large bande sans fil fixe 869
Connexion large bande par satellite 870
Performances réelles des connexions par satellite 871
Réseau numérique à intégration de services (RNIS) 872
Fonctionnement du réseau RNIS 872
Obtenir un service RNIS 874
Matériel RNIS 874
Comparaison entre les différents accès Internet haut débit 875
Plan de sauvegarde en cas d'interruption de service 876
Lignes louées 877
Connexions E1 et E3 877
Comparaison des services haut débit conventionnels 878
Sécurisation de votre connexion Internet 879
Modems analogiques asynchrones 879
Les normes des modems 881
Bits et bauds 883
Normes de modulation 883
Protocoles de correction d'erreur 885
Normes de compression des données 886
Les normes propriétaires 887
Les modems 56 K 887
Les limites des modems 56 Kbit/s 889
Les premières normes 56 Kbit/s 890
Normes des modems fax 892
Recommandations pour les modems analogiques 892
Partage de la connexion Internet 897
Passerelle, serveur proxy ou routeur 898
Partager une connexion Internet avec un routeur 898
Résolution des problèmes liés à Internet 900
Diagnostic des problèmes rencontrés avec une connexion Internet partagée 900
Diagnostics des problèmes de connexion à l'aide des témoins lumineux 901
Problèmes d'appel du modem analogique 902
L'ordinateur se bloque après que le modem interne, l'adaptateur terminal ou la carte réseau ont été installés ou utilisés 903

L'ordinateur ne peut détecter le modem externe 903
Utilisation du son du modem pour diagnostiquer le problème 904

16 L'alimentation et le boîtier 905
Importance de l'alimentation 905
Rôle et fonctionnement de l'alimentation 906
Courant continu positif 907
Courant continu négatif 908
Le signal Power_Good 909
Facteurs d'encombrement de l'alimentation 911
Facteurs d'encombrement obsolètes 914
Facteurs d'encombrement actuels 917
Connecteurs d'interrupteurs 930
ATX et plus récents 930
Connecteurs d'interrupteurs PC, XT/AT et LPX 932
Connecteurs d'alimentation de carte mère 934
Connecteurs d'alimentation AT/LPX 934
Connecteurs d'alimentation ATX et ATX12V 936
Compatibilité ascendante et descendante 951
Conception ATX propriétaire de Dell 954
Connecteurs d'alimentation supplémentaires 957
Connecteurs d'alimentation de périphériques 957
Connecteurs d'alimentation de lecteur de disquettes 958
Connecteurs d'alimentation Serial ATA 960
Connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16 961
Caractéristiques de l'alimentation 963
Charger l'alimentation 963
Puissance de l'alimentation 965
Autres caractéristiques d'une alimentation 968
Correction du facteur de puissance 970
Calcul de la puissance consommée 972
Mode veille ou arrêt de l'ordinateur? 975
Gestion d'énergie 979
Energy Star 980
La spécification APM 980
La spécification ACPI 981
Dépannage d'une alimentation 985
Surcharge de l'alimentation 986
Refroidissement inadéquat 987
Multimètres numériques 988
Équipement de test spécialisé 992
Réparation d'une alimentation 993
Remplacement d'une alimentation 994
Critères d'achat 994
Où se procurer une alimentation de rechange? 995

Recommandations pour le choix d'une alimentation 996
Systèmes de protection de l'alimentation 996
Parafoudres 998
Limiteurs de surtension des lignes téléphoniques 999
Régulateurs de tension 999
Alimentations de secours 1000
Batteries RTC/NVRAM (mémoire CMOS) 1003
Batteries CMOS modernes 1003
Piles CMOS obsolètes ou particulières 1005
Pannes des batteries CMOS 1006

17 L'assemblage et la mise à niveau d'un ordinateur 1007
Composants de l'ordinateur 1007
Boîtier et alimentation 1009
Processeur 1011
Cartes mères 1014
Disque dur 1018
Lecteurs de supports amovibles 1019
Périphériques d'entrée 1020
Carte graphique et moniteur 1021
Carte son et haut-parleurs 1022
Accessoires 1022
Matériel et ressources logicielles 1024
Assemblage et démontage de l'ordinateur 1026
Préparation de l'assemblage 1026
Installation de la carte mère 1030
Installer le processeur et le dissipateur thermique 1031
Installer les barrettes de mémoire 1033
Monter la nouvelle carte mère dans le châssis 1034
Connecter l'alimentation 1038
Connecter les câbles d'entrées/sorties et autres câbles à la carte mère 1040
Installer les lecteurs 1041
Installer la nouvelle carte graphique et ses pilotes 1043
Installer des cartes d'extension supplémentaires 1044
Refermer le capot et connecter les câbles externes 1045
Lancer le programme de configuration du BIOS de la carte mère 1045
Dépannage d'une nouvelle installation 1046
Installation du système d'exploitation 1047
Partitionner le disque dur sous DOS pour Windows 9x et Millenium 1048
Formater le disque sous DOS pour Windows 9x et Millenium 1048
Préparer le disque dur avec Windows 2000/XP/Vista 1049
Installer des pilotes importants 1049
Préparatifs au démontage et à la mise à niveau 1049

18 Modifications : overclocking et refroidissement 1051
Overclocking 1052
Cristal de quartz 1052

Histoire de l'overclocking 1055
Les horloges des PC modernes 1056
Astuces d'overclocking 1059
Vitesses de bus et multiplicateurs 1060
Refroidissement 1061
Dissipateurs thermiques 1061
Refroidissement liquide 1072
Les châssis thermiquement avantagés 1079

19 Les diagnostics, les tests et la maintenance 1089
Diagnostics de PC 1089
Logiciels de diagnostic 1089
Test POST 1090
Test des périphériques 1106
Programmes de diagnostic généralistes 1107
Outils de diagnostic du système d'exploitation 1108
Processus d'amorçage matériel 1108
Processus d'amorçage : portion indépendante du système d'exploitation 1109
Démarrage DOS 1114
Démarrage de Windows 9x/Me 1115
Démarrage de Windows NT/2000/XP 1118
Différences de démarrage de Windows Vista 1120
Outils de maintenance 1120
Outillage 1121
Sécurité 1124
Un mot sur le matériel 1125
Équipement de test 1127
Maintenance préventive 1133
Procédures de maintenance active 1134
Procédures de maintenance préventive passive 1144
Trucs et astuces de dépannage 1151
Les PC modernes : plus complexes et plus fiables 1151
Composants remplaçables standard 1152
Réinstaller ou réparer ? 1153
Dépannage lors du remplacement de composants 1154
Dépannage par l'approche de démarrage 1155
Problèmes durant le POST 1156
Problèmes matériels après le démarrage 1157
Problème dans l'exécution des logiciels 1157
Problèmes avec les cartes d'extension 1158
Pannes les plus fréquentes 1158

Index 1173

Introduction

Bienvenue dans *Le PC, architecture, maintenance et mise à niveau*, 18e édition. Aucun autre ouvrage consacré aux matériels PC ne livre des informations aussi détaillées et aussi précises. Cette nouvelle édition poursuit l'objectif des précédentes : elle se veut la référence la plus complète sur le matériel des systèmes PC. Les PC y sont traités en détail, les différences entre les diverses machines sont mises en lumière et de nombreuses options de configuration sont fournies pour chaque système.

Il ne s'agit pas d'une révision mineure, loin s'en faut. Cette nouvelle édition contient des centaines de pages concernant de nouveaux matériels et d'innombrables mises à jour pour les matériels existants. L'industrie informatique évolue toujours plus vite et cet ouvrage est certainement le plus actuel, le plus complet, le plus détaillé du marché.

Ce livre est destiné aux personnes qui souhaitent tout connaître de leur PC. Il intéressera aussi bien tous ceux qui envisagent la mise à jour, la réparation, l'optimisation de leur ordinateur que les amateurs enthousiastes qui veulent en savoir plus sur leur PC. Cet ouvrage couvre l'intégralité des systèmes compatibles PC, depuis les anciennes machines en 8 bits jusqu'aux plus récents systèmes à processeurs 64 bits quadruple cœur.

Vous y découvrirez un large éventail de matériels et accessoires qui font des PC modernes des machines plus simples, plus rapides et plus faciles à utiliser. Nous y aborderons tous les processeurs Intel et compatibles, depuis les premiers processeurs 8088 jusqu'aux plus récents processeurs quadruple cœur d'Intel et d'AMD.

Le PC, architecture, maintenance et mise à niveau ne délaisse pas pour autant les composants moins prestigieux. Chaque élément de votre PC joue un rôle important dans la stabilité et les performances de l'ensemble. Au fil de cet ouvrage, vous découvrirez très précisément pourquoi le chipset de votre carte mère est le composant décisif de votre PC, et aussi les problèmes auxquels vous risquez d'être confronté si vous installez une alimentation ordinaire ne livrant pas suffisamment d'énergie au monstrueux processeur que vous venez d'acheter. Les nouveaux processeurs, les chipsets, les cartes vidéo, les cartes son, le bus PCI-Express 2.x, les lecteurs HD-DVD et Blu-ray, le SATA, l'USB, le FireWire, etc., tout est passé en revue ! Nous plongerons même dans les entrailles de la souris et du clavier !

Nouveautés de la 18e édition

Vous êtes certainement nombreux à avoir acheté une ou plusieurs des éditions précédentes. Il ressort de vos courriers que ce qui vous intéresse au premier chef, lors de l'acquisition d'une nouvelle édition, c'est de savoir quelles nouveautés vous allez y trouver. En voici donc une courte liste des principales traitées dans la présente édition :

- Une présentation totalement revue des nouvelles familles de processeurs d'Intel et d'AMD, ainsi que des chipsets et des cartes mères qui leur sont adaptés. Les processeurs double et quadruple cœur sont les plus récents et leur impact sur l'utilisation de l'informatique ne doit pas être sous-estimé.
- Une description de l'évolution des chipsets et des cartes mères, notamment en ce qui concerne le bus PCI-Express. Nous verrons également comment les technologies d'interconnexion des bus de chipset et de processeur affectent les performances globales du système.
- Le marché des cartes vidéo évolue aussi rapidement que les autres domaines de l'industrie du PC. Dans cette édition, les chipsets graphiques récents sont présentés, avec un regard particulier sur les derniers développements concernant les technologies SLI de NVIDIA et le Crossfire d'ATI. Grâce à elles, il est possible d'utiliser deux cartes vidéo pour augmenter les performances graphiques du système.
- Avec toute cette puissance réunie au sein d'un PC, les vénérables blocs d'alimentation d'hier ne permettent plus d'apporter l'énergie suffisante à tous les composants. Le chapitre concernant les alimentations a donc été revu en profondeur, afin de donner de nouvelles informations sur le calcul des besoins énergétiques et sur les économies d'énergie (et d'argent) réalisables en utilisant les modes de veille d'ACPI.
- D'innombrables nouvelles illustrations techniques de grande qualité vous sont proposées. Chaque année, nous ajoutons, modifions et améliorons les centaines d'illustrations de cet ouvrage : elles livrent encore plus de détails techniques, vous aident à mieux comprendre les sujets épineux et montrent exactement comment réaliser certaines opérations.

Comme pour les éditions précédentes, nous avons effectué toutes les recherches et réalisé tous les travaux pratiques humainement possibles pour faire de cet ouvrage la référence incontournable en matière de matériel, de maintenance et de mise à niveau des PC.

Objectifs de ce livre

Cet ouvrage poursuit plusieurs objectifs. L'objectif premier est de vous aider à en savoir plus sur la mise à niveau, la réparation et la maintenance de votre PC. Ainsi, grâce à ce livre, vous appréhenderez mieux cette grande famille d'ordinateurs, née des premiers PC IBM et englobant tous les PC compatibles. Tous les domaines d'amélioration sont passés en revue : carte mère, processeur, mémoire, et même le boîtier et le bloc d'alimentation. Vous apprendrez à assurer une maintenance correcte de votre système, découvrirez les composants les plus sujets à problèmes et verrez com-

ment les identifier en cas de panne. Vous serez aidé en cela par des matériels et des logiciels de diagnostic facilitant la détection des pannes et la réparation.

En matière d'informatique, l'évolution est de plus en plus rapide en termes de puissance et de capacité. Les performances des processeurs augmentent avec chaque nouvelle puce : cet ouvrage vous aidera à comprendre tous les processeurs utilisés dans les systèmes compatibles PC.

Nous mettrons en lumière les différences importantes entre les principales architectures système, depuis les systèmes ISA (*Industry Standard Architecture*) jusqu'aux plus récents systèmes PCI-Express. Toutes les architectures sont expliquées en détail, avec leurs cartes d'extension respectives, afin de vous aider à faire le bon choix en cas d'achat et de mise à niveau de votre système.

Le volume de stockage sur les PC modernes augmente exponentiellement. Nous ne pouvions pas passer sous silence les options de stockage, depuis les disques à grande capacité et grande vitesse jusqu'aux plus récentes technologies en la matière.

Lorsque vous aurez lu ce livre, vous disposerez des connaissances et compétences nécessaires pour maintenir, mettre à niveau et réparer n'importe quel type de système PC.

Chapitre par chapitre

Cet ouvrage est organisé en chapitres et couvre tous les composants d'un PC. Certains de ces chapitres abordent des sujets généraux, mais la grande majorité est consacrée à un composant spécifique ; vous trouverez ainsi plus facilement les informations dont vous avez besoin dans un ouvrage aussi volumineux. Notez également que l'index a été grandement amélioré par rapport aux éditions précédentes : lui aussi vous aidera dans vos recherches ciblées.

Le Chapitre 1 est une introduction. Il livre des informations sur les divers types de systèmes que vous risquez de rencontrer, ainsi que sur les caractéristiques qui les différencient, par exemple les types de bus système. Ce chapitre offre également une vue d'ensemble des types de systèmes PC, dont la connaissance est indispensable pour comprendre le marché des PC, et des indications sur l'origine des composants et des technologies.

Le Chapitre 2 couvre de manière détaillée les processeurs d'Intel et d'AMD. Le processeur étant l'un des composants déterminants des PC, nous avons étendu les descriptions et nous passerons également en revue les spécifications des connecteurs et socles.

Le Chapitre 3 est consacré aux cartes mères et aux bus. Carte mère, chipset, composants de la carte mère et bus système, nous ferons une revue détaillée de tous ces éléments. Il aborde également les formats des cartes mères, depuis les cartes Baby-AT jusqu'aux diverses spécifications ATX, BTX et associés. Le chipset peut aussi bien doper un bon PC qu'étouffer un processeur rapide. Nous passerons en revue les chipsets les plus récents pour les familles de processeurs les plus courantes, y compris les chipsets d'Intel, d'AMD, de VIA, de NVIDIA, de SiS, d'Ali, etc. Ce chapitre couvre également les architectures et périphériques de bus, dont PCI, y compris PCI-Express. Vous trouve-

rez toutes les informations nécessaires dans ce chapitre, depuis les spécifications des derniers chipsets jusqu'à l'espacement des trous de montage d'une carte mère.

Le Chapitre 4 est consacré au BIOS système. Nous en verrons les types, les fonctionnalités et les mises à niveau. Par ailleurs, nous y expliquons la configuration du BIOS et sa mise à jour. Sur le DVD-ROM qui accompagne l'ouvrage, vous trouverez une liste exhaustive (en anglais) des codes et messages d'erreur BIOS : n'hésitez pas à l'imprimer pour en disposer en cas de besoin.

Le Chapitre 5 traite de la mémoire. C'est l'occasion de découvrir les plus récentes spécifications en matière de mémoire centrale ou mémoire cache. Parallèlement au processeur et à la carte mère, la mémoire joue un rôle déterminant dans le PC. Il s'agit certainement d'un des sujets les plus difficiles à comprendre, car cette mémoire a un caractère intangible et complexe. Si vous avez du mal à saisir les différences entre mémoire système et mémoire cache, cache L1 et cache L2, cache interne et cache externe, SIMM, DIMM et RIMM, DDR SDRAM contre DDR2 et DDR3, vous trouverez toutes les réponses à vos questions dans ce chapitre.

Le Chapitre 6 est consacré à l'interface ATA/IDE, avec tous les types et spécifications ATA/IDE. Nous passerons ainsi des modes Ultra-ATA permettant des opérations à 133 Mo/s à la nouvelle technologie Serial ATA qui commence à remplacer l'ATA parallèle que nous utilisons depuis près de 15 ans.

Le Chapitre 7 traite plus particulièrement du disque dur, de la façon dont il enregistre vos données et les restitue lorsque vous double-cliquez sur un fichier.

Le Chapitre 8 décrit tous les périphériques de stockage amovible, tant anciens que récents, susceptibles d'être rencontrés sur un système informatique (disquettes, disques Zip, mémoires Flash, etc.).

Le sujet du Chapitre 9 est le stockage optique. Technologie CD et DVD, graveurs de CD, CD réinscriptibles et toutes les autres technologies optiques, rien n'est omis ! Ce chapitre détaille, étape par étape, la manière de contourner les problèmes de tampon (*buffer underrun*), la façon de créer des CD bootables, de graver des CD audio et de sélectionner le support le plus adapté à vos besoins. Nous avons ajouté une vaste section consacrée au DVD, où vous trouverez toutes les informations requises pour bien comprendre les différences entre DVD-R, DVD-RAM, DVD-RW et DVD+RW. Ainsi, si vous décidez d'acheter un lecteur, vous saurez à coup sûr ce qu'il doit prendre en charge.

Au Chapitre 10, il est question de l'installation et de la configuration des lecteurs physiques. La mise en place d'un nouveau lecteur, quel qu'en soit le type, n'aura plus de secrets pour vous, pas plus que le formatage et le partitionnement des disques durs.

Le Chapitre 11, consacré au matériel vidéo, livre tout ce qu'il faut savoir en matière de carte graphique et de moniteur. Vous y découvrirez aussi bien les écrans CRT que les écrans plats et pourrez juger en toute connaissance de cause de la solution la mieux adaptée à vos besoins. Si vous êtes féru de jeux ou amateur inconditionnel de multimédia, vous apprendrez comment choisir la carte accélératrice 3D dont vous avez besoin. Les technologies actuelles font l'objet d'un vaste comparatif et nous vous aiderons à faire les bons choix.

Au Chapitre 12, nous viserons le matériel audio : carte son et haut-parleurs. La qualité audio occupe une place sans cesse plus importante dans un bon PC ; ce chapitre vous aidera à déterminer les fonctionnalités dont doit disposer votre carte son et quels sont les modèles les mieux adaptés à vos besoins. Vous y apprendrez à optimiser votre système audio pour les jeux, la musique, l'enregistrement et la diffusion de fichiers MP3.

Les interfaces d'entrées/sorties, depuis les ports série et parallèle jusqu'aux ports IEEE-1394 et USB, sont étudiées au Chapitre 13. Nous y traiterons également de i.Link (FireWire), de USB 2.0 et du nouveau FireWire 800.

Le Chapitre 14 traite des périphériques d'entrée utilisés pour communiquer avec un PC : claviers, dispositifs de pointage, périphériques sans fil.

Le Chapitre 15 traite de la connectivité Internet. Il compare les diverses méthodes de connexion à grande vitesse : ADSL, câble et satellite.

Au Chapitre 16, il est question du boîtier et du bloc d'alimentation de votre PC. N'oubliez pas que ce bloc d'alimentation est une des principales causes de défaillances et de problèmes sur les PC. Lorsqu'on décide d'acquérir un nouveau PC, l'importance de ce composant est souvent sous-estimée, et pourtant il est source de nombreux problèmes attribués à tort à Windows, à la mémoire ou à d'autres éléments. Vous trouverez également dans ce chapitre le détail des spécifications des connecteurs d'alimentation des divers systèmes, depuis le format AT jusqu'aux formats ATX. Ils ne sont pas tous construits sur le même modèle, et une connexion erronée peut se révéler dangereuse pour vous comme pour votre PC.

Le Chapitre 17 n'est pas consacré à un composant mais à la construction et à la mise à niveau de votre PC. Vous apprendrez à choisir les éléments à mettre à niveau et à construire un PC de toutes pièces. Étape par étape, vous passerez en revue de détail toute l'opération, avec le support de photos professionnelles.

Le Chapitre 18 est consacré aux modifications extrêmes, à l'*overclocking*, aux problèmes de refroidissement et à la mise à niveau du boîtier. Il couvre toutes les technologies contrôlant la vitesse de votre système et explique comment, en toute sécurité, accélérer le système et aller ainsi au-delà des spécifications d'origine. Une étude détaillée des principes et techniques de refroidissement du système sera l'occasion de découvrir le refroidissement par air, par liquide et même la réfrigération. Les dernières mises à niveau des châssis, visant à améliorer le refroidissement, sont présentées. Nous expliquerons une modification simple permettant d'améliorer significativement le refroidissement d'un système existant pour moins de 10 euros. Enfin, ce chapitre détaille les options permettant d'adjoindre à un système existant des connexions frontales d'E/S telles qu'elles sont proposées sur bon nombre des cartes mères les plus modernes.

Au Chapitre 19, il est question de diagnostic, de test et de maintenance. Nous vous livrerons des informations sur les outils de diagnostic et de test, les procédures à appliquer et nous expliquerons comment déterminer les causes des pannes courantes sur PC. Nous ferons également le tour de la boîte à outils des techniciens professionnels et vous présenterons des outils que vous n'avez certainement jamais vus ou utilisés auparavant.

Site web de l'auteur : upgradingandrepairingpcs.com

Ne ratez pas le site web consacré au livre US : **www.upgradingandrepairingpcs.com**. Il est bourré d'informations, de clips vidéo et de mises à jour de ce livre. Ces articles sont archivés, vous pouvez vous y référer à tout moment.

Plusieurs vidéos sont disponibles sur le site web. N'oubliez pas qu'il constitue la meilleure source d'informations sur tous les livres qui traitent de la mise à niveau et de la réparation. Au cours de cette année, de nouveaux ouvrages ou de nouvelles éditions ont été publiés. Ces livres concernent notamment des serveurs, de Windows et des réseaux.

Je m'occupe également d'un forum privé (**www.forum.scottmueller.com**) réservé à tous ceux qui ont acheté mes ouvrages et mes DVD récents. Je peux ainsi répondre aux questions et aider mes plus fidèles lecteurs. N'hésitez pas à le rejoindre et à poser vos questions. Je me ferai un plaisir d'y répondre personnellement, mais j'encourage également les autres membres à participer. Tout le monde peut consulter le forum sans s'y enregistrer, mais, pour poser une question, vous devrez créer un compte. Quoi qu'il en soit, le forum est une source d'informations précieuse car vous pourrez toujours lire les questions posées et les réponses apportées.

N'hésitez pas à aller sur le site web **www.upgradingandrepairingpcs.com** pour y découvrir de plus amples informations sur mes derniers livres, vidéos, articles, FAQ, etc.

1 Le PC : composants, caractéristiques et architecture

Au sommaire de ce chapitre

- Qu'est-ce qu'un PC ?
- Types d'ordinateurs
- Composants d'un ordinateur

Qu'est-ce qu'un PC ?

Quand on demande à un utilisateur ce qu'est un PC, il répond immédiatement que PC est le sigle de "*Personal Computer*" et signifie "*ordinateur personnel*", ce qui est parfaitement exact. Pour la plupart des utilisateurs, un PC est un petit ordinateur acheté et utilisé par un particulier pour son utilisation personnelle. Bien que cette définition soit vraie, elle n'est pas suffisamment précise. Certes, un PC est un ordinateur personnel, mais tous les ordinateurs personnels ne sont pas des PC. Par exemple, les Macintosh d'Apple, basés sur un processeur IBM ou Motorola, sont incontestablement des ordinateurs personnels, tout comme les machines CP/M à base de processeurs 8080 ou Z-80 et même les anciens systèmes Apple II+, mais personne ne les appellera PC – surtout pas les utilisateurs de Macintosh ! Pour définir précisément un PC, il faut donc regarder ailleurs.

Un PC est plus qu'un ordinateur personnel. Il a tout d'abord pour particularité d'appartenir à la famille du PC IBM original, lancé en 1981. De fait, c'est IBM qui a *inventé* le type d'ordinateur appelé aujourd'hui PC, dans la mesure où ce sont ses ingénieurs qui ont conçu et fabriqué le tout premier PC. C'est également IBM qui a défini tous les standards qui font du PC un système différent des autres ordinateurs personnels. Il convient cependant de noter que, de toute évidence – et les faits historiques sont là pour nous le rappeler –, ce n'est *pas* IBM qui a inventé ce que nous appelons l'ordinateur personnel. Il est généralement reconnu que la machine MITS Altair, présentée en 1975, fut le premier ordinateur personnel, même si d'autres ordinateurs plus petits existaient déjà. IBM n'a donc pas inventé l'ordinateur personnel, mais a bel et bien créé ce que nous appelons aujourd'hui PC. Certaines personnes poussent cette définition un peu plus loin et appellent PC tout ordinateur personnel "compatible IBM". En réalité, il y a plusieurs années, les PC étaient désignés comme des *compatibles IBM* ou des *clones IBM*, rendant ainsi hommage aux origines du PC chez IBM.

Infos

Bien que la machine MITS Altair de 1975 soit généralement considérée comme le premier ordinateur personnel (voir le Blinkenlights Archaeological Institute sur **www.blinkenlights.com**), le véritable premier ordinateur personnel est en réalité le Simon créé par Edmund C. Berkeley et décrit dans son ouvrage *Cerveaux géants, machines qui pensent*, publié en 1949. Les plans de cette machine pouvaient être achetés auprès de la société Berkeley Enterprises et ont été divulgués dans une série de 13 articles du magazine *Radio Electronics*, au cours des années 1950-1951.

Le terme ordinateur personnel est apparu dans un article rédigé par John W. Mauchly (cocréateur de l'ENIAC) et publié le 3 novembre 1962 dans le *New York Times*. Il y décrit sa vision du futur de l'informatique et annonce qu'il n'y a aucune raison de supposer que l'individu lambda ne pourrait pas être maître d'un ordinateur personnel.

La première machine présentée comme un "ordinateur personnel" a été le Hewlett-Packard 9100A, une calculatrice électronique de bureau programmable, sortie en 1968 et pesant 20 kilos. Les publicités de ce système à 4 900 $ annonçaient "Le nouvel ordinateur personnel Hewlett-Packard 9100A". Elles précisaient également que les sceptiques et les timides pouvaient demander une démonstration afin d'entrer dans le monde des ordinateurs personnels (voir www.vintagecalculators.com).

Aujourd'hui, force est de constater que bien qu'elle ait conçu et créé le premier PC en 1981, puis contrôlé pendant de nombreuses années le développement et l'évolution des standards gouvernant le PC, la société IBM ne contrôle plus désormais ces standards. Autrement dit, elle ne décide plus des caractéristiques d'un PC. Elle a perdu ce contrôle en 1987, quand elle a lancé sa gamme d'ordinateurs PS/2. Jusqu'alors, les autres fabricants de PC copiaient littéralement les ordinateurs d'IBM, que ce soit au niveau des puces, des connecteurs ou encore de la forme (ou facteur d'encombrement) des cartes, des types de caractères et de l'alimentation. Toutefois, à partir de 1987, les ingénieurs d'IBM ont abandonné un grand nombre des standards qu'ils avaient élaborés eux-mêmes. C'est pour cette raison que, depuis de nombreuses années, l'on n'a plus guère parlé d'"ordinateurs compatibles IBM" pour désigner des PC.

Si un PC n'est plus un ordinateur compatible IBM, qu'est-ce donc ? En fait, toute la question est de savoir qui contrôle aujourd'hui les standards de PC. Pour y répondre, il faut distinguer deux niveaux : celui des logiciels et celui du matériel.

Qui contrôle les standards de logiciels pour PC ?

Pour la plupart des utilisateurs, il est clair que c'est Microsoft qui contrôle les standards de logiciels pour PC. Ce point de vue est difficilement contestable. Microsoft contrôle les systèmes d'exploitation utilisés sur les PC, cela depuis le système d'exploitation MS-DOS jusqu'à DOS/Windows 3.x, puis Windows 9x/Me, ensuite Windows NT/2000/XP et désormais Windows Vista.

Microsoft s'est toujours servi de son influence sur les systèmes d'exploitation pour PC comme d'un moyen pour contrôler d'autres types de logiciels pour PC tels que des utilitaires et des applications. Ainsi, nombre d'utilitaires qui étaient auparavant commercialisés par des sociétés indépendantes (logiciels de cache disque, de compression de disque, de défragmentation, de réparation de structure de fichier, de pare-feu et même des applications simples telles que la calculatrice et le bloc-notes) sont-ils aujourd'hui livrés en standard avec Windows. Microsoft a même incorporé à Windows des applications plus vastes, comme un navigateur web, un traitement de texte et des lecteurs multimédias, qui s'installent et se configurent automatiquement en fonction des autres applications Microsoft – à la grande consternation des fabricants de navigateurs concurrents. La société Microsoft s'est également appuyée sur le contrôle qu'elle exerce sur les systèmes d'exploitation pour y incorporer ses propres logiciels et suites d'applications de réseau mieux intégrés que d'autres au système d'exploitation. C'est pour cette raison qu'elle domine aujourd'hui l'essentiel du marché des logiciels pour PC – des systèmes d'exploitation et des logiciels réseau aux utilitaires, en passant par les traitements de texte, les programmes de gestion de bases de données et les tableurs.

Il est intéressant de noter que, sur le marché du PC, les logiciels sont protégés par copyright, tandis que le matériel ne peut être protégé que par des brevets. Il est long et difficile d'obtenir un brevet, et,

dans le cas des brevets américains, celui-ci expire au terme de 20 ans. D'après le Bureau américain des brevets, tout processus, machine, fabrication ou mélange de matières, nouveau et utile, ainsi que toute amélioration nouvelle et utile, peut être breveté. Il était donc difficile de breveter l'IBM PC, car il avait été conçu avec des composants qui existaient déjà et que tout un chacun pouvait acheter. En fait, la plupart des organes importants du PC original étaient fabriqués par Intel. C'était notamment le cas du processeur 8088, du générateur d'horloge 8284, du cadenceur 8253/54, du contrôleur d'interruptions 8259, du contrôleur de canaux DMA 8237, de l'interface de périphériques 8255 et du contrôleur de bus 8288. Ce sont ces puces qui constituaient le cœur et l'âme de la carte mère PC originale.

Puisque la conception du PC d'origine ne pouvait pas être entièrement brevetée et que tous les éléments existaient déjà, n'importe qui pouvait copier le matériel utilisé par IBM. Il suffisait d'acheter les mêmes puces auprès des mêmes fournisseurs que ceux d'IBM, puis de concevoir une nouvelle carte mère utilisant un circuit similaire. IBM a même facilité les choses en publiant des schémas complets et très détaillés de ses cartes mères et de toutes ses cartes d'extension dans des manuels techniques de référence.

Pour copier le PC d'IBM, il s'avère que toute la difficulté résidait dans les logiciels, protégés par les lois du copyright. Compaq et Phoenix Software (aujourd'hui Phoenix Technologies) ont été parmi les premières sociétés à trouver une méthode légale pour contourner ce problème et réaliser un duplicata (mais pas une copie exacte) d'un logiciel tel que le BIOS. Le *BIOS* est l'ensemble fondamental des logiciels qui contrôlent les périphériques matériels à l'intérieur même du système. Ces types de programmes sont généralement appelés *pilotes de périphériques*. Le BIOS regroupe tous les pilotes de base permettant d'exploiter et de contrôler l'équipement du système. Le *système d'exploitation* (tel que DOS ou Windows) utilise les pilotes du BIOS pour contrôler et communiquer avec les divers dispositifs et équipements du système.

✔ Voir le Chapitre 4, "Le BIOS".

Le procédé utilisé pour dupliquer légalement le BIOS de l'IBM PC fut une forme ingénieuse d'ingénierie inversée, ou rétro-ingénierie. La société engagea deux équipes d'ingénieurs spécialisés dans les logiciels. La seconde équipe était composée exclusivement de personnes qui n'avaient jamais vu ni étudié le code du BIOS d'IBM. La première équipe avait étudié ce BIOS et elle écrivit une description aussi complète que possible de ce qu'il était capable de faire. La seconde équipe lut la description créée par la première et se mit à concevoir d'un bout à l'autre un nouveau BIOS remplissant toutes les fonctions de l'original. Le résultat final fut un nouveau BIOS conçu en intégralité, qui n'était pas identique à celui d'IBM mais qui offrait les mêmes fonctions.

Cette technique d'ingénierie inversée a évité aux sociétés le risque d'un procès avec IBM. Puisque le BIOS du PC original d'IBM ne comprenait que 8 Ko de code et n'offrait que des fonctions limitées, les ingénieurs n'ont guère eu de mal à le dupliquer. Lors des évolutions du BIOS d'IBM, les autres fabricants de BIOS n'ont pas eu de difficultés à suivre les innovations d'IBM. Sans compter

la partie POST (*Power-On Self Test*, autotest de mise sous tension) ou le programme Setup (programme de configuration du système) du BIOS, la plupart des BIOS actuels pour cartes mères ne disposent que de 32 à 128 Ko de code actif et la plupart des systèmes d'exploitation modernes l'ignorent en chargeant le code et les pilotes depuis le disque. Le BIOS d'une carte mère moderne sert principalement à initialiser et à charger le système d'exploitation. Aujourd'hui, même si certains fabricants de PC écrivent encore leur propre BIOS, la plupart le prennent chez des développeurs de BIOS indépendants. Phoenix et American Megatrends, Inc. (AMI) dominent le marché du BIOS pour les PC et les fabricants de cartes mères. Un troisième fournisseur majeur de BIOS, Award Software, est entré dans le giron de Phoenix Technologies, qui continue de vendre des produits à base de BIOS Award.

Une fois le matériel et le BIOS de l'IBM PC dupliqués, il ne restait plus qu'à créer un système d'exploitation du même type que DOS pour obtenir un ordinateur compatible IBM complet. Pour le système d'exploitation, la méthode de l'ingénierie inversée n'aurait pas été viable, car le code de DOS est beaucoup plus volumineux que celui du BIOS et il comprend beaucoup plus de programmes et de fonctions. Par ailleurs, le système d'exploitation évolue et change beaucoup plus souvent que le BIOS, lequel demeure, en comparaison, relativement stable. Cela signifie que, au début des années 1980, le seul moyen d'obtenir le système d'exploitation DOS pour un ordinateur compatible était de conclure un contrat de licence avec IBM. C'est à ce moment-là que la société Microsoft est de nouveau entrée en scène. Comme IBM (qui avait fait appel à Microsoft pour concevoir son DOS) ne s'était pas assuré de faire signer à Microsoft un contrat de licence exclusif, Microsoft était libre de revendre son système d'exploitation conçu pour IBM à n'importe qui. Il suffisait donc aux autres fabricants de souscrire un contrat de licence auprès de Microsoft pour acquérir MS-DOS et se procurer de la sorte la pièce manquante qui leur permettrait de proposer de véritables ordinateurs compatibles IBM. C'est ainsi que le marché de l'informatique s'est retrouvé envahi d'ordinateurs compatibles IBM, que cela ait plu à IBM ou non.

Infos

MS-DOS a fini par être reproduit. Le premier clone a été DR-DOS, écrit par Digital Research (les développeurs de CP/M) en 1988. En tout état de cause, DR-DOS n'était pas une simple copie ; il offrait de nombreuses fonctionnalités alors inexistantes dans MS-DOS, que Microsoft a ajoutées dans les versions ultérieures de son système. En 1991, Novell a racheté DR-DOS, puis ce fut le tour de Caldera en 1996 (qui a publié une version du code sous une licence open source), suivi de Lineo en 1998 et enfin de DRDOS (**www.drdos.com**) en 2002.

Des versions gratuites et open source de DOS sont développées, actualisées et maintenues indépendamment par le DR-DOS/OpenDOS Enhancement Project (**www.drdosprojects.de**) et par le FreeDOS Project (**www.freedos.org**).

Avec le recul, on peut constater que c'est précisément parce qu'Apple n'a pas commis cette erreur qu'il n'existe pas de clones du Macintosh ou d'ordinateurs compatibles. Ce n'est pas parce qu'un Macintosh ne peut pas être dupliqué. En fait, le matériel qui compose un ancien Macintosh est relativement simple à produire à l'aide de composants disponibles auprès des fournisseurs d'Apple et les Mac actuels s'appuient sur le même matériel que les PC. Le vrai problème est que c'est Apple qui possède le système d'exploitation Mac OS et qu'ils ont toujours refusé l'autorisation d'exécuter leur système sur du matériel non Apple. Par ailleurs, il convient de noter que le BIOS plutôt long et

complexe des anciens Mac non compatibles PC était étroitement lié au système d'exploitation. La combinaison de cette complexité et de cette intégration, ainsi que la faible part de marché d'Apple, a évité aux premiers BIOS et systèmes d'exploitation des anciens Macintosh d'être dupliqués.

À présent que les Mac d'Apple se fondent sur une architecture de type PC, la seule différence entre un Mac et un PC réside dans le système d'exploitation. Par conséquent, un PC qui exécute OS X peut être assimilé à un Mac, tandis qu'un Mac qui exécute Windows devient un PC. Autrement dit, les Mac restent uniques car ils sont les seuls à pouvoir exécuter OS X. Pour ce faire, Apple ajoute dans son système d'exploitation un morceau de code qui vérifie la présence d'une puce de sécurité sur la carte mère. Bien que cela incite à acheter des PC de la marque Apple, l'entreprise passe à côté de l'énorme marché constitué par la vente d'OS X à des utilisateurs de PC non Apple. Par exemple, si Apple avait accepté de vendre OS X aux utilisateurs de PC alors que Microsoft repoussait la sortie de Vista, leur système d'exploitation aurait pris une part de marché importante à Windows. Malgré la volonté d'Apple d'empêcher l'exécution d'OS X, le OSx86 Project (**www.osx86project.org**) explique comment installer ce système sur des PC standard.

Qui contrôle les standards du matériel de PC ?

S'il est clair que Microsoft a toujours contrôlé les standards des logiciels pour PC par l'intermédiaire de ses systèmes d'exploitation dominants, qu'en est-il du matériel ? Il est facile de voir qu'IBM a contrôlé les standards du matériel de PC jusqu'en 1987. De fait, c'est IBM qui a inventé l'architecture de la carte mère du PC, aujourd'hui au cœur de tous les PC, ainsi que l'architecture originale à connecteurs de bus d'extension (bus ISA 8/16 bits), l'interface BIOS en ROM, les ports série et parallèle, la carte vidéo VGA et XGA, l'architecture de l'interface de lecteur de disquettes et de disque dur, la structure de l'alimentation, l'interface de souris et même les formats physiques (ou facteurs d'encombrement) de tous les composants d'un PC, depuis la carte mère jusqu'au boîtier en passant par les cartes d'extension et l'alimentation. Toutes ces architectures de systèmes PC, XT et AT, inventées par IBM avant 1987, influencent aujourd'hui encore considérablement le monde de l'informatique.

Toutefois, la vraie question est de savoir quelle est la société responsable de l'invention des nouvelles architectures, des nouvelles interfaces et des nouveaux standards pour le PC. En réponse à cette question, certains citent parfois le nom de Microsoft (bien que cette société ne contrôle que les logiciels), ou ceux de HP/Compaq, Dell ou d'autres géants de l'informatique, mais peu avancent le nom d'Intel, qui est pourtant la bonne réponse.

Il est logique que le public ne pense pas immédiatement à Intel, qui n'est pas connu en tant que fabricant d'ordinateurs. Et pourtant, combien de personnes possèdent un PC de marque Intel ? Attention, pas uniquement un PC portant la mention "Intel inside" sur son boîtier, qui signale que l'ordinateur est équipé d'un processeur Intel, mais un PC conçu et construit, ou du moins acheté, par le biais d'Intel. De fait, aujourd'hui, un grand nombre de PC sont d'origine Intel.

Bien entendu, il n'est pas pour autant possible d'acheter un ordinateur auprès d'Intel, car chacun sait que cette société ne vend pas d'ordinateurs complets directement à l'utilisateur. Mais quand on parle d'ordinateur Intel, c'est à la carte mère que l'on fait allusion. La carte mère est sans doute le composant le plus important d'un PC, et c'est d'elle que devrait dépendre la marque d'un PC. Même à l'époque où IBM était le principal fournisseur de PC, la société ne fabriquait au départ que les cartes mères et confiait les autres composants du système (alimentation, unités de disques, etc.) à d'autres fabricants

✔ Voir le Chapitre 3, "Les cartes mères et les bus", p. 111.

Les plus gros fabricants d'ordinateurs conçoivent eux-mêmes leurs cartes mères, en particulier pour leurs systèmes haut de gamme. D'après le magazine américain *Computer Reseller News*, au cours de ces dernières années, les trois premiers fabricants d'ordinateurs de bureau ont toujours été HP, Dell et Lenovo (précédemment IBM). Ces sociétés conçoivent et fabriquent elles-mêmes leurs cartes mères et en achètent certaines auprès d'autres fabricants. Dans de rares cas, elles conçoivent même leurs propres puces et chipsets pour leurs cartes mères. Bien que les ventes d'ordinateurs réalisées par ces fabricants soient importantes, le marché de l'informatique comprend un second segment beaucoup plus important qui concerne les *systèmes génériques* (ou *boîtes blanches*).

Les systèmes génériques sont des PC assemblés à partir de composants répondant à des normes industrielles et commercialisés par leurs fabricants. L'appellation "boîtes blanches" est due au fait que la plupart de ces ordinateurs sont assemblés dans des boîtiers de couleurs blanche, ivoire ou crème.

Le point fort de ces systèmes génériques est qu'ils utilisent des composants normalisés interchangeables. Cette interchangeabilité est la clé de toutes les futures mises à jour, extensions et réparations, car elle assure à tout moment la disponibilité d'une pléthore de pièces détachées. C'est la raison pour laquelle nous conseillons depuis de nombreuses années d'éviter les systèmes propriétaires et de donner la préférence aux "boîtes blanches" conformes aux standards industriels.

Les sociétés qui vendent des "boîtes blanches" ne fabriquent pas elles-mêmes leurs ordinateurs, elles les assemblent. Elles achètent les cartes mères, les boîtiers, les disques durs, les périphériques, etc., à différents fournisseurs, puis les assemblent et les vendent sous forme d'ordinateurs complets. Certaines entreprises, comme HP et Dell, fabriquent leurs propres systèmes et en assemblent certains à partir de composants standard. Plus précisément, les machines des familles HP Pavilion et Dell Dimension sont constituées d'éléments génériques. Les sociétés VoodooPC (détenue par HP) et Alienware (détenue par Dell) créent également des systèmes haut de gamme pour joueurs à partir de composants standard. C'est également le cas de Gateway et d'eMachines (détenue par Gateway). Sachez cependant qu'il existe quelques exceptions pour tous ces systèmes ; par exemple, les machines Dell Dimension XPS utilisent des éléments propriétaires, comme les alimentations. Je vous conseille d'éviter de tels systèmes car ils sont difficiles à faire évoluer et à réparer.

Il existe tellement d'autres assembleurs de PC à partir de composants industriels standard, comme Acer, CyberPower, Micro Express et Systemax, qu'il est impossible de les citer tous. Par le volume total de leurs ventes, les assembleurs constituent le segment le plus important du marché des PC. Ce

qui est amusant est que tout un chacun peut acheter la même carte mère et les mêmes composants que ceux utilisés par les fabricants (même si le prix est alors plus élevé). Le particulier peut donc assembler entièrement son propre ordinateur, mais cette opération fait l'objet d'un autre chapitre de cet ouvrage, le Chapitre 17.

Quelle société fabrique la majorité des cartes mères qui équipent les systèmes génériques ? Vous l'avez sans doute deviné, il s'agit d'Intel. Le seul marché qu'Intel ne domine pas est celui des systèmes à base de processeurs AMD.

Si Intel domine encore le marché des cartes mères, il doit le partager depuis quelques années. À la sortie du Pentium 4, Intel s'est focalisé sur la mémoire de type Rambus, pendant que d'autres constructeurs de systèmes moins onéreux choisissaient d'autres produits. D'autre part, les cartes mères d'Intel offrent peu d'options pour l'*overclocking* (que l'on peut traduire par "surfréquençage") et les constructeurs de systèmes "gonflés" choisissent donc souvent les cartes des autres fabricants.

AMD fabrique des processeurs et des chipsets, mais pas des cartes mères complètes. À cet égard, AMD collabore avec un certain nombre de fabricants de cartes mères pour construire des cartes compatibles avec ses processeurs. Ces cartes utilisent soit les chipsets AMD/ATI, soit des chipsets issus de fabricants tiers, et spécialement conçus pour les processeurs AMD. Les sociétés qui fabriquent les cartes mères pour processeurs AMD construisent également les cartes pour les systèmes à base de processeurs Intel, concurrençant ainsi directement les cartes mères d'Intel.

✔ Voir la section "Chipsets", p. 135.

Comment expliquer cet état de fait ? Intel a été le premier fabricant de processeurs pour PC depuis qu'IBM a choisi l'Intel 8088 pour son PC original. En contrôlant le marché des processeurs, Intel a tout naturellement pris le contrôle du marché des puces nécessaires à l'intégration de ces processeurs dans les ordinateurs. C'est donc tout naturellement que la société Intel est entrée sur le marché des chipsets. Elle a commercialisé son premier chipset en 1989, avec le modèle 82350 EISA (*Extended Industry Standard Architecture*, architecture standard étendue). Dès 1993, elle est devenue – au moment où le processeur Pentium faisait ses débuts – le premier fabricant de chipsets de cartes mères du monde. Il est facile de comprendre que les dirigeants d'Intel, voyant qu'ils fabriquaient le processeur et l'ensemble des puces qui composent une carte mère, n'aient pas voulu rester à mi-chemin et aient eu l'idée de fabriquer eux-mêmes des cartes mères. L'année 1994 a marqué un vrai tournant pour Intel et pour le marché des cartes mères, puisque c'est cette année-là que le premier fabricant de processeurs est aussi devenu le premier fabricant de cartes mères du monde, position qu'il occupe depuis cette époque. La société Intel ne se contente pas de dominer le marché de quelques points de parts de marché. En 1997, elle a fabriqué plus de cartes mères que les huit premiers fabricants de cartes mères cumulés, soit plus de 30 millions de cartes pour un montant de plus de 3,6 milliards de dollars. Il convient de noter que ces chiffres n'incluent pas les processeurs ou les chipsets, mais uniquement les cartes. Ces dernières sont destinées aux différents assembleurs de PC,

ce qui signifie que la plupart des ordinateurs du marché sont équipés de cartes mères Intel, quelle que soit la personne qui a fait tourner le tournevis pour assembler l'ordinateur !

C'est donc indéniablement la société Intel qui contrôle les standards de PC, puisqu'elle contrôle le marché des cartes mères. Elle fabrique non seulement l'immense majorité des cartes mères utilisées actuellement, mais aussi la plupart des processeurs et des chipsets de cartes mères qu'elle revend à d'autres fabricants.

C'est également Intel qui a défini un certain nombre de standards récents, par exemple :

- L'interface de bus local PCI (*Peripheral Component Interconnect*).
- L'interface AGP (*Accelerated Graphics Port*, port graphique accéléré), destinée aux cartes vidéo haut de gamme.
- PCI Express (appelé initialement 3GIO), l'interface récemment choisie par le PCI-SIG (*PCI Special Interest Group*) pour remplacer à la fois le PCI et l'AGP comme bus à haute performance pour les PC récents.
- Les facteurs d'encombrement de carte mère standard, comme ATX (et ses variantes Micro-ATX et Flex-ATX) et BTX (y compris les variantes Micro-BTX, Nano-BTX et Pico-BTX). Le format ATX reste encore le plus répandu et, depuis les années 1996-1997, remplace le facteur Baby-AT conçu par IBM et utilisé depuis le début des années 1980.
- L'interface DMI (*Desktop Management Interface*, interface de gestion de bureau), qui sert à la supervision du fonctionnement du matériel.
- Les standards de gestion d'énergie DPMA (*Dynamic Power Management Architecture*, architecture de gestion d'énergie dynamique) et APM (*Advanced Power Management*, gestion d'énergie avancée).

Intel domine non seulement le monde du PC, mais aussi l'ensemble de l'industrie des semi-conducteurs. Selon les chiffres de vente rassemblés par iSuppli, le chiffre d'affaires d'Intel équivaut à environ une fois et demie celui de son concurrent le plus proche (Samsung) et à plus de quatre fois celui de son concurrent AMD.

Dès lors qu'une société contrôle le marché des systèmes d'exploitation, elle contrôle également celui des logiciels pour PC. De la même manière, dès lors qu'une société contrôle le marché des cartes mères, elle contrôle aussi celui du matériel. Puisque le matériel et les logiciels semblent être contrôlés par Microsoft et Intel, on utilise parfois le terme Wintel pour désigner un PC.

Types d'ordinateurs

Les PC peuvent être classés de deux manières : par types de logiciels qu'ils sont en mesure d'exécuter et par types de bus hôtes de la carte mère, ou encore par architectures et par largeurs du bus processeur. Ce livre étant avant tout consacré au matériel, examinons d'abord cet aspect.

Lorsqu'un processeur lit des données, celles-ci lui sont envoyées par le biais du bus de données externe du processeur. Le bus de données du processeur est connecté directement au bus hôte du

processeur de la carte mère. Il est parfois appelé *bus local* parce qu'il est local par rapport au processeur auquel il est connecté. Tous les autres composants connectés au bus hôte semblent eux aussi connectés directement au processeur. Si le processeur possède un bus de données d'une largeur de 32 bits, la carte mère doit être câblée à l'aide d'un bus de processeur d'une largeur de 32 bits. Cela signifie alors que l'ordinateur peut déplacer 32 bits de données jusqu'au processeur en un seul cycle.

✔ Voir la section "Bus d'entrées/sorties de données", p. 22..

La largeur du bus de données est fonction du processeur, et la carte mère nécessite un bus hôte de processeur approprié. Le Tableau 1.1 recense tous les processeurs compatibles Intel ainsi que leur largeur de bus et de registre.

Tableau 1.1 : Largeur des bus de données/registre des processeurs compatibles Intel

Processeur	Largeur du bus de données	Taille des registres	Processeur	Largeur du bus de données	Taille des registres
8088	8 bits	16 bits	486/AMD 5x86	32 bits	32 bits
8086	16 bits	16 bits	Pentium/AMD K6	64 bits	32 bits
286	16 bits	16 bits	Pentium Pro/Celeron/II/III/4	64 bits	32 bits
386SX	16 bits	32 bits	AMD Duron/Athlon/Athlon XP	64 bits	32 bits
386DX	32 bits	32 bits	AMD64/EM64T	64 bits	64 bits

En matière de largeur de bus, les utilisateurs font souvent une confusion. Alors que tous les processeurs Pentium ont un bus de données d'une largeur de 64 bits, leurs registres internes n'ont qu'une largeur de 32 bits, et ils ne traitent que des commandes et des instructions 32 bits. Les processeurs AMD qui intègrent la technologie AMD64 et les processeurs Intel qui disposent de la technologie EM64T ont des registres internes sur 64 bits. Ils peuvent fonctionner en mode 32 et 64 bits. Par conséquent, du point de vue des logiciels, tous les processeurs (des 386 aux Athlon/Duron et Celeron/Pentium 4) ont des registres de 32 bits et exécutent des instructions 32 bits. Du point de vue de l'architecture électronique ou physique, ces processeurs compatibles avec les logiciels 32 bits peuvent avoir un bus de données d'une largeur de 16 bits (386SX), 32 bits (386DX et 486) ou 64 bits (Pentium et au-delà). La largeur du bus de données est un facteur déterminant de l'architecture de la carte mère et du système de mémoire, car elle indique le nombre de bits qui peuvent entrer dans la puce et en sortir au cours d'un cycle.

✔ Voir la section "Registres internes (bus de données internes)", p. 25.

Les processeurs basés sur les technologies AMD64 ou EM64T ont une architecture 64 bits compatible x86, mais ils sont également conçus pour utiliser des instructions 32 bits, écrites pour des processeurs x86 ordinaires.

✔ Voir la section "Caractéristiques du processeur", p. 19.

Le Tableau 1.1 montre que tous les Pentium et les systèmes plus récents possèdent un bus de données 64 bits. Les processeurs Pentium, qu'il s'agisse d'un Pentium original, d'un Pentium MMX, d'un Pentium Pro ou d'un Pentium II/III ou 4, ont tous des bus de données de 64 bits, tout comme les processeurs comparables d'AMD (série K6, Athlon, Duron, Athlon XP et Athlon 64).

Les informations du Tableau 1.1 montrent que l'on peut subdiviser les ordinateurs d'après les catégories suivantes :

- 8 bits
- 16 bits
- 32 bits
- 64 bits

Il est en outre intéressant de noter que les ordinateurs 16, 32 et 64 bits reposent sur une architecture très comparable. Les vieux ordinateurs 8 bits, en revanche, sont très différents. Cette distinction permet de considérer deux types, ou classes, d'ordinateurs :

- 8 bits (classe PC/XT)
- 16/32/64 bits (classe AT)

Dans le langage courant, PC est le sigle de *Personal Computer* (ou ordinateur personnel). XT est l'abréviation de *eXTended PC* (ou PC étendu). AT est le sigle de *Advanced Technology* (ou technologie avancée). Les termes PC, XT et AT employés ici proviennent des ordinateurs IBM du même nom. L'ordinateur XT était essentiellement un PC qui comprenait un disque dur pour le stockage des données, en plus du lecteur de disquettes du PC de base. Il possédait un processeur 8 bits de type 8088, ainsi qu'un bus ISA (*Industry Standard Architecture*, architecture standard) 8 bits pour les cartes d'extension. Le *bus* désigne les connecteurs d'extension qui permettent d'ajouter des cartes d'extension. La mention "8 bits" signifie simplement que le bus ISA qui équipe les ordinateurs de la classe PC/XT ne peut recevoir ou envoyer que 8 bits de données au cours d'un même cycle. Les données qui transitent par un bus de 8 bits sont envoyées simultanément dans huit fils, en parallèle.

Les ordinateurs 16 bits et plus font partie de la classe AT, ce qui indique qu'ils se conforment à un certain nombre de standards et à la structure de base définie par l'ordinateur AT original d'IBM. Les modèles AT d'IBM incluaient un processeur et des cartes plus évolués (de type 16 bits à l'origine, puis 32 et 64 bits par la suite). Un ordinateur de la classe AT doit impérativement être équipé d'un processeur compatible avec le modèle 286 d'Intel, ou avec tout autre processeur supérieur. Il doit également être équipé d'un bus système 16 bits (ou davantage). L'architecture de bus système occupe une place centrale au sein du système AT, tout comme l'architecture de mémoire de base, les interruptions, les canaux DMA et les adresses de ports d'entrées/sorties. Tous les ordinateurs AT affectent et gèrent ces ressources de la même manière.

Les premiers ordinateurs de la classe AT étaient équipés d'un bus ISA 16 bits, qui est une extension du bus ISA 8 bits original des ordinateurs de type PC/XT. Finalement, plusieurs modèles de bus ont été développés pour les ordinateurs de la classe AT. En voici la liste :

- ISA/AT 16 bits
- PC-Card (PCMIA) 16 bits
- EISA (*Extended ISA*) 16/32 bits
- MCA (*Micro Channel Architecture*) PS/2 16/32 bits
- VESA Local (VL) 32 bits
- PCI (*Peripheral Component Interconnect*) 32/64 bits
- Cardbus (PCMCIA) 32 bits
- AGP (*Accelerated Graphics Port*) 32 bits
- PCI Express (série)
- ExpressCard (série)

Un ordinateur équipé d'un ou de plusieurs de ces types de connecteurs d'extension appartient par définition à la classe AT, qu'il possède un processeur de marque Intel ou d'une autre marque compatible. Les ordinateurs de type AT équipés d'un processeur 386 ou supérieur offrent des fonctions qui n'existaient pas sur les AT reposant sur un 286. Ils utilisent de nouvelles techniques pour l'adressage et la gestion de la mémoire et permettent d'accéder en mode 32 ou 64 bits aux données traitées. Les ordinateurs équipés d'un processeur de type 386DX ou supérieur possèdent en outre une architecture de bus 32 bits qui permet de tirer pleinement parti des capacités de transfert du processeur.

Pendant un certain temps, les PC ont possédé des connecteurs ISA 16 bits (pour des raisons de rétrocompatibilité et afin de pouvoir toujours utiliser des cartes plus anciennes). Néanmoins, toutes les cartes mères ont fini par supprimer les connecteurs ISA, au profit des connecteurs PCI en parallèle d'un connecteur AGP pour de hautes performances graphiques. Cependant, tout comme la prise en charge du bus ISA a fini par disparaître, les bus PCI et AGP sont en train d'être remplacés par le bus PCI Express.

Le Tableau 1.2 résume les principales différences entre les vieux ordinateurs 8 bits (PC/XT) et un ordinateur AT moderne. Ces informations distinguent les différents types d'ordinateurs et englobent tous les modèles d'ordinateurs IBM et compatibles.

Tableau 1.2 : Différences entre un PC/XT et un AT

Caractéristiques de l'ordinateur	PC/XT (8 bits)	AT (16/32/64 bits)
Processeurs acceptés	Tous les x86 et x88	286 ou supérieur
Mode de fonctionnement du processeur	Réel	Réel/protégé/réel virtuel
Logiciels acceptés	16 bits uniquement	16 ou 32 bits
Largeur des connecteurs du bus	8 bits	16/32/64 bits
Type de connecteur	ISA seulement	ISA, EISA, MCA, PC Card, CardBus, ExpressCard, VLB, PCI, PCI Express et AGP
Interruptions matérielles	8 (dont 6 utilisables)	16 (dont 11 utilisables)
Canaux DMA	4 (dont 3 utilisables)	8 (dont 7 utilisables)
RAM maximale	1 Mo	16 Mo/4 Go, voire davantage
Débit du contrôleur de lecteur de disquettes	250 Kbit/s	250/300/500/1000 Kbit/s
Disquette d'amorçage standard	360 Ko ou 720 Ko	1,2 Mo/1,44 Mo/2,88 Mo
Interface de clavier	Unidirectionnelle	Bidirectionnelle
Mémoire CMOS/horloge	Aucun standard	Compatible MC146818
UART de port série	8250B	16450/16550 A ou supérieur

Plus personne ne fabrique de PC/XT (8 bits) depuis de nombreuses années. Vous ne rencontrerez donc en principe plus que des ordinateurs de type AT, à moins que vous ne vous rendiez dans un musée d'informatique.

Composants d'un ordinateur

Un PC moderne est à la fois simple et compliqué. Il est simple dans le sens où, au fil des ans, de nombreux composants utilisés auparavant pour construire un PC ont par la suite été intégrés à d'autres composants, l'objectif étant de réduire le nombre total de composants. Il est compliqué dans le sens où chaque composant prend en charge beaucoup plus de fonctions que sur les modèles plus anciens.

Le Tableau 1.3 présente succinctement tous les composants d'un PC moderne. Chacun de ces composants sera présenté en détail dans les chapitres suivants.

Tableau 1.3 : Composants du PC

Composant	Description
Carte mère	La carte mère constitue le cœur de tout PC. C'est en fait le PC lui-même. Tous les autres composants y sont connectés et c'est elle qui contrôle leur fonctionnement. Les cartes mères sont détaillées au Chapitre 3.
Processeur	Le processeur est souvent considéré comme le "moteur" de l'ordinateur. Il est également nommé CPU (*Central Processing Unit*, unité centrale de traitement). Voir Chapitre 2.
Mémoire (RAM)	La mémoire système est généralement appelée RAM (*Random Access Memory*, mémoire à accès aléatoire). Il s'agit de la mémoire principale de l'ordinateur. Elle stocke tous les programmes et toutes les données dont le processeur se sert. Elle est décrite au Chapitre 5.
Boîtier (châssis)	Le boîtier est le caisson externe qui abrite la carte mère, l'alimentation, les unités de disques, les adaptateurs ainsi que l'essentiel des composants physiques de l'ordinateur. Ce composant est présenté en détail au Chapitre 16.
Alimentation	L'alimentation est le composant qui fournit aux différents composants du PC le courant électrique dont ils ont besoin pour fonctionner. L'alimentation est traitée au Chapitre 16.
Lecteur de disquettes	Il s'agit d'un média amovible de stockage magnétique de faible capacité. Aujourd'hui, beaucoup de systèmes font plutôt appel à d'autres périphériques magnétiques amovibles ou à de la mémoire flash à interface USB. Les périphériques de stockage amovibles à haute capacité sont étudiés au Chapitre 8.
Disque dur	Le disque dur est le support de stockage de haute capacité le plus utilisé sur les ordinateurs. Nous en parlerons au Chapitre 7.
Lecteur de CD-ROM, CD-R ou DVD-ROM	Les lecteurs de CD (*Compact Disc*) et de DVD (*Digital Versatile Disc*) sont des lecteurs optiques à supports amovibles et d'une capacité relativement élevée. La plupart des systèmes récents intègrent des lecteurs ayant des possibilités de lecture/réécriture. Nous les étudierons au Chapitre 9.
Clavier	Sur un PC, le clavier est le périphérique qui permet à l'utilisateur de contrôler l'ordinateur et de communiquer avec lui. Les périphériques d'entrée sont étudiés au Chapitre 14.
Souris	Il existe aujourd'hui sur le marché de nombreux périphériques de pointage, le premier et le plus utilisé étant la souris.
Carte vidéo*	La carte vidéo (ou carte graphique) contrôle les informations affichées à l'écran. Le Chapitre 11 traite des cartes vidéo.
Moniteur (écran)	Les moniteurs sont abordés au Chapitre 11.
Carte son*	Indispensables pour profiter des fonctions audio du PC, ces composants sont abordés au Chapitre 12.
Réseau/modem*	Les PC déjà assemblés sont généralement livrés avec une interface réseau et parfois un modem. Les cartes réseau et les modems sont étudiés au Chapitre 15.

* Les composants signalés par un astérisque peuvent être intégrés à la carte mère sur les systèmes récents, en particulier les modèles d'entrée de gamme.

2 Les microprocesseurs : types et caractéristiques

Au sommaire de ce chapitre

- Caractéristiques du processeur
- Fonctionnalités des processeurs
- Support des processeurs
- Tensions de fonctionnement des processeurs
- Coprocesseurs arithmétiques (unités en virgule flottante)
- Bogues de processeurs
- Six générations de processeurs Intel et compatibles
- Processeurs Intel Pentium 4 (septième génération)
- Processeurs de huitième génération (64 bits)
- Processeurs multicœurs
- Mise à niveau d'un processeur
- Techniques de dépannage des processeurs

Caractéristiques du processeur

Un certain nombre de concepts plus ou moins complexes reviennent régulièrement dans les débats sur les processeurs. Les sections ci-après en relèvent quelques-uns comme le bus de données, le bus d'adresses et la fréquence.

Deux paramètres principaux contribuent à identifier un processeur : sa largeur et sa fréquence. La fréquence est un concept relativement simple à comprendre. Elle se mesure en mégahertz (MHz) ou en gigahertz (GHz) et correspond au nombre de millions ou de milliards de cycles par seconde que le processeur est capable d'effectuer. Plus elle est élevée, plus le processeur est rapide. La largeur d'un processeur est un concept un tantinet plus complexe, car trois caractéristiques du processeur s'expriment sous la forme d'une largeur :

- le bus d'entrées/sorties de données ;
- le bus d'adresses ;
- les registres internes.

Le bus de données du processeur se nomme également FSB (*Front-Side Bus*), PSB (*Processor Side Bus*) ou simplement bus processeur. Tous ces termes font référence au bus qui se trouve entre le processeur et le chipset principal, le pont nord (*North Bridge*) ou contrôleur mémoire (*Memory Controller Hub*). Intel emploie les termes FSB ou PSB, tandis que la terminologie d'AMD comprend

Tableau 2.1 : Caractéristiques des processeurs Intel

Processeur	Gravure (microns)	Horloge	Tension	Registres	Bus de données	Mémoire max.
Pentium III (Coppermine)	0,18	4×+	1,6 V-1,75 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium III (Tualatin)	0,13	8,5×+	1,45 V	32 bits	64 bits	64 Go
Celeron 4 (Willamette)	0,18	4,25×+	1,6 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium 4 (Willamette)	0,18	3×+	1,7 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium 4A (Northwood)	0,13	4×+	1,3 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium 4EE (Prestonia)	0,13	8×+	1,5 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium 4E (Prescott)	0,09	8×+	1,3 V	32 bits	64 bits	64 Go
Celeron D	0,09	4×+	1,25 V-1,4 V	64 bits	64 bits	1 To
Pentium D (Smithfield)	0,09	3,5×+	1,25 V-1,4 V	64 bits	64 bits	1 To
Pentium D (Presler)	0,065	3,5×+	1,25 V-1,4 V	64 bits	64 bits	1 To
Pentium M (Banias)	0,13	2,25×+	0,8 V-1,5 V	32 bits	64 bits	64 Go
Pentium M (Dothan)	0,13	4,25×+	1-1,3 V	32 bits	64 bits	64 Go
Core Duo (Yonah)	0,09	2,25×+	0,7 V-1,3 V	32 bits	64 bits	64 Go
Core 2 Duo (Conroe)	0,065	1,75×+	0,9 V-1,3 V	64 bits	64 bits	1 To
Core 2 Quad (Kentsfield)	0,065	2,25×+	1,1 V-1,3 V	64 bits	64 bits	1 To

1. 256 Ko de cache L2 fonctionnels (512 Ko au total dont 256 Ko désactivés). Utilise le même module que le Pentium IIIB.

Tableau 2.2 : Caractéristiques des processeurs AMD

Processeur	Gravure (microns)	Horloge	Tension	Registres	Bus de données	Mémoire max.
AMD Athlon (Thunderbird)	0,18	5×+	1,5 V-1,8 V	32 bits	64 bits	4 Go
AMD Athlon XP (Palomino)	0,18	5×+	1,5 V-1,8 V	32 bits	64 bits	4 Go
AMD Athlon XP (Thoroughbred)	0,13	5×+	1,5 V-1,8 V	32 bits	64 bits	4 Go
AMD Athlon XP (Barton)	0,13	5,5×+	1,65 V	32 bits	64 bits	4 Go
AMD 64 (ClawHammer/ Winchester)	0,13	5,5×+	1,5 V	64 bits	64 bits	1 To
AMD 64 FX (SledgeHammer)	0,13	5,5×+	1,5 V	64 bits	128 bits	1 To
Athlon 64 X2 (Manchester)	0,09	5×+	1,35 V-1,4 V	64 bits	128 bits	1 To
Athlon 64 X2 (Toledo)	0,09	5×+	1,35 V-1,4 V	64 bits	128 bits	1 To
Athlon 64 X2 (Windsor)	0,09	5×+	1,35 V-1,4 V	64 bits	128 bits	1 To
Athlon X2, 64 X2 (Brisbane)	0,065	5×+	1,25 V-1,35 V	64 bits	128 bits	1 To

Cache L1	Cache L2	Cache L3	Vitesse cache L2/L3	Instructions multimédias	Transistors	Sortie
2 × 16 Ko	256 Ko	–	Core	SSE	28,1 M	Oct. 99
2 × 16 Ko	512 Ko	–	Core	SSE	44 M	Juin 01
2 × 16 Ko	128 Ko	–	Core	SSE2	42 M[1]	Mai 02
12 + 8 Ko	256 Ko	–	Core	SSE2	42 M	Nov. 00
12 + 8 Ko	512 Ko	–	Core	SSE2	55 M	Janv. 02
12 + 8 Ko	512 Ko	2 Mo	Core	SSE2	178 M	Nov. 03
12 + 16 Ko	1 Mo	–	Core	SSE3	125 M	Févr. 04
12 + 16 Ko	256 Ko	–	Core	SSE3	125 M	Juin 04
12 + 16 Ko (×2)	1 Mo (×2)	–	Core	SSE3	230 M	Avr. 05
12 + 16 Ko (×2)	2 Mo (×2)	–	Core	SSE3	376 M	Déc. 05
2 x 32 Ko	1 Mo	–	Core	SSE2	77 M	Mars 03
2 x 32 Ko	2 Mo	-	Core	SSE2	144 M	Mai 04
2 x 32 Ko (×2)	1 Mo (×2)	–	Core	SSE3	151 M	Janv. 06
2 x 32 Ko (×2)	1/2 Mo (×2)	–	Core	SSSE3	291 M	Juill. 06
2 x 64 Ko (×2)	4 Mo (×2)	–	Core	SSSE3	582 M	Déc. 06

Cache L1	Cache L2	Cache L3	Vitesse cache L2/L3	Instructions multimédias	Transistors	Sortie
2 × 64 Ko	256 Ko	–	Core	Enh. 3DNow!	37 M	Juin 00
2 × 64 Ko	256 Ko	–	Core	3DNow! Pro	37,5 M	Oct. 01
2 × 64 Ko	256 Ko	–	Core	3DNow! Pro	37,2 M	Juin 02
2 × 64 Ko	512 Ko	–	Core	3DNow! Pro	54,3 M	Févr. 03
2 × 64 Ko	1 Mo	–	Core	3DNow! Pro	105,9 M	Sept. 03
2 × 64 Ko	1 Mo	–	Core	3DNow! Pro	105,9 M	Sept. 03
2 × 64 Ko (×2)	256 Ko/512 Ko (×2)	–	Core	SSE3	154 M	Juin 05
2 × 64 Ko (×2)	512 Ko/1 Mo (×2)	–	Core	SSE3	233 M	Juin 05
2 × 64 Ko (×2)	512 Ko/1 Mo (×2)	–	Core	SSE3	233,2 M	Mai 05
2 × 64 Ko (×2)	512 Ko (×2)	–	Core	SSE3	154 M	Déc. 06

Tableau 2.3 : Caractéristiques des processeurs Cyrix, NexGen, IDT, Rise et VIA

Processeur	Horloge	Tension	Registres	Bus de données	Mémoire max.
Cyrix III	2,5x+	2,2 V	32 bits	64 bits	4 Go
NexGen Nx586	2x	4 V	32 bits	64 bits	4 Go
IDT Winchip	3x+	3,3 V–3,5 V	32 bits	64 bits	4 Go
IDT Winchip2/2A	2,33x+	3,3 V–3,5 V	32 bits	64 bits	4 Go
Rise mP6	2x+	2,8 V	32 bits	64 bits	4 Go
VIA C3[2]	6x+	1,6 V	32 bits	64 bits	4 Go
VIA C3[3]	6x+	1,35 V	32 bits	64 bits	4 Go
VIA C3[4]	5,5x+	1,35 V	32 bits	64 bits	4 Go
VIA C3[5]	7,5x+	1,4 V	32 bits	64 bits	4 Go

uniquement FSB. Pour ma part, je préfère employer "bus processeur" car non seulement ce terme est le moins confus mais il est de surcroît totalement exact.

Le nombre de bits donné pour un processeur peut également être source de confusion. Tous les processeurs modernes disposent d'un bus de données de 64 bits. Cependant, cela ne permet pas de les classer dans la catégorie des processeurs 64 bits. Les Pentium 4 et Athlon XP sont des processeurs 32 bits car leurs registres internes sont sur 32 bits, même si leur bus d'entrées/sorties de données est sur 64 bits et leur bus d'adresses sur 36 bits (plus large que leurs prédécesseurs, les Pentium et K6). La famille des processeurs Core 2 et les Opteron et Athlon 64 d'AMD sont des processeurs 64 bits car leurs registres internes sont de cette largeur.

Voici tout d'abord quelques tableaux illustrant les différences de caractéristiques entre tous les processeurs pour PC; nous détaillerons les spécifications dans les sections suivantes. Reportez-vous à ces tableaux lors de la lecture des caractéristiques des processeurs, vous constaterez que les informations livrées s'expliquent d'elles-mêmes.

Les Tableaux 2.1 à 2.3 recensent les caractéristiques des processeurs Intel, des processeurs AMD et des processeurs d'autres fondeurs.

Bus d'entrées/sorties de données

Dans un ordinateur, les données sont envoyées sous forme d'informations numériques dans lesquelles des tensions ou des changements de tension qui se produisent au sein d'intervalles de temps précis sont utilisés pour représenter des données par des 0 et des 1. Plus le nombre de fils est important, plus le nombre d'octets transférés en un intervalle de temps donné est grand. Tous les processeurs modernes, depuis les premiers Pentium et Athlon jusqu'aux derniers Core 2, Athlon 64 X2 et même l'Itanium et l'Itanium 2, disposent d'un bus de données d'une largeur de 64 bits (8 octets). Ils peuvent ainsi transporter 64 bits de données en même temps vers ou depuis le chipset de la carte mère ou la mémoire système.

Cache L1	Cache L2	Cache L3	Vitesse cache L2/L3	Instructions multimédias	Transistors	Sortie
64 Ko	256 Ko	–	Core[1]	3DNow!	22 M	Févr. 00
2 x 16 Ko	–	–	Bus	–	3,5 M	Mars 94
2 x 32 Ko	–	–	Bus	MMX	5,4 M	Oct. 97
2 x 32 Ko	–	–	Bus	3DNow!	5,9 M	Sept. 98
2 x 8 Ko	–	–	Bus	MMX	3,6 M	Oct.98
64 Ko	128 Ko	–	Bus	MMX, 3DNow!	15,2 M	Mars 01
64 Ko	128 Ko	–	Bus	MMX, 3DNow!	15,4 M	Mars 01
64 Ko	128 Ko	–	Bus	MMX, 3DNow!	15,5 M	Sept. 01
64 Ko	128 Ko	–	Bus	MMX, 3DNow!	20,5 M	Janv. 02

1. Le cache L2 fonctionne à la vitesse du noyau, mais se trouve sur une puce séparée.
2. Noyau Samuel 2 (version améliorée du noyau du Cyrix III).
3. Noyau Ezra.
4. Noyau Ezra-T.
5. Noyau Nehemiah.

Pour bien comprendre la façon dont les informations transitent, examinons le fonctionnement d'une autoroute. Si elle ne comprend qu'une voie dans chaque sens, une seule voiture peut se déplacer à la fois dans une direction. Pour augmenter le trafic, il est possible d'ajouter une deuxième voie; deux fois plus de véhicules pourront alors circuler en même temps. Le processeur 8 bits peut être assimilé à une autoroute à une seule voie, car seul un octet peut circuler à la fois (un octet équivaut à 8 bits). Pour augmenter le trafic, on peut décider de construire une autoroute à quatre voies dans chaque sens. Cette architecture correspond à un bus de données 32 bits, capable de transférer 4 octets d'informations simultanément. Si l'on continue encore, un bus de données 64 bits peut être comparé à une autoroute à huit voies dans chaque sens.

La largeur du bus de données d'un processeur est extrêmement importante puisqu'elle conditionne aussi la taille d'un banc de mémoire. Un processeur avec un bus de données de 32 bits (comme le 486) lit et écrit des données en mémoire 32 bits à la fois, tandis qu'un processeur dont le bus de données est sur 64 bits (comme la majorité des processeurs actuels) lit et écrit la mémoire 64 bits à la fois.

Puisque les barrettes de mémoire SIMM (*Single Inline Memory Modules*, modules de mémoire à rangée de contacts unique) à 72 broches ont une largeur de 32 bits seulement, elles doivent être installées une par une sur la plupart des ordinateurs de type 486. Sur les ordinateurs de type Pentium 64 bits, elles doivent impérativement être installées par paires. Les barrettes standard actuelles, à la norme DIMM (*Dual Inline Memory Modules*, modules de mémoire à double rangée de contacts),

ont une largeur de 64 bits. Elles peuvent donc être installées une par une sur les ordinateurs, excepté lorsque le système est conçu ou configuré pour fonctionner en double canal. Dans ce mode, les lectures et les écritures en mémoire se font simultanément sur deux bancs. Cela améliore ainsi les performances, mais les DIMM doivent être installées par paires.

Les barrettes RIMM (*Rambus Inline Memory Modules*, modules de mémoire à rangée de contacts Rambus), employées avec quelques anciens systèmes Pentium III et 4, appliquent des règles du jeu différentes. Elles ne disposent en principe que d'une largeur de 16 ou 32 bits. En fonction du type de module et du chipset, elles sont employées individuellement ou par paires.

✔ Voir la section "Bancs de mémoire", p. 370.

Bus d'adresses

Le *bus d'adresses* est l'ensemble des fils qui transportent les informations d'adressage utilisées pour décrire la zone de mémoire dans laquelle les données sont envoyées ou depuis laquelle elles proviennent. Comme avec le bus de données, chaque fil transporte un seul bit d'information. Ce bit est un chiffre unique de l'adresse. Plus il y a de fils (chiffres) utilisés pour calculer ces adresses, plus le nombre de zones d'adresses est important. La taille (ou largeur) du bus d'adresses indique la quantité de RAM maximale que le processeur peut adresser.

Reprenons notre comparaison avec l'autoroute. Si le bus d'entrées/sorties de données est représenté par l'autoroute et que sa taille corresponde au nombre de voies, le bus d'adresses correspond au numéro de maison ou à l'adresse dans la rue. La taille du bus d'adresses correspond au nombre de chiffres du numéro de maison. Par exemple, si vous habitez une rue qui ne comprend que des adresses à deux chiffres (base 10), il ne peut y avoir que 100 adresses (00-99) distinctes dans votre rue (10^2). Si l'on ajoute un chiffre, le nombre d'adresses passera à 1000 (000-999), soit 10^3.

Les ordinateurs utilisent le système d'adressage binaire (base 2). Ainsi, un nombre à deux chiffres ne pourra représenter que quatre adresses uniques (00, 01, 10 et 11), soit 2^2. Un nombre à trois chiffres ne permet de coder que huit adresses (000-111), soit 2^3. Par exemple, les processeurs 8086 et 8088 utilisent un bus d'adresses de 20 bits grâce auquel il est possible de coder 2^{20} adresses, soit 1048576 octets (1 Mo) d'adresses. Le Tableau 2.4 décrit les capacités d'adressage mémoire des processeurs.

Le bus de données et le bus d'adresses sont indépendants; les concepteurs de processeurs peuvent utiliser la taille de leur choix pour chacun. Néanmoins, dans la pratique, les processeurs équipés d'un bus de données large possèdent également un bus d'adresses large. La taille des bus peut fournir des informations précieuses sur la puissance relative d'un processeur, mesurée suivant deux méthodes intéressantes. La taille du bus de données est une indication de la capacité de déplacement d'informations du processeur; la taille du bus d'adresses indique la quantité de mémoire qui peut être gérée par la puce.

Tableau 2.4 : Capacités d'adressage mémoire des processeurs

Processeur	Bus d'adresses	Octets	Ko	Mo	Go	To
8088/8086	20 bits	1048576	1024	1	–	–
286, 386SX	24 bits	16777216	16384	16	–	–
386DX, 486, Pentium, K6, Athlon	32 bits	4294967296	4194304	4096	4	–
Pentium avec PAE	36 bits	68719476736	67108864	65536	64	–
Pentium 64 bits, Athlon, Core	40 bits	1099511627 776	1073741824	1048576	1024	1

PAE = *Physical Address Extension*, extension de l'adresse physique (géré uniquement par un système d'exploitation serveur).

Registres internes (bus de données internes)

La taille des registres internes d'un processeur est un bon indicateur de la quantité d'informations que celui-ci peut manipuler en un temps donné et de la façon dont il déplace les données en interne. Il est quelquefois fait référence à cela sous l'appellation "bus de données interne". Un *registre* est une cellule de stockage située à l'intérieur du processeur. À titre d'exemple, le processeur peut additionner des nombres dans deux registres différents, puis stocker le résultat dans un troisième registre. La taille d'un registre détermine la quantité de données que le processeur peut traiter. Elle conditionne également les types de logiciels ou de commandes et d'instructions que le processeur peut exécuter. Les processeurs, du 386 au Pentium 4, utilisent des registres internes de 32 bits et peuvent donc faire fonctionner les mêmes systèmes d'exploitation et les mêmes logiciels 32 bits. Les processeurs Core 2 et Athlon 64 ont pour leur part des registres internes de 32 et de 64 bits et peuvent donc exécuter des systèmes d'exploitation et des logiciels 32 bits, ainsi que les nouvelles versions 64 bits.

Les registres internes ont souvent une taille supérieure à la largeur du bus de données, ce qui signifie que le processeur a besoin de deux cycles pour remplir un registre avant que celui-ci ne soit exploitable. Par exemple, les processeurs 386SX et 386DX ont des registres internes de 32 bits, mais les 386SX doivent s'y prendre à deux fois pour les remplir, alors que les 386DX peuvent le faire en une seule passe. Il en est de même lorsque les données quittent les registres pour revenir dans le bus système.

Le Pentium repose sur l'architecture inverse. Tous les Pentium possèdent un bus de données 64 bits, mais des registres de seulement 32 bits – une structure apparemment problématique tant que l'on ne sait pas que le Pentium est équipé de deux pipelines internes de 32 bits lui permettant de gérer les informations. À maints égards, le Pentium équivaut à deux puces 32 bits en une. Le bus de données 64 bits assure un approvisionnement très efficace de ces registres multiples. Quand un processeur utilise plusieurs pipelines, on parle d'*architecture superscalaire*. Ce type d'architecture a été introduit avec le processeur Pentium.

✔ Voir les sections concernant les processeurs Pentium, un peu plus loin dans ce chapitre.

Les processeurs de sixième et de septième génération les plus avancés d'Intel et d'AMD ne possèdent pas moins de six pipelines internes pour exécuter les instructions. Bien que certains de ces pipelines internes soient réservés à des fonctions spéciales, ces processeurs peuvent exécuter trois instructions en un même cycle d'horloge.

Modes de processeur

Depuis la génération des 386, tous les processeurs Intel et compatibles peuvent fonctionner dans plusieurs modes. Les modes de processeur font référence aux différents environnements de fonctionnement. Ils affectent les instructions et les capacités du processeur. Le mode de processeur détermine la manière dont le processeur voit et gère la mémoire vive ainsi que les tâches qu'il doit exécuter.

Il existe trois principaux modes de fonctionnement des processeurs, avec plusieurs modes secondaires :

- mode réel (logiciel 16 bits);
- mode IA-32 :
  - mode protégé (logiciel 32 bits);
  - mode réel virtuel (programmes 16 bits dans un environnement 32 bits).
- mode IA-32e, extension 64 bits (également appelée AMD64, x86-64 ou EM64T) :
  - mode 64 bits;
  - mode de compatibilité (logiciel 32 bits).

Le Tableau 2.5 récapitule les modes de processeur.

Tableau 2.5 : Modes de processeur

Mode principal	Mode secondaire	Système d'exploitation requis	Logiciel	Taille d'une adresse mémoire	Taille par défaut d'un opérande	Taille de registre
Réel	–	16 bits	16 bits	24 bits	16 bits	16 bits
IA-32	Protégé	32 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32/16 bits
	Réel virtuel	32 bits	16 bits	24 bits	16 bits	16 bits
IA-32e	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits	32 bits	64 bits
	Compatibilité	64 bits	32 bits	32 bits	32 bits	32/16 bits

Mode réel

Le mode réel est parfois appelé mode 8086, car il est issu des processeurs 8086 et 8088. Le premier IBM PC était équipé d'un processeur 8088 capable d'exécuter des instructions 16 bits à l'aide de

registres internes 16 bits, mais ce processeur ne pouvait adresser que 1 Mo de mémoire à l'aide de 20 lignes d'adresses. Tous les logiciels destinés au PC original ont été créés pour fonctionner avec cette puce. Ils ont été conçus autour du jeu d'instructions 16 bits et du modèle de mémoire à 1 Mo. À titre d'exemple, DOS et tous les logiciels pour DOS, Windows 1.x à 3.x et toutes les applications pour Windows 1.x à 3.x ont été conçus à l'aide d'instructions 16 bits. Ces opérations et applications 16 bits ont été prévues pour être compatibles avec le processeur 8088 originel.

✔ Voir la section "Registres internes (bus de données internes)", p. 25.

✔ Voir la section "Bus d'adresses", p. 24.

Les processeurs suivants, tel le 286, sont capables d'exécuter le même jeu d'instructions 16 bits que le processeur 8088 original, mais beaucoup plus rapidement. En d'autres termes, le 286 est totalement compatible avec le 8088 original et fait fonctionner les mêmes logiciels 16 bits, mais ces logiciels fonctionnent plus rapidement. Le mode d'instructions 16 bits du 8088 et du 286 est aujourd'hui appelé *mode réel*. Tous les logiciels qui fonctionnent en mode réel sont contraints de se limiter à des instructions 16 bits et demeurent au sein des limites de l'architecture de mémoire 20 bits (1 Mo) pour laquelle ils ont été conçus. Ces logiciels sont généralement de type monotâche, ce qui signifie qu'un seul programme peut être exécuté à la fois. Il n'existe pas de protection intégrée permettant d'empêcher un programme d'écrire par-dessus un autre programme ni même par-dessus le système d'exploitation dans la mémoire principale. Si plusieurs programmes fonctionnent simultanément, ils risquent de faire planter l'ordinateur.

Mode IA-32 (32 bits)

Est arrivé ensuite le 386, qui a été le premier processeur 32 bits standard. Ce processeur était capable de faire fonctionner un jeu d'instructions 32 bits tout nouveau. Pour tirer pleinement parti de ce jeu d'instructions 32 bits, il faut un système d'exploitation et une application 32 bits. Ce nouveau mode 32 bits a rapidement été appelé *mode protégé* : les logiciels qui fonctionnent dans ce mode ne risquent pas d'être écrasés par d'autres logiciels dans la mémoire principale. Cette protection contribue à préserver l'ordinateur des dysfonctionnements, dans la mesure où il est quasiment impossible qu'une application ou que le système d'exploitation soient endommagés par un autre programme. En outre, si un programme plante, il est possible de le fermer sans affecter le reste de l'ordinateur.

Sachant qu'il faudrait du temps pour développer des systèmes d'exploitation et des applications qui bénéficient du mode protégé 32 bits, Intel a conçu un more réel compatible dans le 386. Cela a permis d'exécuter des systèmes et des applications 16 bits sans les modifier. Ce processeur les fait tourner parfaitement, même beaucoup plus rapidement que les puces précédentes. Pour de nombreuses personnes, cela suffisait amplement, car elles n'avaient pas nécessairement besoin d'un nouveau logiciel 32 bits ; il leur suffisait que leurs applications 16 bits existantes fonctionnent. Malheureusement, la puce n'a donc jamais employé le mode protégé 32 bits et toutes ces possibilités ont été ignorées.

Lorsqu'un processeur très puissant tel qu'un Pentium 4 fonctionne sous DOS (en mode réel), il se comporte comme un 8088 "gonflé". Il est ainsi capable de tirer parti de sa vitesse en faisant fonctionner des programmes 16 bits. Abstraction faite de la vitesse, il ne peut utiliser que des instructions 16 bits et n'a accès qu'au premier mégaoctet de mémoire, comme le processeur 8088 du premier PC. Ainsi, si un ordinateur équipé d'un Pentium 4 ou d'un Athlon et de 256 Mo de mémoire vive fonctionne sous Windows 3.x ou DOS, il n'exploite que le premier mégaoctet, laissant les 255 autres largement inutilisés.

Il fallait donc que de nouveaux systèmes d'exploitation et de nouvelles applications capables de fonctionner en mode protégé 32 bits soient élaborés. Toutefois, attaché à ses habitudes de travail, le public a longtemps résisté à toutes les tentatives visant à faire basculer son environnement de travail en 32 bits. La communauté des utilisateurs semblait hostile à tout changement et privilégiait la vitesse des vieux logiciels à l'adoption de logiciels dotés de nouvelles fonctionnalités.

Du fait de cette résistance, les systèmes d'exploitation 32 bits, tels qu'UNIX ou ses variantes (Linux, par exemple), OS/2, Windows NT/2000 ou XP/Vista, ont eu beaucoup de mal à s'imposer sur le marché du PC. Windows XP a été le premier système d'exploitation 32 bits à s'imposer, mais principalement parce que Microsoft a contraint les utilisateurs à prendre cette direction en adoptant Windows 95, 98 et Me (en fait des systèmes d'exploitation mixtes 16/32 bits). Windows 3.x a été le dernier système d'exploitation pleinement 16 bits. En fait, ce n'était pas un système d'exploitation à part entière dans la mesure où il reposait sur DOS.

Le processeur Itanium, l'Opteron d'AMD et le Xeon compatible EM64T d'Intel ajoutent des capacités natives de 64 bits au monde des serveurs, tandis que l'Athlon 64 d'AMD, le Pentium 4 compatible EM64T d'Intel et tous les processeurs Intel Pentium D et Core 2 offrent ces possibilités aux ordinateurs de bureau. Ces processeurs exécutent sans problème les logiciels 32 bits existants, mais pour tirer entièrement parti du processeur, un système d'exploitation, des pilotes et des applications 64 bits sont indispensables. Microsoft a conçu une version 64 bits de Windows XP et de Vista, et plusieurs sociétés ont mis sur le marché des logiciels 64 bits pour le travail en réseau et les stations de travail.

Mode réel virtuel IA-32

Le facteur clé de la compatibilité descendante de l'environnement 32 bits de Windows est le troisième mode de processeur : le mode *réel virtuel*. Ce mode est pour l'essentiel un environnement 16 bits qui fonctionne au sein d'un mode protégé 32 bits. Quand vous ouvrez une fenêtre d'invite DOS sous Windows, vous créez une session en mode réel virtuel. Étant donné que le mode protégé permet vraiment de travailler en multitâche, il est possible d'ouvrir simultanément plusieurs sessions en mode réel, chacune faisant fonctionner son propre logiciel sur un PC virtuel. Tous ces logiciels peuvent fonctionner en même temps, même si des applications 32 bits sont déjà actives.

Il est à souligner que, lorsqu'un programme fonctionne dans une fenêtre en mode réel virtuel, il ne peut accéder qu'à 1 Mo de mémoire, ce qu'il considère comme la seule et unique mémoire disponible sur l'ordinateur. En d'autres termes, si vous exécutez une application DOS dans une fenêtre réelle virtuelle, elle ne pourra utiliser que 640 Ko de mémoire. En effet, dans un environnement

16 bits, la quantité totale de RAM est limitée à 1 Mo et 384 Ko sont réservés aux fonctions système. La fenêtre réelle virtuelle émule complètement l'environnement d'un processeur 8088. Par conséquent, abstraction faite de la vitesse, les logiciels fonctionnent comme s'ils étaient installés sur l'un des premiers PC tournant en mode réel. Chaque ordinateur reçoit son propre espace d'adressage de 1 Mo, une image des routines de BIOS pour le matériel et une émulation de tous les autres registres et de toutes les autres fonctions que l'on trouve en mode réel.

Le mode réel virtuel est utilisé chaque fois que vous ouvrez une fenêtre DOS et chaque fois que vous exécutez un programme 16 bits conçu pour DOS ou Windows 3.x. Lorsque vous lancez une application DOS, Windows crée un ordinateur DOS virtuel sur lequel le programme peut s'exécuter.

Il est intéressant de noter que tous les processeurs Intel et compatibles (tels que ceux d'AMD et Cyrix) démarrent en mode réel. Si vous chargez un système d'exploitation 32 bits, il fera basculer automatiquement le processeur en mode 32 bits et prendra le contrôle des opérations à partir de ce stade.

Certaines applications 16 bits (DOS et Windows 3.x) n'acceptent pas du tout l'environnement 32 bits, ce qui signifie qu'elles effectuent des opérations incompatibles avec le mode réel virtuel. Les logiciels de diagnostic en sont un bon exemple. Ces programmes refusent de fonctionner correctement dans une fenêtre en mode réel (réel virtuel, en fait) sous Windows. Dans ce cas, il est toujours possible de faire basculer votre Pentium 4 en mode réel original en démarrant à partir d'une disquette DOS ou en interrompant le processus d'initialisation sous Windows 9x (hormis Me) et en obligeant l'ordinateur à démarrer en mode DOS. Sur les machines qui fonctionnent sous Windows 9x, il suffit d'appuyer sur la touche F8 quand l'ordinateur affiche le message de démarrage de Windows ou immédiatement après le bip indiquant la fin de l'autotest de mise sous tension (POST). Dans ce cas, il n'est pas inutile d'appuyer plusieurs fois sur la touche F8 car il est difficile de la presser au bon moment et Windows 9x n'attend cet appui que pendant deux secondes. Le menu de démarrage de Windows apparaît ensuite. Vous pouvez sélectionner l'une des commandes Invite MS-DOS qui indiquent à l'ordinateur de démarrer sous DOS, en mode réel 16 bits. Choisissez de préférence l'option Invite MS-DOS en mode Sans échec seulement si vous souhaitez effectuer des diagnostics sur le matériel. Les outils de diagnostic fonctionnent habituellement en mode protégé. Pour les utiliser, il est préférable qu'un minimum de pilotes et de logiciels soient chargés.

Même si Windows Me est fondé sur Windows 98, Microsoft a retiré le menu de démarrage dans le but de nous éloigner encore un peu plus du monde 16 bits. Windows NT, 2000, XP et Vista ne permettent pas non plus de basculer ainsi sur le DOS. Pour ces systèmes d'exploitation, vous devez disposer d'un disque de démarrage (CD-ROM ou disquette) que vous pourrez utiliser pour lancer votre système en mode réel. En principe, c'est ce que vous ferez pour effectuer certaines opérations de maintenance, principalement les diagnostics matériels ou l'édition directe de secteurs du disque.

Le mode réel présente une autre exception : les 64 premiers kilooctets de mémoire étendue sont accessibles depuis le PC en mode réel, bien que cela soit théoriquement impossible. Cette exception

est due en fait à un bogue de l'IBM AT original au niveau de la 21e ligne d'adresse de mémoire, appelée A20 (la ligne A0 est la première ligne d'adresse). En manipulant la ligne A20, les logiciels en mode réel peuvent accéder aux 64 Ko de la mémoire étendue – les 64 premiers kilooctets situés au-delà du premier mégaoctet. Cette zone de mémoire est appelée "mémoire HMA" (*High Memory Area*, mémoire haute).

Mode IA-32e, extension 64 bits (AMD64, x86-64, EM64T)

Ce mode est une extension 64 bits de l'architecture IA-32 conçue à l'origine par AMD, puis adoptée ensuite par Intel. Les processeurs qui intègrent une technologie d'extension 64 bits peuvent fonctionner en mode réel (8086), en mode IA-32 (protégé ou réel virtuel) ou en mode IA-32e (mode 64 bits ou mode de compatibilité). En mode IA-32e, il est possible de lancer simultanément des applications 64 bits et 32 bits. Voici les deux modes secondaires de l'IA-32e :

- **Mode 64 bits** : un système d'exploitation 64 bits a la possibilité d'exécuter des applications 64 bits.
- **Mode de compatibilité** : un système d'exploitation 64 bits a la possibilité d'exécuter la plupart de applications 32 bits existantes.

Le mode IA-32e 64 bits est activé par le chargement d'un système d'exploitation 64 bits et il est employé par des applications 64 bits. Le mode 64 bits secondaire apporte les nouvelles possibilités suivantes :

- adressage linéaire de la mémoire sur 64 bits;
- prise en charge de la mémoire physique au-delà de 4 Go (limites définies par le processeur);
- huit nouveaux registres à usage général;
- huit nouveaux registres pour les extensions SIMD (MMX, SSE, SSE2 et SSE3);
- registres généraux et pointeurs d'instruction sur 64 bits.

Le mode IE-32e de compatibilité permet aux applications 16 et 32 bits de s'exécuter dans un système d'exploitation 64 bits. Malheureusement, les programmes 16 bits anciens qui s'exécutent en mode réel virtuel (les programmes DOS) ne sont pas pris en charge et ne fonctionneront pas, ce qui sera sans doute le plus gros problème pour de nombreux utilisateurs. À l'instar du mode 64 bits, le mode de compatibilité est activé par le système d'exploitation en fonction du code. Autrement dit, il est possible d'avoir simultanément des applications 64 bits qui tournent en mode 64 bits et des applications 32 bits qui fonctionnent en mode de compatibilité.

Pour que tout cela fonctionne, un système d'exploitation 64 bits est indispensable, ainsi que des pilotes 64 bits pour prendre en charge les dispositifs matériels. Il existe trois versions de Windows 64 bits :

- Windows XP Édition 64 bits pour Itanium;
- Windows XP Professionnel Édition x64;
- Windows Vista 64 bits (dans plusieurs variantes).

La première est destinée aux processeurs IA-64, comme l'Itanium et l'Itanium 2, et existe depuis 2001. Les deux dernières sont réservées aux processeurs IA-32 intégrant les extensions 64 bits, comme l'Athlon 64, l'Opteron, certains Sempron, le Core 2, le Pentium D, le Pentium Extreme Edition et certains Xeon et Pentium 4. Elles sont aujourd'hui largement disponibles. Vous noterez que Microsoft emploie le terme *x64* pour faire référence aux processeurs compatibles avec les technologies AMD64 ou EM64T, car les extensions de l'architecture IA32 proposées par AMD et Intel sont quasiment identiques et peuvent être reconnues par une même version de Windows.

Infos

Les premiers processeurs Intel compatibles EM64T ne disposaient pas des instructions LAHF et SAHF définies dans AMD64. Cependant, les processeurs Pentium 4 et Xeon DP fondés sur les versions G1 et ultérieures du noyau les prennent totalement en charge; une mise à jour du BIOS est également indispensable. C'est également le cas des processeurs multicœurs récents.

Le Tableau 2.6 recense les limites de la mémoire physique pour les éditions 32 bits et 64 bits de Windows XP et Vista.

Tableau 2.6 : Limites de la mémoire physique sous Windows

Version de Windows	Limite mémoire (32 bits)	Limite mémoire (64 bits)
Vista Édition Intégrale	4 Go	128 Go
Vista Professionnel	4 Go	128 Go
Vista Édition Familiale Premium	4 Go	16 Go
Vista Édition Familiale Basique	4 Go	8 Go
XP Professionnel	4 Go	128 Go
XP Édition Familiale	4 Go	–

La principale différence entre les versions 32 bits et 64 bits de Windows concerne la mémoire, en particulier la limite des 4 Go imposée par les systèmes 32 bits. Ces versions reconnaissent jusqu'à 4 Go de mémoire physique, avec au plus 2 Go alloués par processus. Les versions 64 bits de Windows acceptent jusqu'à 128 Go de mémoire physique, avec au plus 4 Go alloués à chaque processus 32 bits et 8 To à chaque processus 64 bits. Lorsque la mémoire allouée à une application est plus importante, celle-ci peut précharger une plus grande quantité de données en mémoire, auxquelles le processeur peut accéder beaucoup plus rapidement.

Les applications Windows 32 bits s'exécutent sans difficulté sur les versions 64 bits, contrairement aux applications Windows ou DOS 16 bits et tout autre programme qui fonctionne en mode réel virtuel. Par ailleurs, les pilotes constituent un autre problème important. Les processus 32 bits sont incapables de charger les bibliothèques partagées (DLL, *Dynamic Link Library*) 64 bits, et *vice versa*. Autrement dit, pour que tous les périphériques connectés à votre ordinateur fonctionnent,

vous avez besoin des pilotes 32 et 64 bits. Il est parfois difficile, voire impossible, de trouver les pilotes 64 bits pour des périphériques anciens ou du matériel qui n'est plus pris en charge. Même pour les périphériques récents, deux ans sont parfois nécessaires pour que les fabricants développent en standard les pilotes 64 bits. Avant d'installer une version 64 bits de Windows, assurez-vous que les pilotes 64 bits existent pour les dispositifs matériels internes et ajoutés. N'oubliez pas que les pilotes écrits pour l'Itanium ne fonctionnent pas avec les processeurs de type x64.

Vous devez tenir compte des problèmes de taille mémoire, de logiciels et de pilotes lorsque vous envisagez de passer du 32-bits à la technologie 64 bits. Il a fallu plus de 16 ans pour passer du matériel 32 bits à l'informatique 32 bits actuelle. Le passage à l'informatique 64 bits sera certainement plus court (il a déjà commencé), mais il faudra certainement plusieurs années pour qu'elle se généralise.

Fréquences de processeur

Les utilisateurs ont souvent du mal à s'y retrouver quand on parle des différentes fréquences (ou vitesses) des processeurs. Cette section traite des fréquences de processeurs et fournit de plus amples informations sur les processeurs Intel, AMD et VIA/Cyrix.

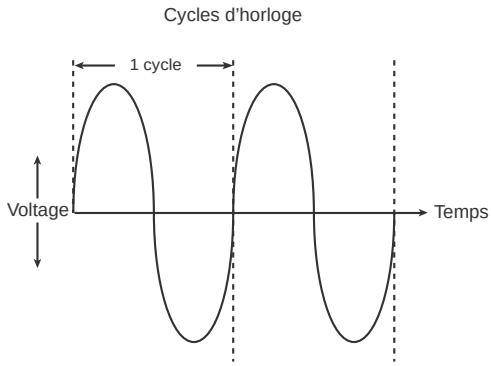
La vitesse d'horloge d'un ordinateur est mesurée sous la forme d'une fréquence, exprimée en nombre de cycles par seconde. Un oscillateur à quartz contrôle la fréquence d'horloge à l'aide d'un éclat de quartz quelquefois inséré dans ce qui ressemble à un petit boîtier en fer blanc. Les systèmes les plus récents incluent l'ensemble des circuits de l'oscillateur dans le chipset de la carte mère. Sur les nouvelles cartes, l'oscillateur devient donc un composant invisible. Lorsqu'une tension est appliquée au quartz, il commence à vibrer (osciller) à une fréquence régulière conditionnée par la forme et la taille du cristal (éclat). Les oscillations issues du cristal se présentent sous la forme d'un courant qui alterne à la fréquence harmonique du cristal. Ce courant alternatif constitue le signal d'horloge, sur lequel est fondé le fonctionnement de l'ordinateur. Un processeur informatique type effectue des millions ou des milliards de cycles par seconde. La vitesse (ou fréquence) d'un processeur se mesure donc en mégahertz (MHz) ou gigahertz (GHz). Un hertz correspond à un cycle par seconde. Un courant alternatif peut être comparé à une oscillation sinusoïdale, la durée entre les pics déterminant la fréquence de chaque onde (voir Figure 2.1).

Infos

Cette unité de mesure tient son nom du physicien allemand Heinrich Rudolph Hertz. En 1885, ce scientifique a confirmé la théorie électromagnétique selon laquelle la lumière est une forme de radiation électromagnétique qui se propage sous forme d'ondes.

Le cycle est la plus petite unité de temps au niveau du processeur. Chaque opération nécessite au minimum un cycle, et souvent plusieurs. À titre d'exemple, pour transférer des données en provenance et à destination de la mémoire, un processeur moderne tel qu'un Pentium 4 a besoin d'au moins trois cycles pour mettre en place le premier transfert de mémoire, puis d'un seul cycle supplémentaire pour les trois à six transferts suivants. Les cycles supplémentaires qui ont lieu lors du premier transfert sont généralement appelés "états d'attente". Un état d'attente est un cycle d'horloge

Figure 2.1
Signal de courant alternatif montrant la synchronisation des cycles de l'horloge.



au cours duquel aucune activité n'est produite et qui permet de réguler la vitesse du processeur pour que celui-ci n'avance pas trop vite par rapport aux autres composants de l'ordinateur.

✔ Voir la section "SIMM, DIMM et RIMM", p. 357.

Le temps nécessaire à l'exécution des instructions est variable :

- **8086 et 8088** : les processeurs 8086 et 8088 originels exigeaient en moyenne 12 cycles pour exécuter une seule instruction.
- **286 et 386** : les processeurs 286 et 386 ont amélioré ce fonctionnement en demandant environ quatre cycles et demi par instruction.
- **486** : le 486 et les autres processeurs de quatrième génération compatibles Intel, comme le 5x86 d'AMD, ont abaissé cette moyenne à environ deux cycles par instruction.
- **Familles Pentium et K6** : l'architecture du Pentium et des autres processeurs de cinquième génération compatibles Intel, tels que ceux d'AMD et de Cyrix, comprend un double pipeline d'instructions ainsi que d'autres améliorations qui permettent d'exécuter une à deux instructions par cycle.
- **Pentium Pro jusqu'au Core 2 et Athlon jusqu'à l'Athlon X2** : ces processeurs de la classe P6 et P7 (sixième et septième générations) peuvent exécuter trois instructions, voire davantage, par cycle, avec un facteur multiplicatif sur les processeurs multicœurs.

Compte tenu de ces différences de temps d'exécution (exprimé en cycles), il est malvenu de comparer les performances de deux processeurs sur la seule fréquence d'horloge, ou sur le nombre de cycles qu'ils effectuent par seconde. Comment deux processeurs cadencés à la même fréquence d'horloge peuvent-ils avoir des performances différentes, l'un étant plus rapide que l'autre ? La réponse est simple : ils n'ont pas tous les deux la même efficacité.

L'une des raisons qui expliquent qu'un 486 soit considéré comme étant si rapide, comparé à un 386, est qu'il exécute deux fois plus d'instructions en un même nombre de cycles. Il en est de même du

Pentium : il exécute environ deux fois plus d'instructions qu'un 486 en un même nombre de cycles. Ainsi, étant donné une fréquence d'horloge identique, un Pentium sera deux fois plus rapide qu'un 486, et, par voie de conséquence, un processeur de la classe 486 cadencé à 133 MHz (tel que le processeur 5x86-133 d'AMD) n'est même pas plus rapide qu'un Pentium cadencé à 75 MHz ! Pour les Pentium, en effet, un même nombre de mégahertz "équivaut" à deux fois plus d'instructions traitées par cycle que pour un 486. Les Pentium II et III sont environ 50 % plus rapides qu'un Pentium équivalent cadencé à la même fréquence, car ils peuvent exécuter 50 % d'instructions de plus en un même nombre de cycles.

Malheureusement, après le Pentium III, il devient beaucoup plus difficile de comparer des processeurs uniquement d'après leur fréquence. En effet, l'architecture interne de certains processeurs leur permet d'être beaucoup plus efficaces que d'autres, mais cette électronique leur permet également de fonctionner à des vitesses maximales différentes. Moins l'électronique est efficace, plus la vitesse d'horloge atteignable est élevée, et *vice versa*.

Il peut être délicat d'évaluer les performances d'un processeur. Dès lors que l'architecture interne de deux processeurs diffère, ils ne fonctionnent pas de la même manière et peuvent être relativement plus rapides pour certaines opérations, et plus lents pour d'autres. Pour opérer une vraie comparaison entre des processeurs cadencés à des fréquences d'horloge différentes, Intel a mis au point une série de tests nommés indice iCOMP (*Intel Comparative Microprocessor Performance*) permettant d'établir pour chaque processeur un indice de performances relatif. Cette série de tests a été mise à jour deux fois : la version iCOMP 3.0 a succédé à la version iCOMP 2.0.

Le Tableau 2.7 présente l'indice de performances relatif, ou indice iCOMP 2.0, d'un certain nombre de processeurs Intel.

Infos

Il s'agit là des indices iCOMP plus récents. Intel utilise d'autres tests de performances pour les Pentium 4 et leurs successeurs.

L'indice iCOMP 2.0 est calculé à partir d'un certain nombre de logiciels de test des performances indépendants. Il constitue un indicateur stable des performances relatives d'un ordinateur. Les tests de performances portent sur l'efficacité du processeur pour les opérations sur les entiers et sur les opérations en virgule flottante, ainsi que pour les traitements multimédias.

Suite au développement du Pentium III, Intel a abandonné l'indice iCOMP 2.0 au profit de l'indice iCOMP 3.0. Ce dernier est une mise à jour qui prend en compte la progression des logiciels et de la technologie 3D, multimédia et Internet. Il prend également en considération le flux de données de plus en plus important et les applications à fort pourcentage de calculs, sans oublier la technologie Internet, multimédia et 3D. iCOMP 3.0 réunit six tests : WinTune 98 Advanced CPU Integer test, CPUmark 99, 3D WinBench 99-3D Lighting and Transformation Test, MultimediaMark 99, Jmark 2.0 Processor Test et WinBench 99-FPU WinMark. Ces nouveaux tests tirent profit des instructions SSE (*Streaming SIMD Extensions*), des graphiques et des instructions audio supplémentaires intégrés dans le PIII. Sans cela, lorsque la fréquence d'horloge est identique, le PIII afficherait des performances équivalentes au PII à la même fréquence.

Tableau 2.7 : Indice iCOMP 2.0 de différents processeurs Intel

Processeur	Indice iCOMP 2.0	Processeur	Indice iCOMP 2.0
Pentium 75	67	Pentium Pro 200	220
Pentium 100	90	Celeron 300	226
Pentium 120	100	Pentium II 233	267
Pentium 133	111	Celeron 300A	296
Pentium 150	114	Pentium II 266	303
Pentium 166	127	Celeron 333	318
Pentium 200	142	Pentium II 300	332
Pentium-MMX 166	160	Pentium II Overdrive 300	351
Pentium Pro 150	168	Pentium II 333	366
Pentium-MMX 200	182	Pentium II 350	386
Pentium Pro 180	197	Pentium II Overdrive 333	387
Pentium-MMX 233	203	Pentium II 400	440
Celeron 266	213	Pentium II 450	483

Le Tableau 2.8 établit un classement de l'indice iCOMP 3.0 pour les processeurs Pentium II et III.

Tableau 2.8 : Indice iCOMP 3.0 des processeurs Intel Pentium II et III

Processeur	Indice iCOMP 3.0	Processeur	Indice iCOMP 3.0
Pentium II 350 MHz	1000	Pentium III 650 MHz	2270
Pentium II 450 MHz	1240	Pentium III 700 MHz	2420
Pentium III 450 MHz	1500	Pentium III 750 MHz	2540
Pentium III 500 MHz	1650	Pentium III 800 MHz	2690
Pentium III 550 MHz	1780	Pentium III 866 MHz	2890
Pentium III 600 MHz	1930	Pentium III 1000 MHz	3280
Pentium III 600E MHz	2110		

À l'heure actuelle, Intel et AMD testent leurs derniers processeurs à l'aide d'un ensemble d'outils commerciaux : BAPCo SYSmark 2002 Benchmark Suite. Les évaluations des différents processeurs basées sur les versions 2002 et 2004 de ces outils sont données aux Tableaux 2.9 et 2.10. Le Tableau 2.11 présente les résultats des tests effectués avec SYSmark 2004 SE.

Tableau 2.9 : Résultats des tests SYSmark 2002 pour différents processeurs

Processeur	Horloge	Indice SYSmark 2002	Processeur	Horloge	Indice SYSmark 2002
Pentium 4 Extreme Edition	3,2 GHz	362	AMD Athlon XP	1,72 GHz	195
Pentium 4	3,2 GHz	344	Pentium 4	1,9 GHz	192
Pentium 4	3,0 GHz	328	Pentium 4	1,8 GHz	187
Pentium 4	3,06 GHz	324	Pentium 4	1,7 GHz	178
Pentium 4	2,8 GHz	312	Pentium 4	1,6 GHz	171
Pentium 4	2,6 GHz	295	AMD Athlon XP	1,67 GHz	171
Pentium 4	2,67 GHz	285	Pentium 4	1,5 GHz	162
Pentium 4	2,53 GHz	273	AMD Athlon XP	1,53 GHz	149
Pentium 4	2,4 GHz	264	Pentium III	1,2 GHz	108
Pentium 4	2,26 GHz	252	Pentium III	1,3 GHz	104
Pentium 4	2,2 GHz	238	Pentium III	1,13 GHz	100
Pentium 4	2,0 GHz	222	Pentium III	1,0 GHz	92

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
Intel Core 2 Quad Extreme QX6700	2,66 GHz/8 Mo/1066	413
Intel Core 2 Duo 6600	2,4 GH /4 Mo/1066	335
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	305
AMD Athlon 64 FX-60	2,6 GHz/2 × 1 Mo/1000	302
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	292
AMD Athlon 64 X2 4800+	2,4 GHz/1 Mo/1000	284
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,4 GHz/512 Ko/1000	281
Intel Pentium EE 955	3,46 GHz/2 × 2 Mo/1066	279
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	275
AMD Athlon 64 X2 4400+	2,2 GHz/1 Mo/1000	266
Intel Pentium EE 955	3,46 GHz/2 × 2 Mo/1066	264
Intel Pentium D 950	3,40 GHz/2x × 2 Mo/800	263
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,2 GHz/512 Ko/1000	263
Intel Pentium EE 955	3,46 GHz/2 × 2 Mo/1066	261
Pentium 4 570J	3,8 GHz/1 Mo/800	245
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,0 GHz/512 Ko/1000	242
Intel Pentium 4 570J	3,8 GHz/1 Mo/800	239

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
Intel Pentium 4 EE 3,73 GHz	3,73 GHz/2 Mo/1066	239
Intel Pentium EE 840	3,20 GHz/2 × 1 Mo/800	238
AMD Athlon 64 FX-55	2,6 GHz/1 Mo/1000	238
Intel Pentium 4 EE 3,73 GHz	3,73 GHz/2 Mo/1066	236
Intel Pentium D 840	3,20 GHz/2 × 1 Mo/800	232
Intel Pentium D 840	3,2 GHz/2 × 1 Mo/800	232
Intel Pentium EE 840	3,2 GHz/2 × 1 Mo/800	232
Intel Core Duo T2600	2,16 GHz/2 Mo/667	231
Intel Pentium 4 EE 3,73 GHz	3,73 GHz/2 Mo/1066	231
Pentium 4 EE 3,73 GHz	3,73 GHz/2 Mo/1066	230
Intel Pentium 4 560	3,6 GHz/1 Mo/800	229
Intel Pentium 4 560	3,6 GHz/1 Mo/800	226
Intel Pentium 4EE	3,4 GHz/2 Mo/800	225
Intel Pentium 4 EE	3,4 GHz/512 Ko + 2 Mo L3/800	225
Intel Pentium 4 570J	3,8 GHz/1 Mo/800	224
AMD Athlon 64 FX-55	2,6 GHz/1 Mo/1000	224
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz/2 × 512 Ko/1000	223
AMD Athlon 64 4000+	2,4 GHz/1 Mo/1000	222
Intel Pentium 4 EE	3,4 GHz/2 Mo/800	222
Pentium 4 660	3,6 GHz/2 Mo/800	220
AMD Athlon 64 FX-53	2,4 GHz/1 Mo/1000	219
Intel Pentium 4E	3,4 GHz/1 Mo/800	218
Intel Pentium 4 550	3,4 GHz/1 Mo/800	216
AMD Athlon 64 FX-53	2,4 GHz/1 Mo/1000	216
Intel Pentium 4 EE	3,2 GHz/512 Ko/2 Mo L3/800	215
Intel Pentium D 925	3,00 GHz/2 × 2 Mo/800	214
AMD Athlon 64 3800+	2,4 GHz/512 Ko/1000	214
AMD Athlon FX-53	2,4 GHz/1 Mo/1000	213
AMD Athlon 64 4000+	2,4 GHz/1 Mo/1000	213
AMD Athlon 64 3700+	2,4 GHz/1 Mo/1000	212
Intel Pentium 4C	3,4 GHz/512 Ko/800	212

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
Intel Pentium 4	3,4 GHz/512 Ko/800	212
Intel Pentium D 820	2,80 GHz/2 × 1 Mo/800	211
Intel Pentium 4 EE	3,4 GHz/512 Ko+2 Mo L3/800	207
Intel Pentium 4 540	3,2 GHz/1 Mo/800	207
AMD Athlon 64 3400+	2,4 GHz/512 Ko/1000	207
Athlon 64 4000+	2,40 GHz/1 Mo/1000	205
AMD Athlon 64 3500+	2,2 GHz/512 Ko/1000	205
Intel Pentium 4	3,4 GHz/512 Ko/800	204
AMD Athlon 64	2,4 GHz/1 Mo/1000	204
Intel Pentium 4 640	3,2 GHz/2 Mo/800	204
Intel Pentium 4E	3,2 GHz/512 Ko/800	204
Intel Pentium 4	3,2 GHz/512 Ko/800	203
Intel Pentium 4 560	3,6 GHz/1 Mo/800	203
Intel Pentium 4E	3,4 GHz/1 Mo/800	203
AMD Athlon 64 FX-51	2,2 GHz/1 Mo/1000	200
Intel Pentium 4C	3,4 GHz/512 Ko/800	198
Intel Pentium D 805	2,66 GHz/2 × 1 Mo/533	196
Athlon 64 3700+	2,20 GHz/1 Mo/1000	196
Intel Pentium D 805	2,66 GHz/2 × 1 Mo/533	196
AMD Athlon 64 3400+	2,2 GHz/1 Mo/1000	195
AMD Athlon 64 3200+	2,2 GHz/512 Ko/1000	194
Intel Pentium 4E	3,20 GHz/1 Mo/800	194
Intel Core Duo T2300	1,66 GHz/2 Mo/667	193
Intel Pentium 4	3,0 GHz/512 Ko/800	193
Intel Pentium 4	3,4 GHz/512 Ko/800	193
Intel Pentium 4	3,2 GHz/512 Ko/800	192
Intel Pentium 4 540	3,20 GHz/1 Mo/800	192
Intel Pentium 4E	3,0 GHz/512 Ko/800	192
Intel Pentium 4 630	3,00 GHz/2 Mo/800	190
Intel Pentium 4	3,20 GHz/512 Ko/800	189
Athlon 64 3500+	2,20 GHz/512 Ko/1000	188
AMD Athlon 64 3500+	2,20 GHz/512 Ko/1000	188
Intel Pentium 4 530	3,0 GHz/1 Mo/800	188

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
Intel Pentium 4	3,0 GHz/512 Ko/800	187
Intel Pentium 4	3,2 GHz/512 Ko/800	186
AMD Athlon 64	2,2 GHz/512 Ko/1000	185
AMD Athlon 64 3400+	2,2 GHz/1 Mo/1000	185
Intel Pentium 4 530	3,00 GHz/1 Mo/800	184
Intel Pentium 4E	2,8 GHz/512 Ko/800	182
Intel Pentium 4 540	3,2 GHz/1 Mo/800	182
Intel Pentium 4	2,8 GHz/512 Ko/800	181
Intel Pentium 4 517	2,93 GHz/1 Mo/533	180
AMD Athlon 64 3200+	2,0 GHz/1 Mo/1000	180
AMD Athlon 64 3000+	2,0 GHz/512 Ko/1000	178
Intel Pentium 4	3,0 GHz/512 Ko/800	177
Athlon 64 3200+	2,00 GHz/512 Ko/1000	176
Intel Pentium 4 520	2,80 GHz/1 Mo/800	175
Intel Pentium 4C	2,80 GHz/512 Ko/800	174
Intel Pentium 4E	2,8 GHz/1 Mo/800	173
AMD Athlon 64 3200+	2,0 GHz/1 Mo/1000	173
Intel Pentium 4	2,8 GHz/512 Ko/800	168
AMD Athlon 64 3000+	2,0 GHz/512 Ko/1000	168
Intel Pentium 4 520	2,8 GHz/1 Mo/800	167
AMD Athlon 64 2800+	1,8 GHz/512 Ko/1000	164
AMD Athlon XP 3200+	2,2 GHz/512 Ko/400	163
Sempron 3400+	2,00 GHz/256 Ko/800	161
Sempron 3300+	2,00 GHz/128 Ko/800	157
AMD Sempron 3100+	1,8 GHz/256 Ko/1000	154
Intel Pentium 4C	2,4 GHz/512 Ko/800	153
Intel Pentium 4 515	2,93 GHz/1 Mo/800	152
AMD Sempron 3100+	1,8 GHz/256 Ko/1000	152
AMD Athlon XP 2800+	2,25 GHz/256 Ko/166	151
Intel Celeron D 346	3,06 GHz/256 Ko/533	151
Sempron 3100+	1,80 GHz/256 Ko/800	149

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
Intel Pentium 4 520	2,8 GHz/1 Mo/800	149
AMD Athlon XP 2700+	2,18 GHz/256 Ko/166	148
Intel Pentium 4	2,4 GHz/512 Ko/800	148
Intel Celeron D 341	2,93 GHz/256 Ko/533	146
Sempron 3000+	1,80 GHz/128 Ko/800	145
Intel Pentium 4B	2,80 GHz/512 Ko/533	144
AMD Athlon XP 2600+	2,08 GHz/256 Ko/166	144
Intel Celeron D 336	2,80 GHz/256 Ko/533	143
Intel Pentium M 730	1,60 GHz/2 Mo/533	139
Intel Celeron D 335	2,8 GHz/256 Ko/533	139
Sempron 2800+	1,60 GHz/256 Ko/800	137
AMD Sempron 3100+	1,8 GHz/256 Ko/1000	137
AMD Sempron 3000+	2,0 GHz/512 Ko/333	137
AMD Sempron 2800+	2,0 GHz/256 Ko/333	136
Intel Celeron D 331	2,66 GHz/256 Ko/533	135
AMD Athlon 64	2,2 GHz/512 Ko/1000	135
Intel Celeron D 335	2,8 GHz/256 Ko/533	135
AMD Athlon XP 2400+	2,00 GHz/256 Ko/133	133
Intel Celeron D 326	2,53 GHz/256 Ko/533	133
Sempron 2600+	1,60 GHz/128 Ko/800	133
Intel Celeron D 340	2,93 GHz/256 Ko/533	133
AMD Sempron 2800+	2,0 GHz/256 Ko/333	132
Intel Celeron D 330	2,66 GHz/256 Ko/533	131
Intel Pentium 4B	2,4 GHz/512 Ko/533	130
Intel Celeron D 330	2,67 GHz/256 Ko/533	127
Intel Celeron D 340	2,93 GHz/256 Ko/533	126
Intel Pentium 4	2,8 GHz/512 Ko/800	125
AMD Sempron 2600+	1,833 GHz/256 Ko/333	124
Sempron 2500+	1,40 GHz/256 Ko/800	123
Intel Celeron D 320	2,4 GHz/256 Ko/533	119
Intel Celeron	2,8 GHz/128 Ko/400	117
AMD Sempron 2400+	1,667 GHz/256 Ko/333	117
Intel Celeron	2,7 GHz/128 Ko/400	115

Tableau 2.10 : Résultats des tests SYSmark 2004 pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004
AMD Athlon XP 3200+	2,2 GHz/512 Ko/400	115
AMD Sempron 2300+	1,583 GHz/256 Ko/333	113
AMD Athlon XP 3000+	2,1 GHz/512 Ko/400	112
AMD Athlon XP 2900+	2,0 GHz/512 Ko/400	111
AMD Athlon XP 1800+	1,53 GHz/256 Ko/133	111
Intel Celeron	2,5 GHz/128 Ko/400	110
Pentium-M	1,6 GHz/1 Mo/400	109
Intel Celeron	2,4 GHz/128 Ko/400	104
Intel Pentium 4	2 GHz/512 Ko/400	104
Intel Pentium 4	2,0 GHz/512 Ko/400	103
Intel Pentium 4 2,0 GHz	2,0 GHz/512 Ko/400	98
Intel Pentium 4	2,4 GHz/512 Ko/800	97
Intel Celeron M	1,3 GHz/512 Ko/400	93
Intel Celeron C	2 GHz/128 Ko/400	84
Intel Pentium III	1 GHz/256 Ko/133	64
Intel Pentium III	1 GHz/256 Ko/133	61

Tableau 2.11 : Indice SYSmark 2004 SE pour différents processeurs

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004 SE
Intel Core 2 Quad Extreme QX6700	2,66 GHz/8 Mo/1066	440
Intel Core 2 Extreme QX6700	2,66 GHz/8 Mo/1066	421
Intel Core 2 Extreme X6800	2,93 GHz/4 Mo/1066	418
Intel Core 2 Extreme X6800	2,93 GHz/4 Mo/1066	408
Intel Core 2 Extreme E6800	2,93 GHz/4 Mo/1066	404
Intel Core 2 Extreme X6800	2,93 GHz/4 Mo/1066	398
Intel Core 2 Extreme QX6700	2,66 GHz/8 Mo/1066	389
Intel Core 2 Duo E6700	2,66 GHz/4 Mo/1066	378
Intel Core 2 Duo E6700	2,66 GHz/4 Mo/1066	333
AMD Athlon 64 FX-62	2,80 GHz/2 × 1 Mo/1000	324
AMD Athlon 64 FX-62	2,8 GHz/2 × 1 Mo/1000	312
AMD Athlon 64 FX-62	2,80 GHz/2 × 1 Mo/1000	309

Tableau 2.11 : Indice SYSmark 2004 SE pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004 SE
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	305
AMD Athlon FX-60	2,6 GHz/2 × 1 Mo/1000	297
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	292
AMD Athlon 64 X2 5000+	2,6 GHz/2 × 512 Ko/1000	290
AMD Athlon 64 X2 5000+	2,60 GHz/2 × 512 Ko/1000	281
Intel Core 2 Duo E6300	1,86 GHz/2 Mo/1066	280
AMD Athlon 64 X2 4800+	2,4 GHz/2 × 1 Mo/1000	280
Intel Pentium EE 955	3,46 GHz/2 × 2 Mo/1066	279
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	279
Intel Core 2 Duo T7600	2,33 GHz/4 Mo/667	275
Intel Pentium EE 965	3,73 GHz/2 × 2 Mo/1066	275
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,4 GHz/2 × 512 Ko/1000	275
AMD Athlon 64 X2 4600+	2,4 GHz/2 × 512 Ko/1000	273
Intel Core 2 Duo E6300	1,86 GHz/2 Mo/1066	259
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,2 GHz/2 × 512 Ko/1000	256
Intel Pentium D 960	3,60 GHz/2 × 2 Mo/800	254
AMD Athlon 64 X2 4200+	2,20 GHz/2 × 512 Ko/1000	250
Intel Pentium D 945	3,4 GHz/2 × 2 Mo/800	246
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,0 GHz/2 × 512 Ko/1000	245
AMD Athlon 64 X2 3800+	2,0 GHz/2 × 512 Ko/1000	239
Intel Pentium D 960	3,60 GHz/2 × 2 Mo/800	234
Intel Pentium 4 670	3,80 GHz/2 Mo/800	234
Intel Pentium D 930	3,00 GHz/2 × 2 Mo/800	223
Intel Pentium 4 661	3,6 GHz/2 Mo/800	220
AMD Athlon 64 3800+	2,4 GHz/512 Ko/1000	217
Intel Core 2 Duo T5500	1,66 GHz/4 Mo/667	204
AMD Athlon 64 3500+	2,2 GHz/512 Ko/1000	201
Athlon 64 3700+	2,20 GHz/1 Mo/1000	196
Intel Pentium D 805	2,66 GHz/2 × 1 Mo/533	196
Intel Core Duo T2300	1,66 GHz/2 Mo/667	193
Intel Pentium 4 540	3,20 GHz/1 Mo/800	192
Intel Pentium 4 630	3,00 GHz/2 Mo/800	190
Intel Pentium 4 631	3,00 GHz/2 Mo/800	189

Tableau 2.11 : Indice SYSmark 2004 SE pour différents processeurs (*suite*)

Processeur	Horloge/Cache/FSB	Indice SYSmark 2004 SE
Athlon 64 3500+	2,20 GHz/512 Ko/1000	188
AMD Athlon 64 3500+	2,20 GHz/512 KB	188
Intel Pentium 4 530	3,0 GHz/1 Mo/800	188
Intel Core Duo T2300	1,66 GHz/4 Mo/667	187
Intel Pentium 4 530	3,00 GHz/1 Mo/800	184
Intel Pentium 4 631	3,0 GHz/2 Mo/800	182
Intel Pentium 4 517	2,93 GHz/1 Mo/533	180
Athlon 64 3200+	2,00 GHz/512 Ko/1000	176
Intel Pentium 4 520	2,80 GHz/1 Mo/800	175
AMD Turion X2 TL-52	1,60 GHz/2 × 512 Ko/1000	171
AMD Turion X2 TL-50	1,60 GHz/2 × 256 Ko/1000	169
AMD Sempron 3600+	2,0 GHz/256 Ko/1000	163
AMD Sempron 3500+	2,0 GHz/128 Ko/1000	162
Sempron 3400+	2,00 GHz/256 Ko/800	161
Sempron 3300+	2,00 GHz/128 Ko/800	157
Intel Celeron D 346	3,06 GHz/256 Ko/533	151
Sempron 3100+	1,80 GHz/256 Ko/800	149
AMD Sempron 3400+	1,8 GHz/256 Ko/1000	148
AMD Sempron 3200+	1,8 GHz/128 Ko/1000	147
Intel Celeron D 341	2,93 GHz/256 Ko/533	146
Sempron 3000+	1,80 GHz/128 Ko/800	145
Intel Celeron D 336	2,80 GHz/256 Ko/533	143
AMD Sempron 3000+	1,6 GHz/256 Ko/1000	141
Intel Pentium M 730	1,60 GHz/2 Mo/533	139
Sempron 2800+	1,60 GHz/256 Ko/800	137
Intel Celeron D 331	2,66 GHz/256 Ko/533	135
Intel Celeron D 326	2,53 GHz/256 Ko/533	133
Sempron 2600+	1,60 GHz/128 Ko/800	133
Intel Celeron D 340	2,93 GHz/256 Ko/533	133
Sempron 2500+	1,40 GHz/256 Ko/800	123

SYSmark 2002, 2004 et 2004 SE sont des applications commerciales de test qui reflètent l'usage normal des utilisateurs professionnels recourant aux applications Microsoft Office et aux applications de création de contenus Internet. Cependant, il est important de signaler que les scores donnés ici sont obtenus sur des systèmes complets et qu'ils sont donc affectés par les différents composants de l'ordinateur, comme la version précise du processeur, la carte mère et son chipset, la quantité et le type de la mémoire et la rapidité du disque dur.

SYSmark 2002 intègre les applications suivantes auxquelles elle fait appel dans le cadre de ses tests :

- génération de contenu Internet : Adobe Photoshop 6.01, Premiere 6.0, Microsoft Windows Media Encoder 7.1, Macromedia Dreamweaver 4 et Flash 5;
- productivité bureautique : Microsoft Word 2002, Excel 2002, PowerPoint 2002, Outlook 2002, Access 2002, Netscape Communicator 6.0, Dragon NaturallySpeaking Preferred v.5, WinZip 8.0 et McAfee VirusScan 5.13.

Les tests effectués par SYSmark 2004 se fondent sur les applications suivantes :

- génération de contenu Internet : Adobe After Effects 5.5, Adobe Photoshop 7.01, Adobe Premiere 6.5, Discreet 3ds max 5.1, Macromedia Dreamweaver MX, Macromedia Flash MX, Microsoft Windows Media Encoder 9 Series, Network Associates McAfee VirusScan 7.0 et WinZip Computing WinZip 8.1;
- productivité bureautique : Adobe Acrobat 5.0.5, Microsoft Access 2002, Microsoft Excel 2002, Microsoft Internet Explorer 6, Microsoft Outlook 2002, Microsoft PowerPoint 2002, Microsoft Word 2002, Network Associates McAfee VirusScan 7.0, ScanSoft Dragon Naturally Speaking 6 Preferred et WinZip Computing WinZip 8.1.

SYSmark 2004 SE est sorti en juin 2005 et prend en charge Windows XP Professionnel x64. SYSmark 2004 SE s'appuie sur les mêmes applications que SYSmark 2004, mais son fonctionnement est plus proche de l'utilisation type des applications. SYSmark 2007 constitue la version la plus récente de ces outils. Outre Windows XP, elle prend également en charge Windows Vista. Une version préliminaire de SYSmark 2007 a été présentée en avril 2007.

SYSmark exécute divers scripts pour utiliser ces applications dans des conditions aussi réelles que possible. Plusieurs sociétés font appel à SYSmark pour tester et comparer les systèmes et les composants PC. Ce produit est nettement plus moderne et efficace que les tests iCOMP utilisés précédemment par Intel. De plus, comme il est accessible à tout le monde, les résultats peuvent être vérifiés sans problème. Les logiciels de test SYSmark peuvent être achetés auprès de BAPCo, à l'adresse **www.bapco.com**, ou de FutureMark, à l'adresse **www.futuremark.com**.

Fréquences de processeur et fréquences de carte mère

Il existe un autre paramètre souvent source de confusion pour ceux qui cherchent à évaluer les performances des processeurs : depuis le 486DX2, tous les processeurs modernes fonctionnent à une fréquence qui est un multiple de celle de la carte mère. Ainsi, un Pentium 4 à 2,53 GHz fonctionne

à une vitesse de 4,75 fois la fréquence de carte mère de 533 MHz, tandis que l'AMD Athlon XP 2800+ basé sur le cœur Barton (2,083 GHz) affiche un coefficient de 6,25 par rapport à la fréquence de la carte mère de 333 MHz.

Jusqu'au début de l'année 1998, la plupart des cartes mères fonctionnaient à 66 MHz ou moins. Ensuite, Intel a lancé des processeurs et des chipsets conçus pour des cartes mères cadencées à 100 MHz. Fin 1999, une nouvelle étape a été franchie avec la création de cartes mères cadencées à 133 MHz pour la prise en charge des Pentium III. On vit alors apparaître les cartes mères et chipsets Athlon d'AMD en 100 MHz, mais avec une technique de double transfert pour arriver à une fréquence effective de 200 MHz entre le processeur Athlon et le chipset principal North Bridge.

✔ Voir le Chapitre 3 pour plus de détails sur les vitesses de chipset et de bus.

En 2000 et 2001, les fréquences de bus de processeur sont passées à 266 MHz pour l'Athlon et l'Itanium Intel, et de 400 à 533 MHz pour le Pentium 4. En 2002, l'Athlon XP d'AMD a commencé à prendre en charge une fréquence de bus de processeur à 333 MHz. En 2003, Intel a sorti les premiers processeurs Pentium 4 qui acceptaient une fréquence de 800 MHz ; à la fin de cette année-là, Intel a même présenté le Pentium 4 Extreme Edition avec une fréquence de bus de processeur à 1066 MHz. Aujourd'hui, les processeurs AMD basés sur le bus HyperTransport fonctionnent à 1000 MHz et les processeurs Intel ont des fréquences de bus de 1333 MHz.

Numérotation des processeurs Intel

Beaucoup de personnes établissent un parallèle entre la fréquence d'horloge et le processeur, et Intel a de tout temps utilisé la fréquence d'horloge brute de ses processeurs pour les identifier. Cela a conduit nombre d'utilisateurs à penser que les processeurs les plus rapides donnent les systèmes les plus performants, même si cela n'a pas toujours été le cas. Les architectures des processeurs ont un effet décisif sur les performances des processeurs et il est tout à fait possible qu'un processeur de fréquence plus faible soit capable de traiter tout aussi bien, voire mieux, des programmes réels. Malheureusement, ce message est difficile à faire passer lorsque la principale caractéristique mise en avant pour promouvoir un processeur est la seule fréquence d'horloge.

AMD a longtemps assuré la promotion de ses modules sur la base de numéros qui, dans ce cas de figure, font référence à la vitesse, même si le lien n'est pas forcément direct. En 2004, Intel a décidé de suivre la même voie, mais son système de numérotation est sensiblement différent de celui d'AMD. Alors que ce dernier utilise des nombres correspondant à une équivalence avec le Pentium 4, Intel a choisi un système de numérotation du type "BMW", avec les modèles 9XX et 8XX haut de gamme, les modèles 7XX pour ses processeurs mobiles, 6XX pour les Pentium 4 haut de gamme, 5XX pour les Pentium 4 grand public et mobile, et 4XX et 3XX pour les modèles d'entrée de gamme.

Lors de la création du numéro spécifique à un module, Intel prend en compte non seulement la fréquence d'horloge brute, mais aussi son architecture interne, la taille des caches, les vitesses de bus

et d'autres facteurs. En général, plus le numéro est élevé, plus le processeur offre de fonctions. Par ailleurs, dans chaque série, les numéros les plus élevés correspondent aux modèles les plus rapides.

Les numéros de modèle ne reflètent pas précisément une comparaison de vitesse, surtout entre deux modules de séries différentes. À titre d'exemple, si nous revenons à l'analogie avec les véhicules BMW, certaines voitures de la série 3 sont plus rapides que des modèles de la série 5 et certaines voitures de la série 5 sont plus rapides que des modèles de la série 7. Néanmoins, dans une même série, plus le numéro est grand et plus l'équipement du véhicule est complet. Bien que n'étant pas le module le plus puissant, le processeur mobile Pentium M est considéré par Intel comme un modèle de milieu de gamme alors que le Celeron fait partie des processeurs d'entrée de gamme. Au sein de chaque série, la numérotation donne une indication de vitesse, un Pentium 4 660 étant par exemple plus rapide qu'un Pentium 4 650.

On ne peut dire qu'une chose : n'achetez pas un processeur Intel ou AMD sans connaître sa véritable fréquence d'horloge, les tailles de cache et toutes les autres fonctionnalités du module. Le numéro du processeur n'est pas suffisant pour obtenir toutes ces informations et n'a d'utilité que pour des comparaisons.

Performances des processeurs Cyrix

Les processeurs Cyrix/IBM/Via 6x86, conçus pour concurrencer les processeurs Pentium et les premiers Pentium II d'Intel, ainsi que les familles K5 et K6 d'AMD, utilisent une échelle PR (*Performance Rating*, évaluation des performances), et non la véritable fréquence d'horloge exprimée en mégahertz. Par exemple, le modèle Cyrix 6x86MX/MII-PR366 fonctionne en réalité à 250 MHz (2,5 × 100 MHz). Ce système tend à induire l'utilisateur en erreur – il faut configurer la carte mère comme si un processeur cadencé à 250 MHz (et non à 366 MHz comme on pourrait le croire) était installé. Malheureusement, cela conduit l'utilisateur à penser que ces systèmes sont plus rapides que ce n'est le cas en réalité.

Notez que les chiffres fournis pour l'évaluation des performances peuvent refléter diverses fréquences de processeur. À titre d'exemple, un Cyrix 6x86MX-PR200 peut en réalité fonctionner à 150 MHz, 165 MHz, 166 MHz ou 180 MHz, mais pas à 200 MHz.

Les chiffres de l'échelle PR étaient censés comparer la fréquence à celle d'un processeur Intel Pentium, mais le processeur qui a été choisi à cette fin est le processeur non MMX original équipé d'une petite mémoire cache de niveau 1 s'exécutant sur une plate-forme de carte mère plus ancienne, avec un chipset moins récent et une technologie de mémoire plus lente. La comparaison avec les processeurs Celeron, Pentium II ou Pentium III n'était pas fiable. En d'autres termes, le MII-PR366 s'exécutait, en réalité, à seulement 250 MHz et aurait dû être comparé aux processeurs Pentium dont la fréquence se rapproche de celle-ci. On peut dire que référencer une puce MII-366 alors qu'elle ne s'exécute qu'à 250 MHz est pour le moins trompeur.

Performances des processeurs AMD

Les processeurs Athlon XP d'AMD donnent des résultats de test excellents et disposent de fonctionnalités hautement intéressantes, mais malheureusement ils entraînent la résurgence de l'infâme test de performances Cyrix/AMD. Il s'agit d'un nombre de mégahertz simulé qui n'indique en rien la fréquence réelle de la puce, mais seulement une estimation correspondant à la première génération des Pentium 4 dont les performances seraient à peu près semblables. Cela vous semble confus ? Ça l'est, véritablement !

Le temps ayant fait son œuvre et l'architecture des processeurs ayant évolué, cette méthode d'évaluation a été revue, pour être finalement abandonnée. Bien qu'AMD utilise des numéros de modèle pour identifier les processeurs Sempron et Athlon 64 récents, ces numéros ne sont pas faits pour comparer ces puces aux processeurs Intel. Comme c'est de plus en plus le cas avec les processeurs Intel et AMD, il est préférable de connaître les caractéristiques spécifiques d'un processeur (fréquence du processeur, fréquence de la carte mère, taille du cache L2, etc.) pour effectuer des comparaisons.

Le problème marketing d'AMD est bien réel. Comment faire la promotion d'une puce plus performante que son prédécesseur ou celle du concurrent lorsque les deux fonctionnent à la même fréquence ? L'Athlon XP d'AMD fonctionnant à 2 GHz est sensiblement plus rapide que le Pentium 4 (Northwood) à 2 GHz et offre en réalité le même niveau de performances que le Pentium 4 à 2,4 GHz (d'où l'appellation Athlon XP 2400+). Cette apparente disparité des performances est due au fait que le Pentium 4 utilise une architecture différente qui emploie un pipeline d'instructions plus profond avec davantage de niveaux. Le Pentium 4 d'origine travaille avec un pipeline à 20 niveaux, à comparer au pipeline à 10 niveaux de l'Athlon et du Pentium III (voir Tableau 2.12).

Tableau 2.12 : Nombre de pipelines par processeur

Processeur	Niveaux du pipeline	Processeur	Niveaux du pipeline
Pentium III	10	Core 2	14
Pentium MX/Core	10	Pentium 4	20
Athlon/XP	10	Pentium 4 Prescott	31
Athlon 64	12	Pentium D	31

Un pipeline plus profond permet de fractionner les instructions en des microétapes (plus petites) et d'aboutir ainsi à des fréquences d'horloge plus élevées sur un plan général, tout en utilisant la même technologie au silicium. Toutefois, cela signifie également qu'un nombre moins important d'instructions est exécutable au cours d'un cycle comparativement à un pipeline plus court. Si une prédiction de branche ou une étape spéculative d'exécution échouent (ce qui n'est pas rare lorsque le processeur tente de prévoir les instructions à l'avance), l'ensemble du pipeline doit être annulé et rempli de nouveau. Ainsi, si l'on compare un Athlon à un Pentium III ou un Pentium 4, tous fonctionnant à la

même fréquence d'horloge, l'Athlon et le Pentium III battront sans problème le Pentium 4 au cours de tests classiques, car ils exécutent plus d'instructions au cours d'un même cycle. Si la présence d'un pipeline plus profond peut sembler un inconvénient en termes de performances des instructions, les processeurs qui en sont équipés peuvent opérer à des fréquences plus élevées. Même si la perte de performances est de 30 % du fait de la profondeur du pipeline, le handicap est largement compensé par des fréquences d'horloge 50 % plus rapides que pour les Athlon et Pentium III à pipeline court. Le pipeline à 20 ou 31 niveaux de l'architecture P4 permet des fréquences d'horloge nettement plus élevées tout en conservant la même technologie au silicium. À titre d'exemple, l'Athlon XP et le Pentium 4 étaient fabriqués à l'origine avec la même technologie à 0,18 µm (qui décrit la largeur de ligne des composants gravés sur les puces). Le pipeline à 20 niveaux du P4 permet d'obtenir, avec le procédé de fabrication à 0,18 µm, des puces fonctionnant à 2,0 GHz, alors que ce procédé n'offre qu'une fréquence de 1,73 GHz avec le pipeline à 10 niveaux de l'Athlon XP, et de 1,13 GHz avec le pipeline à 10 niveaux du Pentium III. Si l'on applique le nouveau procédé à 0,13 µm, le Pentium 4 fonctionne jusqu'à 3,4 GHz, alors que l'Athlon plafonne à 2,2 GHz (modèle 3200+). Les derniers modèles de Pentium 4, ainsi que le Pentium D double cœur et le Pentium Extreme Edition, emploient une gravure à 0,09 µm et atteignent une fréquence de 3,8 GHz. Même si le P4 exécute moins d'instructions par cycle, la fréquence générale plus élevée compense la perte d'efficacité. Ainsi, pour la première mouture des processeurs d'Athlon XP et Pentium 4, la fréquence d'horloge plus élevée compense la plus grande efficacité de traitement.

Malheureusement, le pipeline plus profond et les fréquences d'horloge plus élevées ont eu un impact négatif sur la consommation électrique, et donc l'échauffement du processeur. En fin de compte, cet impact s'est révélé trop important et Intel est revenu à une conception plus efficace pour ses nouveaux processeurs Core. Au lieu d'augmenter uniquement les fréquences d'horloge, il est possible d'améliorer les performances en combinant plusieurs processeurs sur une seule puce.

Infos

Si vous souhaitez déterminer la fréquence d'horloge initiale de n'importe quel processeur AMD (la fréquence réelle peut varier en fonction du surfréquençage, overclocking, ou du sous-fréquençage, underclocking, de la carte mère, ainsi que des ajustements pour la gestion de l'alimentation), allez sur le site web d'AMD et téléchargez la fiche technique du modèle correspondant. Vous y verrez indiquée la fréquence réelle en mégahertz.

Dans toute cette confusion, une chose est toutefois claire : la fréquence d'horloge brute n'est pas toujours le bon moyen de comparer des puces, et générer des pseudo-mégahertz ou gigahertz ne peut qu'embrouiller une situation déjà confuse pour le commun des mortels. Même Intel n'emploie plus la fréquence d'horloge comme référence marketing. Elle est toujours indiquée, mais la promotion des processeurs se fait en fonction des numéros de modèle. Cela a été jugé nécessaire car la différence relative entre chaque numéro de modèle se fonde non seulement sur la vitesse du processeur, mais également sur les différences architecturales et d'autres aspects qui affectent les performances.

Overclocking

Comme le détaille le Chapitre 18, "Modifications extrêmes : overclocking, refroidissement et mise à niveau du châssis", pour certains systèmes, la fréquence du processeur peut être fixée à une valeur plus élevée que celle indiquée sur la puce. Il s'agit d'un *overclocking* de la puce. Dans de nombreux

cas, il est possible d'augmenter la fréquence car Intel, AMD et les autres fondeurs appliquent des marges de sécurité aux fréquences indiquées. Par exemple, une puce garantie opérer à 3 GHz peut en réalité fonctionner à 3,5 GHz, voire plus. L'overclocking consiste à utiliser cette marge et à appliquer la fréquence maximale à la puce. Ce procédé est déconseillé aux novices, mais si vous avez l'habitude de manipuler les paramètres de votre système, ou si vous êtes prêt à en assumer les risques, l'overclocking peut vous permettre d'améliorer les performances de votre système de 10 à 20 %.

Pièges de l'overclocking

Si vous souhaitez vous lancer dans l'overclocking, vous devez tenir compte de plusieurs aspects. Tout d'abord, la plupart des processeurs vendus depuis 1998 ont un multiplicateur verrouillé. Ils ignorent donc les modifications apportées au paramètre correspondant sur la carte mère. En réalité, Intel et AMD vendent des processeurs dont le coefficient multiplicateur n'est pas verrouillé et, dans certains cas, il est même possible de déverrouiller ceux qui le sont. C'est par exemple le cas de certains processeurs AMD qui utilisent des ponts de soudure, mais il faut alors être soigné et un peu bricoleur.

Augmenter la vitesse de bus de la carte mère peut également apporter son lot de problèmes. À titre d'exemple, la plupart des anciennes cartes mères d'Intel n'acceptaient pas d'autres vitesses d'horloge que celles définies en standard. Les cartes mères récentes, destinées aux fans de vitesse, permettent d'augmenter la fréquence par défaut du bus de processeur (ainsi que celle du cœur du processeur), les tensions et le coefficient multiplicateur (pour les processeurs non verrouillés). C'est également le cas des cartes mères développées par d'autres fabricants. Sachez que les petites modifications des multiplicateurs, à la place des sauts importants, sont le meilleur moyen d'obtenir le meilleur d'un processeur précis. En effet, une puce donnée peut généralement subir un overclocking, avec un certain pourcentage. Plus l'augmentation de la fréquence se fait en petites étapes, plus vous êtes en mesure d'approcher la vitesse maximale de la puce, sans la dépasser et provoquer l'instabilité du système.

En prenant pour exemple un processeur Core 2 Quad à 2,40 GHz, examinons le fonctionnement des vitesses d'horloge. Le Q6600 utilise un FSB de 1066 MHz. Les fréquences du cœur et du bus dérivent de l'horloge de bus de processeur générée par la carte mère qui, dans ce cas, vaut par défaut 266 MHz. Le FSB est toujours égal à quatre fois l'horloge de processeur, tandis que, dans cet exemple, le cœur du processeur fonctionne à neuf fois l'horloge de processeur. En ajustant la fréquence d'horloge, vous pouvez modifier le FSB et la fréquence du cœur du processeur, comme indiqué au Tableau 2.13. Il recense les fréquences du FSB et du cœur obtenu en passant de 266 MHz (la valeur standard pour les processeurs Intel avec un FSB à 1066 MHz) à 300 MHz.

Vous le constatez, en fixant une horloge de base à 300 MHz, à la place de 266 MHz, le FSB augmente de 1066 MHz à 1200 MHz et la fréquence du cœur du processeur passe de 2,4 GHz à 2,7 GHz, soit une augmentation d'environ 13 %. En général, il est possible d'obtenir sans difficulté

Tableau 2.13 : Relations entre l'horloge du cœur, le FSB et la fréquence du processeur

Fréquence d'horloge de base	Multiplicateur de bus (figé)	FSB obtenu	Multiplicateur du cœur de processeur (verrouillé)	Fréquence de processeur obtenue
266 MHz	4×	1066 MHz	9×	2,400 GHz
268 MHz	4×	1 072 MHz	9×	2,412 GHz
270 MHz	4×	1 080 MHz	9×	2,430 GHz
272 MHz	4×	1 088 MHz	9×	2,448 GHz
274 MHz	4×	1 096 MHz	9×	2,466 GHz
276 MHz	4×	1 104 MHz	9×	2,484 GHz
278 MHz	4×	1 112 MHz	9×	2,502 GHz
280 MHz	4×	1 120 MHz	9×	2,520 GHz
282 MHz	4×	1 128 MHz	9×	2,538 GHz
284 MHz	4×	1 136 MHz	9×	2,556 GHz
286 MHz	4×	1 144 MHz	9×	2,574 GHz
288 MHz	4×	1 152 MHz	9×	2,592 GHz
290 MHz	4×	1 160 MHz	9×	2,610 GHz
292 MHz	4×	1 168 MHz	9×	2,628 GHz
294 MHz	4×	1 176 MHz	9×	2,646 GHz
296 MHz	4×	1 184 MHz	9×	2,664 GHz
298 MHz	4×	1 192 MHz	9×	2,682 GHz
300 MHz	4×	1 200 MHz	9×	2,700 GHz

une augmentation de 10 % à 20 %, et même plus si votre ordinateur dispose d'un système de refroidissement très efficace. Vous pouvez également ajuster le multiplicateur de processeur, la tension d'alimentation, ainsi que d'autres paramètres.

Cependant, l'augmentation de la vitesse de bus de processeur peut également affecter les autres bus du système. Ainsi, en augmentant la fréquence de bus de processeur de 10 %, vous pouvez augmenter celle de la mémoire et des ports PCI, PCI-Express et AGP du même facteur. Il est possible que vos barrettes de RAM, votre carte vidéo, votre système réseau et d'autres composants ne suivent pas la cadence. Dans ce cas, fixez le coefficient multiplicateur du processeur à une valeur élevée (s'il n'est pas verrouillé) et/ou configurez depuis le BIOS les autres bus de manière à ce qu'ils fonctionnent à leur vitesse normale.

Tension d'alimentation du processeur

Les overclockeurs emploient une autre astuce : augmenter la tension d'alimentation du processeur. Tous les supports et les connecteurs disposent d'un mécanisme de détection automatique du voltage. Le système détermine et fixe la tension appropriée en examinant certaines broches du processeur.

Certaines cartes mères interdisent la modification manuelle de ces paramètres. D'autres vous permettent d'ajuster la tension en augmentant ou en réduisant par fractions de volt la valeur déterminée automatiquement. Suite à quelques essais, il a été constaté qu'augmenter ou réduire légèrement la tension par rapport à la valeur standard permet d'appliquer des fréquences plus élevées tout en conservant la stabilité du système. Avec certaines cartes mères, il est possible d'ajuster les paramètres de tension pour le FSB, le chipset et la mémoire afin d'offrir une meilleure maîtrise de l'overclocking.

Si vous jouez avec la tension d'alimentation, faites très attention car vous pouvez endommager le processeur et d'autres composants. Même sans la modifier, l'overclocking d'une carte mère qui dispose d'une fréquence de bus ajustable est plutôt simple et assez gratifiant. Vous devez cependant choisir une carte mère, des barrettes de mémoire et une alimentation de bonne qualité, ainsi qu'un boîtier équipé de ventilateurs supplémentaires. Pour un overclocking réussi, il est indispensable que les composants du système et que le processeur soient correctement refroidis. N'hésitez pas à surdimensionner le radiateur du processeur et à ajouter des ventilateurs au boîtier ; la création d'un système "gonflé" est à ce prix.

Mémoire cache

L'accélération des fréquences des processeurs s'est accompagnée automatiquement d'une accélération de la vitesse de la mémoire. Comment faire fonctionner un processeur travaillant plus vite que la mémoire chargée de l'alimenter sans perdre en performance ? La réponse est simple : avec un cache. Sous sa forme la plus simple, la *mémoire cache* est un tampon de mémoire à grande vitesse qui stocke temporairement les données nécessaires au processeur, permettant à ce dernier de les récupérer plus rapidement que si elles venaient de la mémoire centrale. Le cache offre toutefois une fonctionnalité supplémentaire par rapport à un simple tampon : l'intelligence. Un cache est un tampon avec un cerveau.

✔ Voir la section "SDRAM", p. 346.

Un tampon contient des données aléatoires, en général sur la base du premier entré-premier sorti (FIFO, *First In First Out*) ou premier entré-dernier sorti (FILO, *First In Last Out*). Un cache, par contre, contient à l'avance les données que le processeur a le plus de probabilités de demander dans l'état actuel de ses besoins. Ainsi, le processeur poursuit son activité à pleine vitesse ou presque, sans délai d'attente pour le chargement des données de la mémoire centrale plus lente. La mémoire cache est constituée en principe de modules de RAM statiques (SRAM) intégrés au processeur ou, pour les systèmes plus anciens, installés sur la carte mère.

Sur la majorité des PC bureautiques, il existe deux niveaux de mémoire cache : L1 (*Level 1*) et L2 (*Level 2*). Certains processeurs intègrent également un cache L3 (*Level 3*), mais ils sont plutôt rares. Les sections suivantes décrivent ces caches et leur fonctionnement.

Cache interne L1

Tous les processeurs modernes, depuis la génération du 486, disposent d'une mémoire cache interne (de premier niveau) ainsi qu'un contrôleur de cette mémoire. La taille de la mémoire cache L1 varie en fonction du processeur. Elle peut aller de 8 Ko pour le 486DX original à 32 Ko, 64 Ko ou plus pour les processeurs les plus récents.

Pour comprendre l'importance de la mémoire cache, il est nécessaire de connaître les vitesses relatives des processeurs et de la mémoire. Le problème qui se pose est le suivant : la fréquence du processeur est généralement exprimée en mégahertz (millions de cycles par seconde) ou gigahertz (milliards de cycles par seconde), alors que la fréquence de la mémoire est souvent exprimée en nanosecondes (milliardièmes de secondes par cycle). Les types les plus récents de mémoire indiquent la fréquence en mégahertz ou en largeur de bande, exprimée en mégaoctets par seconde.

Ces deux évaluations représentent les mesures de base concernant la fréquence et le temps. Elles sont comparées au Tableau 5.3 du Chapitre 5. Dans ce tableau, nous pouvons noter qu'un processeur s'exécutant à 233 MHz équivaut à un cycle de 4,3 nanosecondes, ce qui signifie qu'une mémoire de 4 ns est nécessaire pour suivre le rythme d'un processeur cadencé à 200 MHz. Il est également à remarquer que la carte mère d'un système tournant à 233 MHz s'exécutera normalement à 66 MHz, ce qui correspond à une fréquence de 15 ns par cycle, et exige une mémoire de 15 ns. Nous noterons enfin qu'une mémoire vive de 60 ns (courante sur de nombreux systèmes de la classe Pentium) équivaut à une fréquence d'horloge d'environ 16 MHz. Ainsi, dans un système Pentium 233, le processeur tourne à 233 MHz (4,3 ns par cycle), la carte mère fonctionne à 66 MHz (15 ns par cycle) et la mémoire vive est cadencée à 16 MHz (60 ns par cycle). Ces chiffres pourraient vous sembler quelque peu obsolètes, mais vous verrez bientôt que ces valeurs permettent de mieux exposer le fonctionnement de la mémoire cache.

La mémoire cache de niveau 1 étant toujours intégrée à la puce, elle fonctionne *à la fréquence du noyau du processeur (full-core)*. Par fréquence du noyau, nous signifions que cette mémoire cache s'exécute à la vitesse maximale du processeur interne, et non à la fréquence externe de la carte mère. Cette mémoire cache est une zone de mémoire très rapide intégrée au processeur. Elle sert à stocker une partie du jeu de code et de données en cours d'utilisation. Aucun état d'attente n'est nécessaire pour accéder à la mémoire cache, car elle s'exécute à la même fréquence que le noyau du processeur.

L'utilisation de mémoire cache réduit un goulet d'étranglement très fréquent sur les ordinateurs, car la RAM système est beaucoup plus lente que le processeur; la différence est devenue particulièrement importante dans les systèmes récents. Ainsi, le processeur n'a pas à attendre les codes et données en provenance de la mémoire principale, bien plus lente, ce qui améliore les performances générales de l'ordinateur. Sans la mémoire cache de niveau 1, le processeur devrait sans cesse attendre que la mémoire soit prête pour exécuter les instructions.

La mémoire cache de niveau 1 est plus importante encore sur les processeurs modernes, car elle est souvent la seule mémoire capable de suivre le rythme du processeur. Rappelez-vous que la plupart des processeurs modernes fonctionnent à une fréquence qui est un multiple de celle de la carte mère

dans laquelle ils sont enfichés. Par exemple, un Core 2 Quad à 2,4 GHz fonctionne à une fréquence neuf fois plus importante que celle de la carte mère, qui est de 266 MHz. Dans un tel système, la mémoire principale fonctionnera à 677 MHz ou à 800 MHz. Les seules mémoires cadencées à 2,4 GHz sur un tel ordinateur sont les caches L1 et L2 incorporés au noyau du processeur. Dans ce cas précis, le processeur Core 2 Quad cadencé à 2,4 GHz possède 128 Ko de cache L1 intégré (32 Ko par cœur), ainsi qu'un cache L2 de 8 Mo (2 Mo par cœur), les deux étant exécutés à la même vitesse que le processeur.

✔ Voir la section "Vitesse des barrettes de mémoire", p. 372.

Si les données dont le processeur a besoin sont déjà présentes dans la mémoire cache interne, il n'a pas besoin d'attendre. Si les données ne figurent pas dans la mémoire cache, en revanche, le processeur doit aller les chercher dans la mémoire cache de niveau 2 ou, sur les ordinateurs moins sophistiqués, dans le bus système, c'est-à-dire directement dans la mémoire vive.

Fonctionnement du cache

L'analogie suivante nous permettra de mieux comprendre comment fonctionnent les mémoires cache de niveau 1.

Vous êtes en train de manger et vous tenez le rôle du processeur qui demande et traite les données transmises par la mémoire. La cuisine, lieu où la nourriture est préparée, joue le rôle de la mémoire principale (des modules DIMM DDR, DDR2 ou DDR3). Le contrôleur de la mémoire cache est le garçon, et le cache L1 est la table à laquelle vous êtes assis.

Voici donc le scénario. Vous prenez chaque jour votre repas au même restaurant et à la même heure. Vous entrez, vous vous asseyez et vous commandez un hot-dog. Pour que l'analogie soit proportionnellement juste, précisons que vous donnez normalement un coup de dent toutes les quatre secondes (233 MHz = un cycle de 4 ns). Les personnes présentes à la cuisine mettent également 60 secondes pour préparer le plat que vous avez commandé (mémoire vive de 60 ns).

Ainsi, lorsque vous arrivez, vous vous asseyez, commandez un hot-dog et devez attendre 60 secondes avant d'être servi et de pouvoir commencer à manger. Quand le garçon apporte votre commande, vous commencez à manger à votre rythme habituel. Vous finissez le hot-dog assez rapidement. Vous appelez alors le garçon et commandez un hamburger. Une fois encore, vous attendez 60 secondes avant d'être servi. Lorsque le hamburger arrive, vous mangez de nouveau à votre rythme normal. Après avoir terminé le hamburger, vous commandez un plat de frites. Une fois encore, vous attendez 60 secondes avant de pouvoir commencer à manger à votre rythme. Vous décidez finalement de terminer le repas avec une tarte au fromage. Après une nouvelle attente de 60 secondes, vous commencez à manger le dessert au même rythme que précédemment. Votre passage au restaurant a donc consisté en de nombreuses attentes, suivies par de brèves périodes au cours desquelles vous avez mangé au même rythme.

Après être arrivé au restaurant deux soirées consécutives à 18 heures, et avoir commandé les mêmes plats dans un ordre identique, le garçon commence à penser qu'il en sera de même le troisième soir. Il décide alors de vous faire une surprise et prépare votre repas à l'avance. Vous entrez donc dans le restaurant et commandez un hot-dog. Le garçon l'apporte alors immédiatement à votre table, sans délai d'attente ! Au moment où vous finissez votre hot-dog et où vous vous apprêtez à commander votre hamburger, le serveur le dépose sur votre table. Le reste du dîner se déroule de la même façon. Vous mangez donc votre repas au rythme d'un coup de dent toutes les quatre secondes et n'attendez jamais que le plat suivant soit préparé. Cette fois, au cours de votre passage au restaurant, vous n'aurez à aucun moment attendu la préparation de vos plats. Tout votre temps aura donc été consacré à manger à votre rythme.

Cette histoire décrit de façon exacte le fonctionnement de la mémoire cache de niveau 1 du processeur. Le cache L1 est la table, qui peut supporter un ou plusieurs plats. Sans un garçon, la table représente simplement un espace où est stockée la nourriture. Vous pouvez manger jusqu'à la disparition des plats, mais personne ne le réapprovisionnera de façon intelligente. Le garçon est le contrôleur de la mémoire cache, qui agit et choisit avec intelligence les plats qui doivent être placés sur votre table avant que vous ne les attendiez. Il doit donc deviner le plat qui doit être servi et, si ses prévisions sont exactes, vous êtes dispensé de toute attente.

Supposons à présent que, le quatrième soir, vous arriviez précisément à la même heure et commenciez par le hot-dog habituel. Le garçon, plein de confiance, a déjà ce plat dans les mains lorsque vous vous asseyez. Vous n'attendez donc pas.

Au moment où vous finissez votre hot-dog et où le garçon place le hamburger sur votre table, vous refusez ce dernier car vous préférez commander à la place quelques légumes. Le garçon n'a donc pas fait une bonne prévision. En conséquence, vous devrez attendre 60 secondes avant d'obtenir vos légumes. Cela équivaut à l'absence de la donnée recherchée dans la mémoire cache (*cache-miss*). Le contrôleur n'a pas fourni à la mémoire cache les données requises par le processeur qui devra donc attendre. Dans le cas d'un système Pentium s'exécutant à 233 MHz, le processeur se met à tourner au ralenti (à une fréquence de 16 MHz) à chacune de ces absences.

Selon Intel, dans la majorité de ses processeurs, le taux de présence des bonnes données dans la mémoire cache L1 est de 90 % (certains processeurs, tel le Pentium 4, vont même légèrement au-delà). Cela signifie que la mémoire cache obtient les données correctes dans 90 % des cas et que, par conséquent, le processeur s'exécute à la vitesse normale, qui est de 233 MHz dans cet exemple. Cependant, dans 10 % des cas, le contrôleur fait de mauvaises prévisions et la donnée doit être extraite de la mémoire vive, qui se révèle sensiblement plus lente. Le processeur doit donc attendre. Le système ralentit alors au niveau de la fréquence de la mémoire vive qui, dans cet exemple, est de 60 ns ou 16 MHz.

Dans cette analogie, le processeur était 14 fois plus rapide que la mémoire centrale. Les vitesses de mémoire sont passées de 16 MHz (60 ns) à 333 MHz (3 ns) ou plus, mais la fréquence du processeur est passée à 3 GHz, voire plus. Même avec les systèmes les plus modernes, la mémoire est

encore au minimum sept fois et demie plus lente que le processeur. La différence est faite par le cache.

La principale caractéristique du cache L1 est qu'il a toujours été intégré au cœur du processeur, où il travaille à la même fréquence que ce noyau. C'est ce point, combiné avec le taux de présence (*hit ratio*) de 90 % ou plus, qui fait toute l'importance du cache L1 pour les performances du système.

Cache L2

Pour atténuer cet important ralentissement dès que le cache L1 fait un mauvais choix, une mémoire cache secondaire, ou L2, peut être mise en place.

Si nous revenons à notre analogie précédente, nous pourrions comparer la mémoire cache de niveau 2 à un chariot de plats supplémentaires, ce dernier étant placé à un endroit stratégique du restaurant pour permettre au garçon de prendre la nourriture en 15 secondes (au lieu des 60 secondes nécessaires pour aller en cuisine). Dans un système Pentium actuel (Socket 7), le cache L2 est intégré à la carte mère, ce qui signifie qu'il s'exécute à la même fréquence que cette dernière – 66 MHz ou 15 ns dans cet exemple. Si vous commandez un plat que le serveur n'a pas apporté sur votre table à l'avance, celui-ci peut jeter un coup d'œil au chariot. Si le plat désiré s'y trouve, cela ne prendra que 15 secondes au garçon pour l'apporter jusqu'à votre table. Sur votre système, le procédé est comparable. Au lieu d'un système qui passe de 233 MHz à 16 MHz en attendant les données, ces dernières peuvent maintenant être extraites de la mémoire cache L2 qui s'exécute à 66 MHz (15 ns). Le système passe alors de 233 MHz à 66 MHz.

Les processeurs récents intègrent un cache L2 fonctionnant à la même fréquence que le noyau du processeur, donc identique à celle du cache L1. Pour en revenir à notre analogie et décrire ces nouveaux modules, disons que le garçon du restaurant place tout simplement le chariot à côté de votre table. Puis, si le plat que vous avez choisi ne se trouve pas sur la table (échec du cache L1), il tendra le bras vers le cache L2 (le chariot) au lieu de marcher pendant 15 secondes comme dans l'ancienne conception.

Cache L3

Quelques processeurs, principalement conçus pour les stations de travail à hautes performances ou les serveurs, contiennent un cache de troisième niveau appelé *cache L3*. Ils sont assez rares, mais ils y accèdent à une vitesse égale à celle des caches L1 et L2.

Revenons à l'analogie du restaurant : le cache L3 équivaut à un autre chariot placé dans le restaurant à côté de celui qui représente le cache L2. Si les plats demandés ne sont pas disponibles sur la table (absence dans le cache L1), ni sur le premier chariot (absence dans le cache L2), le garçon peut alors se tourner vers le second chariot pour prendre le plat commandé.

Si Intel a utilisé un cache L3, sur la première version de son processeur Pentium 4 Extreme Edition et avec les processeurs Itanium 2 et Xeon MP destinés aux serveurs, les processeurs récents pour machines de bureau, y compris les modèles Core 2 et Core 2 Extreme, préfèrent un cache L2 plus

volumineux. La présence d'un cache L3 dans les futurs processeurs va devenir de plus en plus fréquente.

Conception et performance du cache

Pour une grande partie des mémoires cache L2, le taux de présence se situe également aux alentours de 90 %. Cela signifie donc que le système s'exécutera à sa vitesse normale (233 MHz dans cet exemple) 90 % du temps en extrayant les données de la mémoire cache L1. Dans 10 % des cas, il ralentira et ira alors chercher les données dans la mémoire cache L2. Ici, le même scénario se reproduit. Dans 90 % des cas, il y trouvera les données et, 10 % du temps, il sera confronté à une absence qui l'obligera à se rabattre sur la mémoire vive. Ainsi, en combinant les deux caches, notre système tourne à la vitesse normale du processeur 90 % du temps (233 MHz dans ce cas), à la vitesse de la carte mère dans 9 % (90 % de 10 %) des cas (66 MHz dans cet exemple) et à la vitesse de la mémoire RAM dans environ 1 % (10 % de 10 %) des cas (16 MHz dans notre cas). Cela nous démontre l'importance des caches L1 et L2. Sans eux, le système devrait recourir beaucoup plus souvent à la mémoire vive, qui se révèle infiniment plus lente que le processeur.

Cela soulève d'autres points intéressants. Si vous pouviez dépenser plus d'argent pour augmenter les performances soit de la mémoire vive (RAM) soit du cache L2, quelle option choisiriez-vous ? En tenant compte du fait que la mémoire vive n'est utilisée que dans 1 % des cas, le fait d'en doubler les performances ne serait sensible que durant 1 % du temps. La dépense ne se justifie pas ! Par contre, en doublant les performances du cache L2, vous bénéficierez de ces nouvelles performances durant 9 % du temps, et là l'opération est déjà beaucoup plus intéressante.

Les concepteurs des processeurs Intel et AMD savent parfaitement tout cela et se sont longuement penchés sur les améliorations du cache L2. Dans les systèmes de la classe Pentium (P5), la mémoire cache L2 se situe généralement sur la carte mère et doit donc s'exécuter à la vitesse de cette dernière. Intel a réalisé une avancée considérable en intégrant le cache L2 directement dans le processeur. Les puces de cache étaient fabriquées par Intel et montées à côté du processeur dans le même module. Mais, à l'usage, cette solution s'est révélée trop onéreuse et, à partir des Pentium II, Intel a commencé à utiliser des modules de cache provenant d'autres fabricants, par exemple Sony, Toshiba, NEC, Samsung, etc. Comme ces caches étaient livrés en modules fermés et non pas sous forme de plaquettes brutes, Intel les a montés sur une carte à côté du processeur. Cela explique pourquoi le Pentium II était conçu sous forme de cartouche et ne ressemblait en rien à une puce.

L'un des problèmes était la vitesse de ces puces de cache de provenance externe. Les plus rapides sur le marché fonctionnaient à 3 ns ou plus, ce qui signifiait une fréquence de 333 MHz ou moins. Puisque les processeurs étaient bien au-delà de cette fréquence, Intel était obligé, avec les Pentium II et les premiers Pentium III, de faire travailler le cache L2 à la moitié de la fréquence du processeur. AMD, sur la même lancée, fut obligé avec son processeur Athlon de réduire encore le rapport entre les deux vitesses, avec un cache L2 exécuté à 2/5 ou 1/3 de la fréquence du processeur.

Puis une révolution intervint, qui apparut au grand jour avec le processeur Celeron 300A et au-delà. Le cache L2 était porté à 128 Ko, mais il ne s'agissait plus d'une puce externe. Le cache L2 était intégré directement au noyau du processeur, tout comme le cache L1. Les deux caches travaillaient

donc à la même fréquence que le noyau du processeur et, encore plus important, étaient en mesure de suivre les évolutions de la fréquence des processeurs dans le futur. Si nous prenons en exemple les Pentium III ou les puces Xeon et Celeron, le cache L2 tourne à la fréquence du noyau du processeur. Ainsi, il n'existe plus d'attente ou de ralentissement à la suite d'une absence du cache L1. AMD utilisa lui aussi des caches intégrés de type full-core dans ses modules Athlon et Duron. Le gain au niveau des performances fut considérable car, durant les 9 % du temps où le système utilisait le cache L2, les opérations étaient effectuées à la pleine vitesse du processeur, sans ralentissement. Autre avantage de cette solution : le coût beaucoup plus intéressant, du fait du plus petit nombre de composants.

Retournons un instant dans notre restaurant en utilisant cette fois un processeur à 3,6 GHz. À présent, vous donnez un coup de dents tous les quarts de seconde (3,6 GHz = un cycle de 0,28 ns). Le cache L1 fonctionne à la même vitesse; vous pourriez donc manger tout ce qui se trouve sur la table à la même fréquence (la table est le cache L1). Le véritable gain en vitesse apparaît lorsque vous souhaitez quelque chose qui n'est pas sur la table (absence du cache L1), auquel cas le garçon tend la main vers le chariot (qui est désormais à côté de votre table) et revient 9 fois sur 10 avec le plat demandé en l'espace d'un quart de seconde (fréquence L2 = 3,6 GHz ou un cycle de 0,28 ns). Dans ce système plus moderne, vous travaillez 99 % du temps à la fréquence de 3,6 GHz (les taux de présence des caches L1 et L2 sont combinés) et ne ralentissez à la fréquence de la RAM (attente à la cuisine) que pendant 1 % du temps. Avec une mémoire rapide en 800 MHz (1,25 ns) vous auriez à attendre 1,25 seconde avant que le plat ne vous soit servi depuis la cuisine. Si seulement les performances des restaurants réels augmentaient dans les mêmes proportions!

Organisation de la mémoire cache

Vous savez que le cache contient une copie de données stockées à différentes adresses de la mémoire principale. Puisqu'il est impossible de placer simultanément dans le cache une copie de toutes les données présentes en mémoire principale, un mécanisme doit permettre de connaître les adresses qui s'y trouvent actuellement pour que, lorsque les données associées doivent être consultées, elles puissent être lues à partir du cache et non de la mémoire principale. Cette fonction est assurée par la "tag RAM". Cette zone particulière du cache contient un index des adresses copiées dans le cache. À chaque ligne de la mémoire cache correspond une étiquette qui enregistre l'adresse en mémoire principale des données copiées. Lorsque le processeur a besoin des données stockées à une adresse particulière de la mémoire principale, le contrôleur du cache examine rapidement les étiquettes d'adresse pour savoir si l'adresse demandée se trouve actuellement dans le cache. Si c'est le cas, les données sont lues depuis le cache très rapide, sinon elles sont prises dans la mémoire principale plus lente.

Les différentes manières d'organiser ou de mapper les étiquettes affectent le fonctionnement du cache. Le cache peut être purement associatif (*fully associative*), à correspondance directe (*direct-mapped*) ou associatif par ensembles (*set associative*).

Dans un cache purement associatif, lorsque des données à une adresse de la mémoire principale sont demandées, cette adresse est comparée à toutes les étiquettes d'adresse qui se trouvent dans la tag RAM. Si l'adresse demandée est présente (*cache hit*), l'emplacement correspondant dans le cache est retourné. Lorsque l'adresse est absente (*cache-miss*), les données doivent être obtenues depuis la mémoire principale.

Dans un cache à correspondance directe, certaines adresses de la mémoire principale sont affectées à l'avance à des emplacements du cache, où elles seront stockées. Ainsi, la tag RAM peut employer un nombre de bits réduit car, lorsque l'on connaît l'adresse en mémoire principale recherchée, il suffit de vérifier une seule étiquette d'adresse et chaque étiquette n'enregistre que les adresses possibles qu'une ligne précise peut contenir. L'opération est également plus rapide car une seule étiquette d'adresse doit être consultée.

Un cache associatif par ensembles est une version modifiée du cache à correspondance directe. Puisque ce dernier possède un seul ensemble d'associations de mémoire, une adresse mémoire donnée ne peut être mappée (associée) que dans un seul endroit précis du cache. Un cache associatif par ensembles à deux voies possède deux ensembles, et un emplacement mémoire donné peut se trouver dans l'un des deux ensembles. Un cache associatif par ensembles à quatre voies peut stocker une adresse mémoire donnée dans quatre endroits du cache (ou ensembles) différents. Avec l'augmentation de l'associativité, les chances de trouver une valeur augmentent; cependant, l'opération est plus longue car il faut vérifier un plus grand nombre d'étiquettes pour trouver un endroit précis dans le cache. Chaque ensemble d'un cache associatif par ensembles à *n*-voies peut être vu comme un sous-cache qui possède des associations avec chaque adresse de mémoire principale. Plus le nombre de sous-caches ou d'ensembles augmente, plus le cache s'approche d'un cache purement associatif – situation dans laquelle chaque adresse mémoire peut être stockée dans n'importe quel endroit du cache. Dans ce cas, un cache associatif par ensembles à *n*-voies est un compromis entre un cache purement associatif et un cache à correspondance directe.

En général, un cache à correspondance directe permet de localiser et de retrouver plus rapidement les données dans le cache car une seule étiquette doit être consultée pour une adresse mémoire précise. Cependant, le taux d'échec est plus important qu'avec les autres organisations. Un cache purement associatif offre le taux de succès le plus élevé, mais il est plus lent en raison du nombre plus important d'étiquettes à vérifier. Un cache associatif par ensembles à *n*-voies représente un équilibre entre la rapidité du cache et le taux de succès, mais plus les associativités sont nombreuses, plus les contraintes matérielles (bits d'étiquettes, comparateurs, etc.) sont élevées; le cache devient alors plus coûteux. La conception d'un cache est évidemment une question de compromis et l'organisation adaptée à un cas ne sera peut-être pas la meilleure dans un autre. Dans les environnements multitâches tels que Windows, le processeur doit manipuler simultanément des zones de mémoire différentes et pour lesquelles un cache à *n*-voies risque fort d'améliorer les performances.

Le contenu de la mémoire cache doit impérativement rester synchronisé avec celui de la mémoire principale pour que le processeur travaille toujours avec des données actualisées. C'est pour cette raison que la mémoire cache des processeurs 486 est de type *write-through* (simultanée) : quand le

processeur écrit des données dans la mémoire cache, celles-ci sont également écrites automatiquement dans la mémoire principale.

En revanche, le Pentium et les processeurs qui lui ont succédé sont équipés d'une mémoire cache interne de type *write-back* (par recopie). Cela signifie que lectures et écritures se font en mémoire cache et, donc, que les performances du processeur sont améliorées.

L'utilisation de caches *non bloquants* constitue également une amélioration. Cette technique permet de réduire ou de masquer les délais de la mémoire en exploitant le chevauchement des opérations du processeur et des accès aux données. Un cache non bloquant autorise la poursuite de l'exécution d'un programme même en cas de défaut de cache, à condition de respecter certaines contraintes de dépendance. Autrement dit, les défauts de cache sont mieux gérés et le processeur peut poursuivre son travail s'il ne dépend pas des données absentes du cache.

Le contrôleur de mémoire cache intégré au processeur est également responsable de la surveillance du bus de mémoire quand d'autres processeurs, appelés "bus masters", participent au contrôle du système. Ce processus se nomme "espionnage du bus" (*bus snooping*). Si un périphérique bus master écrit dans une zone de mémoire dont le contenu est également stocké dans la mémoire cache du processeur à ce moment-là, le contenu de la mémoire cache et celui de la mémoire principale ne sont plus synchronisés. Le contrôleur de mémoire cache déclare alors ces données non valides, puis il procède à un nouveau chargement de la mémoire cache au cours de l'accès mémoire suivant, afin de préserver l'intégrité du système.

Tous les processeurs pour PC qui gèrent la mémoire cache dispose d'un TLB (*Translation Lookaside Buffer*) pour améliorer la gestion des défauts de cache. Le TLB est une table interne au processeur qui stocke des informations sur les accès récents aux emplacements mémoire. Il accélère la conversion des adresses virtuelles en adresses mémoire physiques. Pour améliorer les performances du TLB, plusieurs processeurs récents ont augmenté le nombre d'entrées dans le TLB, comme l'a fait AMD lorsque son Athlon est passé du noyau Thunderbird au noyau Palomino. Les processeurs Pentium 4 qui prennent en charge la technologie Hyper-Threading disposent d'un TLB d'instructions (iTLB) séparé pour chaque thread de processeur virtuel.

✔ Voir la section "Technologie Hyper-Threading", p. 68.

La vitesse du cache est toujours plus importante que sa taille. La règle est qu'un cache plus petit mais plus rapide est toujours préférable à un cache plus grand mais plus lent. Le Tableau 2.14 illustre le besoin et la fonction des caches L1 (interne) et L2 (externe) dans les systèmes modernes.

À mesure que la fréquence d'horloge augmente, le temps de cycle diminue. Les nouveaux ordinateurs n'utilisent plus de mémoire cache intégrée à la carte mère. En effet, les barrettes utilisées sur les ordinateurs récents sont très rapides et parviennent à suivre le rythme. Les processeurs modernes intègrent tous la mémoire cache de niveau 2 à la puce du processeur, au même titre que le cache L1. Cette opération permet au cache L2 de s'exécuter à la même vitesse que le noyau du processeur, puisqu'elle en fait partie intégrante. La fréquence de la mémoire cache est toujours plus importante

Tableau 2.14 : Rapidité du processeur relativement au cache, à la RAM et à la carte mère

Type de processeur	Pentium	Pentium Pro	Pentium II	AMD K6-2	AMD K6-3
Vitesse de processeur	233 MHz	200 MHz	450 MHz	550 MHz	450 MHz
Vitesse du cache L1	4,3 ns (233 MHz)	5,0 ns (200 MHz)	2,2 ns (450 MHz)	1,8 ns (550 MHz)	2,2 ns (450 MHz)
Taille du cache L1	16 Ko	32 Ko	32 Ko	64 Ko	64 Ko
Type du cache L2	Externe	Sur la puce	Sur la puce	Externe	Sur la matrice
Rapport de vitesse processeur/cache L2	–	1/1	1/2	–	1/1
Vitesse du cache L2	15 ns (66 MHz)	5 ns (200 MHz)	4,4 ns (225 MHz)	10 ns (100 MHz)	2,2 ns (450 MHz)
Taille du cache L2	–	256 Ko	512 Ko	–	256 Ko
Bande passante processeur	533 Mo/s	533 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s
Vitesse du bus mémoire	60 ns (16 MHz)	60 ns (16 MHz)	10 ns (100 MHz)	10 ns (100 MHz)	10 ns (100 MHz)

que sa taille. La règle est qu'une mémoire plus petite, mais plus rapide, est préférable à une mémoire cache plus importante, mais plus lente.

Il peut être très intéressant pour les performances de l'ordinateur de disposer de deux niveaux de mémoire cache entre le processeur et la mémoire principale, beaucoup plus lente, dans la mesure où cela réduit les temps d'attente que le processeur doit observer. Cela est d'autant plus vrai avec les caches L2 intégrés. Le processeur peut alors fonctionner à un rythme très proche de sa fréquence intrinsèque.

Fonctionnalités des processeurs

Lors de l'introduction de nouveaux processeurs, de nouvelles fonctionnalités sont systématiquement ajoutées à leur architecture pour améliorer l'ensemble, depuis les performances dans certains types spécifiques d'applications jusqu'à la fiabilité du processeur. Les quelques sections suivantes abordent certaines de ces technologies, y compris SMM (*System Management Mode*), l'exécution superscalaire, MMX, SSE, 3DNow!, l'Hyper-Threading et le traitement multicœur.

Gestion d'alimentation SMM

Désireux de doter les ordinateurs portables de processeurs plus rapides et plus puissants, Intel et AMD ont commencé à ajouter un circuit de gestion d'énergie à leurs processeurs au début de l'année 1990. SMM est un mode de fonctionnement particulier pour la prise en charge des fonctions gestion de l'alimentation et de contrôle du matériel. Il fournit un environnement logiciel isolé transparent au système d'exploitation et aux applications. Il est vu par le BIOS ou les pilotes de bas niveau.

SMM a tout d'abord été lancé sur le processeur mobile Intel 386SL en octobre 1990. Puis, il est apparu sur le 486SL en novembre 1992, pour ensuite intégrer toute la famille 486 en juin 1993.

Pentium III	Athlon	Athlon XP	Pentium 4	Athlon 64 X2	Core 2 Duo/Quad
1,4 GHz	1,4 GHz	2,2 GHz	3,8 GHz	3 GHz	2,93 GHz
0,71 ns(1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)	0,26 ns (3,8 GHz)	0,33 ns (3 GHz)	0,34 ns (2,93 GHz)
32 Ko	128 Ko	128 Ko	20 Ko	256 Ko	64 Ko/128 Ko
Sur la matrice	Sur la matrice	Sur la matrice	Sur la matrice	Sur la matrice	Sur la matrice
1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
0,71 ns (1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)	0,26 ns (3,8 GHz)	0,33 ns (3 GHz)	0,34 ns (2,93 GHz)
512 Ko	256 Ko	512 Ko	2 Mo	2 Mo	4 Mo/8 Mo
1066 Mo/s	2133 Mo/s	3200 Mo/s	6400 Mo/s	4000 Mo/s	8533 Mo/s
7,5 ns (133 MHz)	3,8 ns (266 MHz)	2,5 ns (400 MHz)	1,25 ns (800 MHz)	2,5 ns (400 MHz)	0,94 ns (1066 MHz)

Absent des premiers Pentium sortis en mars 1993, SMM est présent dans tous les processeurs Pentium depuis octobre 1994. AMD a ajouté cette technologie à ses processeurs Am486 et K5 à peu près au même moment. Depuis lors, tous les processeurs x86 d'Intel et d'AMD en disposent.

Utilisé initialement pour la gestion de l'alimentation, SMM a été conçu pour être employé par n'importe quelle fonction système de bas niveau qui doit opérer de manière indépendante du système d'exploitation et des autres logiciels. Sur les ordinateurs modernes, cela inclut les éléments suivants :

- fonctions ACPI et APM de gestion de l'énergie;
- prise en charge des périphériques USB anciens (clavier et souris);
- démarrage depuis un port USB (émulation de lecteur);
- mot de passe et fonction pour la sécurité;
- supervision de la température;
- supervision de la vitesse de ventilateurs;
- lecture/écriture dans la RAM CMOS;
- mise à jour du BIOS;
- journalisation des erreurs de la mémoire ECC;
- journalisation des erreurs matérielles, hors mémoire;
- fonctions de réveil et d'alerte telles que WOL (*Wake On Lan*).

L'intérêt de SMM est visible lorsque le système tente d'accéder à un périphérique qui a été mis en veille afin d'économiser l'énergie. Par exemple, supposons qu'un programme tente de lire un fichier sur le disque dur, mais que celui-ci ait été arrêté pour des raisons d'économie. Lors de l'accès, l'adaptateur hôte génère une interruption SMI (*System Management Interrupt*) afin d'invoquer SMM (*System Management Mode*). Le code de SMM envoie alors des commandes au lecteur afin qu'il redémarre. Le contrôle revient ensuite au système d'exploitation et le chargement du fichier se poursuit comme si le disque dur ne s'était jamais arrêté.

Exécution superscalaire

Les processeurs Pentium de cinquième génération et plus récents comprennent plusieurs pipelines internes d'exécution d'instructions, ce qui leur permet d'exécuter plusieurs instructions simultanément. Le 486 et les processeurs antérieurs ne peuvent exécuter qu'une instruction à la fois. Intel parle de "technologie superscalaire" pour désigner la capacité d'exécuter plusieurs instructions simultanément. Cette technologie offre des performances supérieures à celles des processeurs de la génération des 486.

✔ Voir les sections concernant les processeurs Pentium, un peu plus loin dans ce chapitre.

L'architecture superscalaire est généralement associée à un processeur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*, ordinateur à jeu d'instructions réduit) à haut débit. Ce dernier exécute des instructions beaucoup plus simples et moins nombreuses. Bien que chacune de ces instructions soit plus succincte, la fréquence globale de l'horloge est plus élevée, ce qui habituellement augmente les performances. Le Pentium a été l'un des premiers processeurs CISC (*Complex Instruction Set Computer*, ordinateur à jeu d'instructions complexe) à être considéré comme superscalaire. La puce CISC utilise un jeu plus riche, qui renferme des instructions plus complexes. À titre d'illustration, imaginons que nous voulions demander à un robot de visser une ampoule. Si nous utilisions les instructions CISC, nous dirions :

1. Ramasser l'ampoule.
2. L'insérer dans la douille.
3. Tourner dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce qu'elle soit serrée.

En utilisant les instructions RISC, nous dirions :

1. Baisser la main.
2. Prendre l'ampoule.
3. Lever la main.
4. Insérer l'ampoule dans la douille.
5. Effectuer un tour dans le sens des aiguilles d'une montre.
6. L'ampoule est-elle serrée ? Si non, répéter l'étape 5.
7. Fin.

Ici, beaucoup plus d'instructions sont nécessaires pour obtenir le même résultat, car chaque instruction est plus simple et plus succincte. L'avantage est que le robot (ou le processeur) est confronté à moins d'instructions d'ordre général. Il peut donc exécuter les commandes individuelles plus rapidement. Ainsi, dans de nombreux cas, la tâche complète (ou le programme) sera exécutée plus vite. Il est donc difficile de départager ces deux processeurs.

Intel et les processeurs compatibles Intel sont généralement considérés comme des puces CISC, bien que les cinquième et sixième générations soient généralement pourvues d'un attribut RISC. En interne, les instructions CISC sont décomposées en versions RISC.

Technologie MMX

La technologie MMX était à l'origine nommée *extensions multimédias* ou *extensions mathématiques matricielles*, selon la personne interrogée. Intel a officiellement stipulé qu'il ne s'agit pas d'un sigle et que ces trois lettres n'ont pas de signification en soi (le fait qu'il ne s'agisse pas d'un sigle était apparemment requis pour que cette combinaison puisse faire l'objet d'un dépôt); quoi qu'il en soit, leur origine était probablement l'une des précédentes. La technologie MMX a été ajoutée aux derniers Pentium de cinquième génération sous forme d'un complément permettant d'améliorer la compression/décompression vidéo, la manipulation des images, le chiffrement et le traitement des entrées/sorties.

MMX est constitué de deux principales améliorations de l'architecture du processeur. La première est simplement un cache L1 plus important, qui améliore les performances de n'importe quel logiciel – qu'il utilise ou non des instructions propres à cette technologie. La seconde amélioration concerne un jeu d'instructions étendu, avec 57 nouvelles commandes, ainsi qu'une nouvelle possibilité nommée SIMD (*Single Instruction, Multiple Data*, une instruction, plusieurs données).

SIMD permet à une instruction d'effectuer la même opération sur plusieurs morceaux de données, de manière semblable à un professeur qui donne l'ordre à une classe entière de s'asseoir au lieu de s'adresser à chaque élève, un par un. Ainsi, les boucles qui sollicitent énormément le processeur, comme c'est le cas pour les traitements vidéo, audio, graphiques et l'animation, sont optimisées.

Les 57 nouvelles instructions sont dédiées à la manipulation et au traitement vidéo, audio et graphique des données. Elles sont conçues pour les séquences fortement parallèles et souvent répétitives sous-jacentes aux traitements multimédias. L'aspect fortement parallèle fait référence au fait que le même traitement est appliqué à un grand nombre de points de données, par exemple lors de la modification d'une image graphique. MMX a pour inconvénient de ne travailler que sur des valeurs entières et d'utiliser l'unité de calcul flottant pour les traitements. Du temps est donc perdu lors des passages nécessaires aux opérations en virgule flottante. Cet aspect a été corrigé dans les améliorations apportées par Intel et AMD.

SSE, SSE2, SSE3 et SSSE3

Le processeur Pentium III présenté en février 1999 incluait une mise à jour de MMX nommée SSE (*Streaming SIMD Extensions*, extensions SIMD de flux). Cette mise à jour était également appelée KNI (*Katmai New Instructions*) car elle était incluse à l'origine sur les processeurs Katmai, le nom de code du Pentium III. Le Celeron 533A et les processeurs Celeron plus rapides basés sur le noyau du Pentium III prennent également en charge les instructions SSE. Ce n'est par contre pas le cas des anciens Pentium II et des Celeron 533 et antérieurs (basés sur le noyau Pentium II).

SSE ajoute à MMX 70 nouvelles instructions destinées au traitement du son et des graphiques. Le procédé SSE est analogue à celui de MMX. En fait, parallèlement à son appellation KNI, il fut nommé MMX-2 par certains, avant sa mise sur le marché. En plus de ces ajouts, les instructions SSE permettent les calculs en virgule flottante et, au lieu de partager l'unité de virgule flottante standard comme c'était le cas avec MMX, elles utilisent une unité séparée dans le processeur.

SSE2 a été introduit en novembre 2000, en même temps que le processeur Pentium 4. Il ajoute 144 nouvelles instructions SIMD et contient bien évidemment toutes les instructions précédentes MMX et SSE.

SSE3 est arrivé en février 2004, avec le processeur Pentium 4 Prescott, et ajoute 13 nouvelles instructions SIMD pour les mathématiques complexes, les graphiques, l'encodage vidéo et la synchronisation des threads. Il contient évidemment les instructions MMX, SSE et SSE2 précédentes.

SSSE3 (*Supplemental SSE3*) a été présenté en juin 2006 dans les processeurs Xeon 5100 pour serveurs, puis en juillet 2006 dans les processeurs Core 2. Il ajoute 32 nouvelles instructions SIMD à SSE3. Intel a d'ores et déjà annoncé SSE4, qui contiendra 50 autres nouvelles instructions SIMD.

SSE comprend de nouvelles instructions en virgule flottante, des instructions sur les nombres entiers supplémentaires et des instructions de contrôle de l'utilisation de la mémoire cache. Certaines technologies bénéficiant des instructions SSE sont le traitement avancé des images, les procédés 3D vidéo, la diffusion des sons et des vidéos (les disques vidéo DVD), ainsi que les systèmes de reconnaissance de la parole. Voici les avantages des instructions SSE :

- meilleure qualité d'image et plus grande résolution lors de la visualisation et de la manipulation pour les logiciels graphiques ;
- meilleure qualité audio, vidéo MPEG-2, codage et décodage MPEG-2 simultanés pour les applications multimédias ;
- utilisation réduite du processeur lors des activités de reconnaissance de la parole, ainsi qu'une plus grande précision et des temps de réponse plus rapides dans les logiciels de reconnaissance vocale.

Les instructions SSE sont particulièrement utiles pour le décodage MPEG-2, qui est le procédé standard utilisé pour les disques vidéo DVD. Les processeurs dotés du dispositif SSE devraient être plus en mesure de réaliser le décodage MPEG-2 à la vitesse maximale sans avoir besoin d'une carte de décodage MPEG-2 supplémentaire. Ces processeurs sont donc également beaucoup plus performants et rapides que leurs prédécesseurs en ce qui concerne la reconnaissance de la parole.

L'un des principaux avantages de SSE par rapport à MMX est la prise en charge des opérations SIMD en virgule flottante en simple précision, opérations qui représentaient un véritable goulot d'étranglement dans le traitement graphique 3D. Comme MMX, SIMD permet l'exécution d'opérations multiples pour chaque instruction du processeur. SSE peut ainsi gérer jusqu'à quatre opérations en virgule flottante à chaque cycle : il est ainsi possible également d'appliquer la même opération à quatre données simultanément. Les instructions SSE en virgule flottante peuvent être combinées avec des instructions MMX sans perte au niveau des performances. SSE prend aussi en charge le *préchargement* (*prefetching*) des données, un mécanisme capable de lire les données dans un cache avant même qu'elles ne soient appelées.

Mais pour que chacune des instructions SSE puisse être bénéfique, elle doit être codée dans le logiciel. Ainsi, seules les applications reconnaissant les instructions SSE pourront permettre de tirer profit de cette nouvelle technologie. La majorité des sociétés qui créent des logiciels basés sur le son et les graphiques a effectué une mise à jour de ses applications et utilise les caractéristiques des SSE. C'est par exemple le cas d'Adobe Photoshop, qui offre des performances accrues grâce aux SSE sur des processeurs adéquats. Microsoft a intégré la prise en charge des SSE dans DirectX 6.1 et dans les pilotes graphiques ou audio livrés avec Windows 98 et les versions ultérieures.

Chaque jeu d'instructions SIMD successif se fonde sur le précédent. De ce fait, les processeurs qui incluent le procédé SSE4 comprennent également les procédés SSE précédents, jusqu'à MMX.

3DNow!, 3DNow! Enhanced et 3DNow! Professional

La technologie 3DNow! est l'alternative aux instructions SSE des processeurs Intel proposée par AMD. En réalité, 3DNow! est apparu au départ avec la série K6, avant même qu'Intel ne mette sur le marché les SSE dans ses Pentium III. La version étendue, 3DNow! Enhanced, a vu le jour avec les processeurs Athlon et Duron. La dernière version, 3DNow! Professional, est arrivée avec les premiers processeurs Athlon XP. AMD a obtenu une licence MMX de la part d'Intel, et tous les produits des séries K6, Athlon et Duron ainsi que les processeurs postérieurs prennent en charge l'intégralité des instructions MMX. Pour éviter de devoir acheter une licence pour les SSE d'Intel, AMD a conçu un jeu d'extensions à MMX appelé 3DNow!. Introduits en mai 1998 avec les processeurs K6-2 puis étendus lors de l'introduction de l'Athlon en juin 1999, 3DNow! et 3DNow! Enhanced sont des jeux d'instructions qui élargissent les capacités multimédias des puces AMD au-delà de MMX. Il en résulte de meilleures performances pour les graphiques 3D, le multimédia et toutes les applications PC fondées sur de nombreuses opérations en virgule flottante.

La technologie 3DNow! est un jeu de 21 instructions qui utilisent les techniques SIMD pour opérer sur des tableaux de données plutôt que sur des éléments individuels. 3DNow! Enhanced ajoute 24 nouvelles instructions aux 21 du début, soit un total de 45 instructions. Présenté comme une extension de la technologie MMX, 3DNow! s'apparente aux SSE des processeurs Pentium III et Celeron d'Intel. Selon AMD, 3DNow! offre à peu près la même amélioration de MMX que SSE, mais avec un nombre d'instructions et une complexité moindres. Si les deux technologies se ressem-

blent fortement de par leurs possibilités, elles ne sont pas compatibles au niveau des instructions : les logiciels prenant en charge SSE ne prennent pas en charge 3DNow! et inversement.

Comme SSE, 3DNow! prend en charge les opérations SIMD en virgule flottante et simple précision, et permet quatre opérations en virgule flottante à chaque cycle. Les instructions 3DNow! en virgule flottante peuvent être combinées avec des instructions MMX sans perte de performance. 3DNow! utilise lui aussi le préchargement (*prefetching*) des données.

Les similitudes ne s'arrêtent pas là : 3DNow! est parfaitement reconnu par les logiciels, y compris Windows 9x et tous les nouveaux systèmes d'exploitation de Microsoft. Cependant, la prise en charge spécifique de 3DNow! ne constitue plus un problème si vous disposez d'un Athlon XP ou d'un processeur plus récent, car leur technologie 3DNow! Professional est compatible avec SSE.

La dernière version de 3DNow!, 3DNow! Professional, ajoute 51 instructions à 3DNow! Enhanced. Autrement dit, elle prend en charge toutes les commandes SSE. Par conséquent, toutes les puces AMD actuelles disposent au moins de possibilités SSE. AMD a ajouté la prise en charge de SSE2 dans les processeurs Athlon 64, Athlon 64FX et Opteron 64 bits. SSE3 est inclus dans les versions 0,09 µm de l'Athlon 64 et toutes celles de l'Athlon 64 X2 double cœur. Les futurs processeurs d'AMD devraient également incorporer SSE4.

Exécution dynamique

D'abord utilisée sur les processeurs P6 (de sixième génération), l'exécution dynamique permet au processeur d'exécuter plus d'instructions en parallèle et d'achever ainsi les tâches plus rapidement. Cette technologie est constituée de trois éléments principaux :

- **Prédiction des branchements.** Le flux d'un programme est évalué par l'intermédiaire de plusieurs branches.
- **Analyse du flux de données.** Les instructions à exécuter sont analysées et planifiées, indépendamment de leur ordre dans le programme.
- **Exécution spéculative.** Les performances du processeur sont optimisées en anticipant sur le compteur de programme.

Prédiction des branchements

La prédiction des branchements est une fonctionnalité qui n'était proposée au départ que par les processeurs haut de gamme. Elle permet au processeur de maintenir le remplissage du pipeline d'instructions tout en travaillant à grande vitesse. Une unité spéciale du processeur, chargée de récupérer et de décoder les instructions, utilise un algorithme de prédiction des branchements hautement optimisé pour anticiper les sauts ou les branchements au sein du flux d'instructions. Le principe est identique à celui appliqué par un joueur d'échecs qui élabore à l'avance plusieurs stratégies en anticipant le jeu de son adversaire sur les déplacements à venir. Cette prédiction des instructions engendre une exécution sans temps d'attente.

Analyse du flux de données

L'analyse dynamique étudie le flux de données passant par le processeur pour détecter les opportunités d'exécution des instructions, indépendamment de leur ordre dans le programme original. Une unité spéciale de répartition et d'exécution dans le processeur surveille les instructions et est en mesure de les exécuter suivant une séquence optimisant l'emploi de plusieurs unités d'exécution superscalaires. Cette technique permet de maintenir l'activité des unités d'exécution, même en cas d'échec du cache ou lorsque des instructions indépendantes des données risquent de bloquer le traitement.

Exécution spéculative

L'exécution spéculative est la capacité du processeur à exécuter des instructions en avance du compteur réel du programme. L'unité de répartition et d'exécution du processeur fait appel à l'analyse du flux de données pour exécuter toutes les instructions disponibles dans le groupe d'instructions et stocker les résultats dans des registres temporaires. Une unité de retrait se charge ensuite de rechercher les instructions déjà exécutées qui ne dépendent plus des données d'autres instructions ou qui sont affectées de prédictions de branchements non résolues. Si des instructions de ce type sont détectées, les résultats sont envoyés en mémoire par l'unité de retrait ou l'architecture Intel appropriée dans l'ordre d'émission, puis les instructions sont supprimées.

L'exécution dynamique libère principalement le processeur des contraintes et de la dépendance à l'égard d'un séquençage linéaire des instructions. En favorisant l'exécution des instructions indépendamment de leur ordre dans le programme original, il en résulte des unités d'instructions toujours actives et qui n'ont pas à attendre les données livrées par la mémoire. Bien que les instructions puissent être prédites et exécutées indépendamment de leur ordre dans le programme original, les résultats sont bien envoyés dans l'ordre prévu pour éviter toute rupture du flux de données. Cela permet à un P6 d'exécuter les logiciels d'architecture Intel existants, exactement comme les P5 (Pentium) ou les processeurs antérieurs, mais avec une vitesse accrue.

Architecture à deux bus indépendants

L'architecture à deux bus indépendants (DIB, *Dual Independent Bus*) a d'abord été implémentée sur les processeurs de sixième génération d'Intel et AMD. Elle a été mise au point pour améliorer la largeur de bande et les performances du bus de processeur. Avec deux bus d'entrées/sorties de données parfaitement indépendants, le processeur peut passer par l'un ou l'autre de ces bus en parallèle, et même par les deux bus simultanément, pour accéder aux données. Auparavant, il devait se contenter d'un accès séquentiel (reposant sur un seul bus). Le bus de processeur principal (souvent appelé frontal) est l'interface entre le processeur et la carte mère ou le chipset. Le second bus de processeur dans une architecture DIB est utilisé pour la mémoire cache de niveau 2. Il permet d'atteindre des fréquences plus importantes que s'il devait partager le bus de processeur principal.

Comme son nom l'indique, l'architecture à deux bus indépendants est composée de deux bus : le bus de mémoire cache de niveau 2 et le bus de processeur principal, également appelé bus frontal ou FSB (*Front-Side Bus*). Les processeurs de la génération P6, du Pentium Pro au Core 2 et à l'Athlon 64, peuvent utiliser les deux bus simultanément, éliminant un goulet d'étranglement à ce niveau. L'architecture à deux bus indépendants permet à la mémoire cache L2 des processeurs récents de travailler à pleine vitesse du noyau du processeur sur un bus indépendant, le bus de processeur principal (FSB) se chargeant du flux de données normal vers et depuis le module. Les deux bus travaillent à des vitesses différentes. Le bus frontal, ou bus de processeur principal, est couplé à la vitesse de la carte mère, alors que le cache L2 est couplé à la vitesse du noyau du processeur. À mesure que la vitesse des futurs processeurs augmentera, celle du cache L2 suivra cette progression.

L'idée de base de l'architecture à deux bus indépendants était de déplacer le cache L2 de la carte mère pour l'incorporer au processeur. Le cache L1 a toujours été intégré au noyau du processeur, mais le cache L2 était plus volumineux et devait donc à l'origine être externe. Cette opération permet au cache L2 de fonctionner à une fréquence beaucoup plus proche de celle du cache L1, c'est-à-dire beaucoup plus rapidement que la carte mère ou le bus du processeur.

L'architecture à deux bus indépendants permet aussi au bus système d'effectuer plusieurs transactions simultanément (au lieu d'être contraint d'effectuer plusieurs transactions distinctes suivant un ordre séquentiel), ce qui accélère le flux d'informations au sein de l'ordinateur et en améliore les performances. Dans l'ensemble, cette architecture offre une largeur de bande trois fois plus importante que celle d'un processeur reposant sur une architecture à bus unique.

Technologie Hyper-Threading

Les ordinateurs équipés de deux processeurs ou plus ont de tout temps offert de meilleures performances par rapport aux machines à processeur unique, à condition que le système d'exploitation prenne en charge les processeurs multiples, comme c'est le cas de Windows NT 4.0, 2000, XP Professionnel, Vista (Professionnel, Entreprise et Édition Intégrale) et Linux. Néanmoins, les cartes mères et systèmes à double processeur ont toujours été comparativement plus chers que les PC à processeur unique et une mise à niveau d'un PC prévu pour deux processeurs mais équipé d'un seul est une opération délicate car il faut arriver à faire correspondre les fréquences et les spécifications des processeurs. La technologie Hyper-Threading d'Intel permet à un processeur unique de traiter deux jeux indépendants d'instructions en même temps. Par essence, cette technologie convertit un processeur physique unique en deux processeurs virtuels.

En mars 2002, Intel a introduit la technologie HT dans sa série de processeurs Xeon destinée aux serveurs. HT permet à des serveurs multiprocesseurs de fonctionner comme s'ils étaient équipés du double de processeurs. Au départ, HT a été intégré aux processeurs Xeon avec bus système à 533 MHz puis a été transposé sur des processeurs pour PC, dont le Pentium 4 à 3,06 GHz, en novembre 2002. Cette technologie est également présente dans tous les processeurs Pentium 4 dont la fréquence de bus processeur est de 800 MHz (2,4 GHz jusqu'à 3,8 GHz), ainsi que dans les Pentium 4 Extreme Edition et les Pentium Extreme Edition double cœur. Elle précède les processeurs

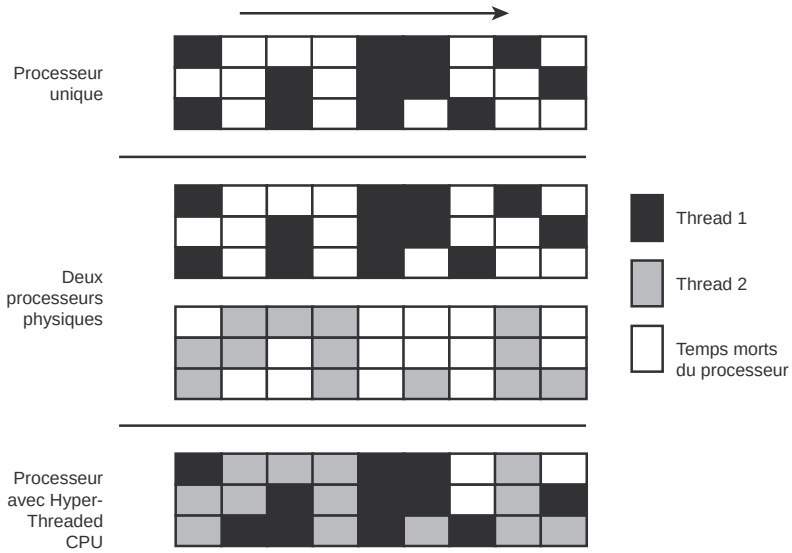
réellement double cœur et ni les Pentium D double cœur, ni les Core 2 ne l'intègrent car ces processeurs disposent à la place de plusieurs cœurs physiques.

Fonctionnement

En interne, un processeur compatible HT dispose de deux jeux de registres généraux, de registres de contrôle et d'autres composants d'architecture, mais les deux processeurs logiques partagent le même cache, les mêmes unités d'exécution et les mêmes bus. En cours d'opération, chaque processeur logique dispose d'un thread unique (voir Figure 2.2).

Figure 2.2

Un processeur avec technologie HT comble les temps morts avec un second processeur, améliorant les performances du multitâche et des applications en multithreading.



Bien que le partage de certains composants du processeur ait pour conséquence une vitesse moindre pour les processeurs HT que pour les systèmes à double processeur, la vitesse augmente de 25 % ou plus lors de l'exécution de multiples applications ou d'application multithread.

Exigences

Le premier processeur HT est le Pentium 4 à 3,06 GHz d'Intel. Tous les modèles Pentium 4 plus rapides prennent également en charge cette technologie. Toutefois, un processeur P4 HT ne peut pas, par lui-même, apporter tous les avantages de la technologie HT à votre système. Il lui faut pour cela :

- **Une carte mère compatible (chipset)**. Prévoyez éventuellement une mise à jour du BIOS.
- **Une prise en charge du BIOS pour activer/désactiver la technologie HT**. Si votre système d'exploitation n'accepte pas HT, désactivez la fonction. Les performances des applications

varient (certaines sont plus rapides, d'autres plus lentes), lorsque la technologie HT est activée. Si cet aspect vous importe, effectuez des tests de performances pour chaque application afin de déterminer si la technologie HT est bénéfique.

- **Un système d'exploitation compatible, tel que Windows XP ou Vista**. Lorsque l'Hyper-Threading est activé sur ces systèmes, le gestionnaire de périphériques affiche deux processeurs, même si un seul processeur physique est présent.

Bien que Windows NT 4.0 et 2000 soient conçus pour l'emploi de plusieurs processeurs physiques, la technologie HT nécessite des optimisations spécifiques des systèmes d'exploitation pour travailler correctement. Les distributions Linux basées sur le Kernel 2.4.18 et plus prennent en charge l'Hyper-Threading.

Technologie multicœur

La technologie HT *simule* la présence de deux processeurs dans une même unité physique. Malgré tout l'intérêt de cette solution, il est préférable d'avoir deux processeurs *réels* ou plus. Un processeur multicœur contient en réalité deux noyaux de processeur, ou plus, sur la même puce. De l'extérieur, il ressemble à un seul processeur et est considéré comme tel pour les licences Windows. En revanche, à l'intérieur, il peut être constitué de deux, quatre ou plus noyaux de processeur. Un processeur multicœur possède tous les avantages d'un ensemble de processeurs physiques séparés, pour un coût moindre. Par ailleurs, il permet d'éviter des problèmes avec les licences du système d'exploitation. Par exemple, bien que les éditions Familiale Basique et Familiale Premium de Windows Vista, ainsi que l'édition Familiale de Windows XP, ne prennent en charge qu'un seul processeur, les quatre cœurs d'une même puce seront reconnus et parfaitement opérationnels. De même, pour les éditions Entreprise et Intégrale de Windows Vista, ainsi que XP Professionnel, qui acceptent jusqu'à deux processeurs, la présence de deux unités à quatre cœurs offrira huit noyaux parfaitement opérationnels.

✔ Pour plus d'informations, voir la section "Processeurs multicœurs", p. 95.

AMD et Intel ont sorti leurs processeurs x86 double cœur en 2005. Le premier modèle d'AMD, l'Athlon 64 X2, peut être installé sur la plupart des cartes mères de type Socket 939 conçues initialement pour les processeurs monocœurs Athlon 64 ou Athlon 64 FX. Dans certains cas, une mise à jour du BIOS peut être nécessaire. AMD a également proposé en 2005 des versions double cœur des processeurs Opteron destinés aux stations de travail et aux serveurs. Les premiers processeurs double cœur d'Intel, le Pentium Extreme Edition et le Pentium D, utilisent le même support Socket 775 que les Pentium 4 précédents. Cependant, il leur faut des cartes mères dont le chipset prend en charge le fonctionnement à double cœur. Les processeurs les plus récents d'Intel sont les Core 2 Duo, qui s'insèrent toujours dans un Socket 775 bien que les chipsets et les cartes mères aient évolué. AMD a créé des versions Socket AM2 des Athlon 64 FX, Athlon 64 X2 et Athlon X2, avec une prise en charge de la mémoire DDR2, ainsi que des processeurs Phenom X2 conçus pour le Socket AM3, avec une prise en charge de la mémoire DDR2 et DDR3. Intel a livré les premiers processeurs à quatre cœurs en novembre 2006, les Core 2 Extreme QX et Core 2 Quad. AMD a ensuite présenté son modèle, le Phenom X4.

Avantages

Quelle que soit la rapidité d'un processeur monocœur classique ou la quantité de RAM installée dans un système, il faut s'assurer que chaque programme et processus en cours d'exécution dispose des ressources nécessaires. Plus le nombre de programmes ouverts à l'écran est important, plus le temps processeur alloué à chacun d'eux est réduit. Les performances du système se dégradent alors. Les stations de travail et les serveurs bénéficient depuis longtemps des avantages des architectures multiprocesseurs, notamment un multitâche plus réactif, de meilleures performances dans les applications multithread et un débit global plus important pour les applications métier et graphiques (en termes d'instructions par cycle d'horloge).

Cependant, le coût élevé des cartes mères multiprocesseurs et des nombreux processeurs à installer n'ont pas permis aux utilisateurs de systèmes bureautiques de profiter des mêmes avantages.

Infos

Une application multithread peut exécuter simultanément différentes parties du programme, appelées ***threads****, présentes dans le même espace d'adressage. Les threads peuvent partager du code et des données. Ces programmes s'exécutent plus rapidement sur un processeur multicœur ou sur un processeur disposant de la technologie HT que sur un processeur monocœur ou non HT.*

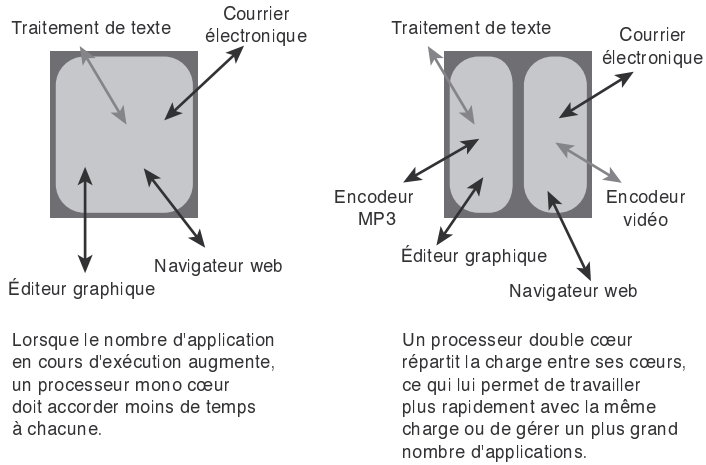
Si vous utilisez plusieurs applications en même temps, comme une messagerie électronique, un navigateur web, des programmes bureautiques (traitement de texte et tableur), outils graphiques, etc., vous avez tout intérêt à vous tourner vers un processeur multicœur. Ces processeurs, proposés par Intel et AMD, sont conçus pour offrir les avantages des systèmes multiprocesseurs aux systèmes bureautiques, en plaçant deux noyaux de processeur, ou plus, dans une même unité physique.

En réunissant deux noyaux sur la même puce physique, ces processeurs offrent tous les avantages d'un ordinateur multiprocesseur, pour un coût inférieur à celui de deux processeurs équivalents. Contrairement à la technologie HT d'Intel, qui simule la présence de deux processeurs au sein d'une même unité physique, les processeurs double cœur n'ont pas besoin d'une prise en charge spécifique pour améliorer les performances. Grâce à cette approche, chaque application ou thread d'une application peut se voir attribuée un temps processeur plus important, ce qui fournit de meilleures performances dans un environnement multitâche.

Les processeurs multicœurs sont conçus pour les utilisateurs du multitâche (qui lancent plusieurs programmes à la fois) ou d'applications multithread. Autrement dit, il s'agit aujourd'hui de pratiquement tous les utilisateurs de PC. La Figure 2.3 montre comment un processeur double cœur prend en charge plusieurs applications pour améliorer les performances.

Il faut savoir qu'un processeur multicœur n'améliore pas les performances d'une application monotâche. Par exemple, si vous ne jouez pas à des jeux 3D multithread sur votre PC, il est probable qu'aucune application ne tirera parti d'un processeur double cœur. Heureusement, de plus en plus de logiciels, y compris les jeux, se fondent sur un développement multithread. Ils vont automatiquement bénéficier des processeurs multicœurs, car les différents threads du programme peuvent être répartis sur les cœurs disponibles.

Figure 2.3
Gestion du multitâche par un processeur monocœur (à gauche) et un processeur double cœur (à droite).



Supports des processeurs

Intel et AMD ont conçu différents supports pour leurs familles et modèles de processeurs. Le Tableau 2.15 récapitule les supports développés pour les processeurs depuis le 486 et indique les puces qui peuvent y être insérées.

Tableau 2.15 : Caractéristiques des supports de processeurs

Puce	Socket	Broches	Agencement	Tension	Processeurs reconnus	Sortie
Intel/AMD 486	Socket 1	169	PGA 17 × 17	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD	Avril 89
	Socket 2	238	PGA 19 × 19	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD, 486 Pentium OD	Mars 92
	Socket 3	237	PGA 19 × 19	5 V/3,3 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, 486 Pentium OD, AMD 5x86	Février 94
	Socket 6[1]	235	PGA 19 × 19	3,3 V	486 DX4, 486 Pentium OD	Février 94
Intel/AMD 586 (Pentium)	Socket 4	273	PGA 21 × 21	5 V	Pentium 60/66, OD	Mars 93
	Socket 5	320	SPGA 37 × 37	3,3 V/3,5 V	Pentium 75-133, OD	Mars 94
	Socket 7	321	SPGA 37 × 37	VRM	Pentium 75-233+, MMX, OD, AMD K5/K6, Cyrix M1/II	Juin 95
Intel 686 (Pentium II/III)	Socket 8	387	SPGA double	VRM auto	Pentium Pro, OD	Novembre 95
	Slot 1 (SC242)	242	Slot	VRM auto	Pentium II/III, Celeron SECC	Mai 97
	Socket 370	370	SPGA 37 × 37	VRM auto	Celeron/Pentium III PPGA/ FC-PGA	Novembre 98
Intel Pentium4	Socket 423	423	SPGA 39 × 39	VRM auto	Pentium 4 FC-PGA	Novembre 00
	Socket 478	478	mPGA 26 × 26	VRM auto	Pentium 4/Celeron FC-PGA2	Octobre 01

Tableau 2.15 : Caractéristiques des supports de processeurs (*suite*)

Puce	Socket	Broches	Agencement	Tension	Processeurs reconnus	Sortie
	Socket T (LGA775)	775	LGA 30 × 33	VRM auto	Pentium 4/Celeron/Pentium D/ Pentium Extreme Edition/	Juin 04
AMD K7	Slot A	242	Slot	VRM auto	AMD Athlon SECC	Juin 99
	Socket A (462)	462	SPGA 37 × 37	VRM auto	AMD Athlon/Athlon XP/ Duron PGA/FC-PGA	Juin 00
AMD K8	Socket 754	754	mPGA 29 × 29	VRM auto	AMD Athlon 64	Septembre 03
	Socket 939	939	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64 v.2	Juin 04
	Socket 940	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64FX, Opteron	Avril 03
	Socket AM2	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64FX, X2	Mai 06
	Socket F (1207FX)	1207	LGA 35 × 35	VRM auto	AMD Athlon QuadFX, Opteron	Août 06
Intel/AMD serveur et station de travail	Slot 2(SC330)	330	Slot	VRM auto	Pentium II/III Xeon	Avril 98
	Socket 603	603	mPGA 31 × 25	VRM auto	Xeon (P4)	Mai 01
	Socket 604	604	mPGA 31 × 25	VRM auto	Xeon (P4)	Octobre 03
	Socket PAC418	418	SPGA split 38 × 22	VRM auto	Itanium	Mai 01
	Socket PAC611	611	mPGA 25 × 28	VRM auto	Itanium 2	Juillet 02
	Socket 940	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64FX, Opteron	Avril 03

1. Le Socket 6 n'a jamais été utilisé dans des systèmes réels.
FC-PGA = *Flip-Chip Pin Grid Array.*
FC-PGA2 = FC-PGA avec dissipateur de chaleur intégré.
OD = *OverDrive* (processeurs de mise à niveau).
PAC = *Pin Array Cartridge.*
PGA = *Pin Grid Array.*
PPGA = *Plastic Pin Grid Array.*
SC242 = *Slot Connector*, 242 broches.
SC330 = *Slot Connector*, 330 broches.
SECC = *Single Edge Contact Cartridge.*
SPGA = *Staggered Pin Grid Array.*
mPGA = *Micro Pin Grid Array.*
VRM = *Voltage Regulator Module*, module de régulation dont la tension de sortie variable est déterminée par le type de module ou des interrupteurs.
VRM auto = VRM dont la tension de sortie est déterminée par les broches d'identification de la tension du processeur.

Socket 939 et 940

Le Socket 939 est employé avec les versions Socket 939 de l'AMD Athlon 64 et 64 FX et 64 X2 (voir Figure 2.4). Il est également utilisé avec certaines versions récentes de l'Opteron pour les stations de travail et les serveurs. Les cartes mères utilisant ce socket prennent en charge les modules conventionnels DDR SDRAM sans tampon, en modes simple ou double canal, plutôt que les modules plus orientés serveur, plus chers, requis par les cartes mères à Socket 940. La disposition des broches sur les Socket 939 et 940 est différente, chacun faisant appel à ses propres processeurs qui ne sont donc pas interchangeables.

Le Socket 940 est employé avec les versions Socket 940 de l'AMD Athlon 64 FX, ainsi qu'avec les processeurs AMD Opteron (voir Figure 2.5). Les cartes mères utilisant ce socket prennent en charge uniquement des modules DDR SDRAM Registered en mode double canal. En raison des différences dans la disposition des broches, les processeurs pour Socket 939 ne s'adaptent pas dans un Socket 940 et inversement.

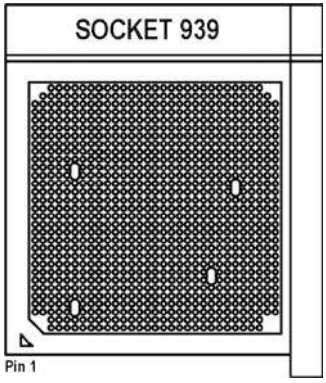


Figure 2.4

Le Socket 939. Le coin coupé en bas à gauche indique la position de la broche 1.

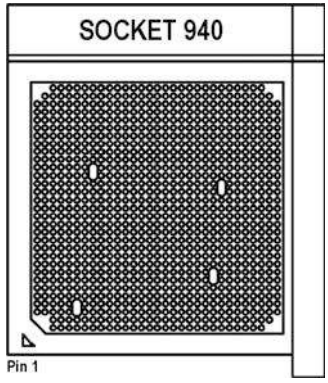


Figure 2.5

Le Socket 940.

Socket LGA775

Le Socket LGA775 (ou Socket T) est employé par les processeurs Core 2 Duo/Quad, les dernières versions du processeur Intel Pentium 4 Prescott et les processeurs Pentium Extreme Edition, ainsi que par certains modèles des Celeron et Celeron D. Le Socket LGA775 est unique en ce qu'il fait appel au format *Land Grid Array*, les broches se trouvant sur le socket et non sur le processeur. Les premiers processeurs LGA étaient les Pentium II et Celeron, en 1997. Dans ces modèles, le conditionnement LGA servait au module monté sur les cartouches de type Slot 1.

Le format LGA fait appel à des plaquettes d'or (appelées *lands*) au bas du substrat pour remplacer les broches des cartouches PGA. Sous forme de socket, ce format offre des clips plus solides et donc

une meilleure stabilité ainsi qu'une dissipation thermique améliorée (d'où un meilleur refroidissement). Le format LGA est en fait une version recyclée de ce que nous appelions précédemment les cartouches LCC (*Leadless Chip Carrier*). Cette solution était utilisée il y a bien longtemps (1984) sur les processeurs 286 qui disposaient déjà de plaquettes en or sur les bordures (d'où un nombre beaucoup plus faible de broches). Sous un autre angle, le format LGA est simplement une version modifiée du format BGA (*Ball Grid Array*), les plaquettes en or remplaçant les soudures. Les premiers boîtiers LCC étaient en céramique, alors que les premiers boîtiers LGA Pentium II étaient en plastique, le boîtier étant soudé au substrat de la cartouche. Aujourd'hui, le boîtier LGA est en matière organique et directement soudé. Au plan technique, les modules LGA combinent plusieurs technologies de conditionnement qui ont toutes déjà été expérimentées dans le passé, y compris la technologie OLGA (*Organic Land Grid Array*) pour le substrat et les connexions en technologie Flip-Chip C4 (*Controlled Collapse Chip Connection*) pour la matrice (voir Figure 2.6).

Socket AM2

En mai 2006, AMD a sorti des processeurs qui utilisent un nouveau support, appelé Socket AM2 (voir Figure 2.7). AM2 est présenté comme le remplaçant final des Socket 754, Socket 939 et Socket 940 incompatibles pour les processeurs Athlon 64, Athlon 64 FX et Athlon 64 X2.

Bien que le Socket AM2 possède 940 broches, comme le Socket 940, il est conçu pour prendre en charge les contrôleurs mémoire DDR2 double canal intégrés qui ont été ajoutés en 2006 aux processeurs de type Athlon 64 et Opteron. Les processeurs conçus pour les Socket 754, 939 et 940 disposent de contrôleurs mémoire DDR et ne sont donc pas compatibles avec les broches du Socket AM2.

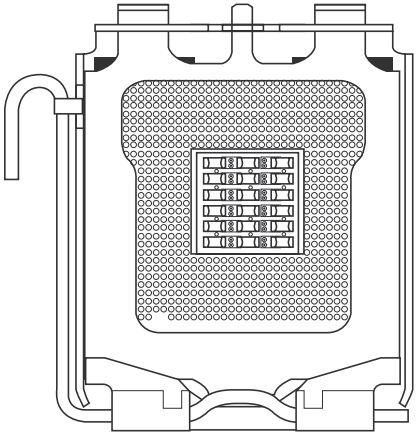


Figure 2.6

Socket T. Le levier à gauche permet de relever les pinces afin que le processeur puisse être placé sur les contacts.

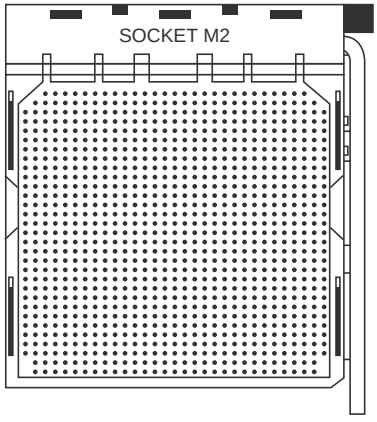


Figure 2.7

Socket AM2. Le coin coupé en bas à gauche indique la position de la broche 1.

Socket F (1207FX)

Le Socket F (ou 1207FX) a été introduit par AMD en août 2006 pour ses processeurs Opteron destinés aux serveurs. Il s'agit du premier support de type LGA (*Land Grid Array*) proposé par AMD (analogue au Socket LGA775 d'Intel), avec 1207 broches disposées sur une matrice 35 × 35 et placées sur le support à la place du processeur. En général, le Socket F est présent par paires sur les cartes mères, car il est conçu pour des systèmes à deux processeurs physiques. Il a été utilisé par AMD pour ses modèles Quad FX, qui sont des processeurs double cœur appariés et fonctionnant comme un système double cœur à deux supports. Les versions futures pourraient prendre en charge les processeurs quadruple cœur, pour un total de huit noyaux dans le système. Le coût très élevé des systèmes à deux processeurs physiques fait qu'il existe très peu de cartes mères équipées du Socket F et non destinées à des serveurs.

Tensions de fonctionnement des processeurs

Une tendance s'est imposée aux yeux de toute personne ayant suivi l'évolution de la conception du processeur : les tensions de fonctionnement sont devenues de plus en plus faibles. Les avantages d'une tension réduite sont triples. Le bénéfice le plus évident est une diminution globale de la consommation. En consommant moins, le système est plus économique et, chose plus importante pour les portables et les ordinateurs mobiles, il fonctionne plus longtemps sur la batterie. L'accent mis sur le fonctionnement par batterie a grandement contribué à cette avancée, car l'effet d'une tension réduite sur la durée de vie de la batterie est important.

Le deuxième avantage non négligeable est le suivant : avec moins de tension, et donc moins de consommation, la production de chaleur est moindre. Les processeurs qui chauffent moins lors de leur fonctionnement peuvent être disposés de façon plus rapprochée dans les ordinateurs. De plus, leur durée de vie est rallongée.

Le troisième bénéfice est qu'un processeur qui chauffe et consomme moins peut être conçu pour s'exécuter plus rapidement. Le fait de diminuer la tension a été l'un des facteurs clés qui a permis d'augmenter sensiblement les fréquences d'horloge des processeurs. En effet, puisque la tension est plus faible, il faut moins de temps pour que le signal change d'état.

Jusqu'au lancement du Pentium mobile et des Pentium MMX de bureau et pour portables, la plupart des processeurs ne possédaient qu'un niveau de tension pour alimenter le noyau et faire fonctionner les circuits d'entrées/sorties. Cette tension était généralement de 5 V ; elle a, par la suite, été réduite à 3,5 V ou 3,3 V afin de diminuer la consommation. Lorsqu'un seul niveau de tension est utilisé pour alimenter le noyau du processeur interne, le bus du processeur externe et les signaux d'entrées/sorties, on dit que le processeur possède une tension simple ou unifiée.

Lors de la conception initiale de la version du Pentium destinée aux ordinateurs portables, Intel a imaginé un système capable de réduire de façon importante la consommation tout en restant compatible avec les chipsets de 3,3 V existants, la logique du bus, la mémoire ainsi qu'avec les autres composants. Le résultat est une tension double ou séparée, où le processeur fonctionne à une tension moindre alors que les circuits d'entrées/sorties restent à 3,3 V. Ce système fut initialement nommé

VRT (*Voltage Reduction Technology*, technologie à réduction de tension) et apparut pour la première fois dans les processeurs Mobile Pentium lancés en 1996. Ce mode d'alimentation fut adopté plus tard pour les processeurs destinés aux ordinateurs de bureau, tels que le Pentium MMX, qui utilisaient 2,8 V pour alimenter le noyau et 3,3 V pour les circuits d'entrées/sorties. De nos jours les processeurs, qu'ils soient destinés à des portables ou à des ordinateurs de bureau, sont équipés d'une double tension. Certains des Mobile Pentium II les plus récents utilisent seulement 1,6 V pour alimenter le noyau et restent toujours compatibles avec les composants de 3,3 V pour les entrées/sorties.

La recherche du niveau de tension nécessaire ne pose pas de gros problèmes avec les Socket 8, Socket 370, Socket A, Socket 604, Socket 754, Socket 40, Pentium Pro (Socket 8) ou Pentium II (Slot 1 ou Slot 2), car ces supports et connecteurs possèdent des broches VID (*Voltage ID*, identificateur de tension) dont se sert le processeur pour indiquer à la carte mère la tension exacte requise. De cette façon, les régulateurs de tension intégrés à la carte mère sont automatiquement ajustés à la tension correcte lors de l'installation du processeur.

Malheureusement, ce processus d'ajustement automatique de la tension n'est pas disponible sur le Super7, le Socket 7, et les cartes mères et processeurs plus anciens. Cela signifie que vous devez mettre en place des cavaliers ou configurer la carte mère selon la tension requise par les processeurs que vous êtes en train d'installer. Les processeurs Pentium (Socket 4, 5 ou 7) fonctionnent sur différentes tensions, mais les dernières versions MMX fonctionnent toutes en 2,8 V, à l'exception des Pentium mobiles, dont la tension de fonctionnement peut baisser jusqu'à 1,8 V. Le Tableau 2.16 recense les tensions dont se servent les processeurs Intel Pentium (non MMX) en Socket 7, qui utilisent une tension simple ou double. Le noyau du processeur et les broches d'entrées/sorties fonctionnent sur la même tension.

Tableau 2.16 : Tensions simples et doubles des processeurs avec support Socket 7

Tension	Processeur	Tension du noyau	Tension d'entrées/sorties	Type de tension
VRE (3,5 V)	Intel Pentium	3,5 V	3,5 V	Simple
STD (3,3 V)	Intel Pentium	3,3 V	3,3 V	Simple
MMX (2,8 V)	Intel MMX Pentium	2,8 V	3,3 V	Double
VRE (3,5 V)	AMD K5	3,5 V	3,5 V	Simple
3,2 V	AMD-K6	3,2 V	3,3 V	Double
2,9 V	AMD-K6	2,9 V	3,3 V	Double
2,4 V	AMD-K6-2/K6-3	2,4 V	3,3 V	Double
2,2 V	AMD-K6/K6-2	2,2 V	3,3 V	Double
VRE (3,5 V)	Cyrix 6x86	3,5 V	3,5 V	Simple
2,9 V	Cyrix 6x86MX/M-II	2,9 V	3,3 V	Double

Tableau 2.16 : Tensions simples et doubles des processeurs avec support Socket 7 (*suite*)

Tension	Processeur	Tension du noyau	Tension d'entrées/sorties	Type de tension
MMX (2,8 V)	Cyrix 6x86L	2,8 V	3,3 V	Double
2,45 V	Cyrix 6x86LV	2,45 V	3,3 V	Double

Généralement, la plage acceptable est de plus ou moins 5 % par rapport à la valeur nominale.

✔ Voir la section "Caractéristiques du processeur", p. 19.

La plupart des cartes mères à Socket 7 et Pentium plus récentes fournissent plusieurs niveaux de tension (2,2 V, 2,4 V, 2,5 V, 2,7 V, 2,8 V et 2,9 V, ainsi que les paramètres STD ou VRE plus anciens) pour offrir la compatibilité avec de nombreux processeurs. Un régulateur de tension intégré à la carte mère convertit la tension aux différents niveaux requis par le noyau du processeur. La documentation de votre carte mère et de votre processeur vous indiquera les paramètres appropriés.

Depuis le Pentium Pro, tous les processeurs récents déterminent automatiquement leur tension de fonctionnement en contrôlant le régulateur de tension de la carte mère. Cette opération s'effectue par le biais des broches VID (*Voltage ID*, identificateur de tension) intégrées.

Soulignons que pour les paramètres STD ou VRE, les tensions d'entrées/sorties et du noyau sont les mêmes : ce sont des tensions simples. Dès qu'une tension différente est définie, la carte mère prend la tension double par défaut. Dans ce cas, la tension du noyau peut être définie au cas par cas, alors que la tension d'entrées/sorties reste constante à 3,3 V.

Le Socket 5 ne fournit que les paramètres STD ou VRE. Ainsi, tout processeur qui est en mesure de fonctionner avec ces paramètres peut également fonctionner sur un Socket 5 ou un Socket 7. Les Socket 4, plus anciens, peuvent uniquement fournir 5 V. De plus, ils possèdent un brochage tout à fait différent (leurs broches sont moins nombreuses). Il est donc impossible d'installer un processeur conçu pour Socket 7 ou Socket 5 sur un support Socket 4.

Quand la rapidité est primordiale, de nombreuses cartes mères récentes autorisent un ajustement manuel, si nécessaire. Un grand nombre de personnes ont réalisé que pour overclocker un processeur il fallait augmenter la tension d'environ un dixième de volt. Cela accroît, bien sûr, la chaleur générée par le processeur et doit être pris en charge par un radiateur approprié.

Infos

Bien que les processeurs récents utilisent les broches VID pour sélectionner la tension appropriée, ceux qui utilisent le même support que les processeurs plus anciens peuvent demander une tension non gérée par la carte mère. Avant de mettre à niveau une carte mère existante en y insérant un nouveau processeur, vérifiez qu'elle prend en charge la tension du processeur et d'autres caractéristiques. Vous devrez peut-être mettre à jour le BIOS avant de changer le processeur afin qu'il soit correctement reconnu par la carte mère.

Coprocesseurs arithmétiques (unités en virgule flottante)

Cette section est consacrée au coprocesseur arithmétique, également appelé "coprocesseur mathématique", qui se présentait sous la forme d'une puce distincte sur les vieux ordinateurs équipés d'un 386 ou d'un processeur plus ancien. Les premiers processeurs conçus par Intel (et copiés par d'autres sociétés) peuvent être couplés à un coprocesseur arithmétique séparé. À partir du 486DX cependant, la société Intel, suivie par AMD et Cyrix, a intégré directement le coprocesseur arithmétique au processeur principal. Le coprocesseur assure un support matériel pour les opérations en virgule flottante qui exigeraient, sans sa présence, un travail trop important du processeur principal. Il n'accélère le fonctionnement de l'ordinateur qu'avec les logiciels qui l'utilisent efficacement. Tous les processeurs Intel et compatibles (tels que ceux d'AMD et de Cyrix) de cinquième et sixième générations intègrent une unité en virgule flottante (FPU, *Floating-Point Unit)*.

Le coprocesseur est capable d'effectuer des opérations mathématiques d'une grande complexité (divisions poussées, fonctions trigonométriques, racines et logarithmes, par exemple) 10 à 100 fois plus vite que le processeur principal. Ces opérations sont effectuées à l'aide de nombres non entiers (nombres qui comprennent des chiffres après la virgule décimale), encore appelés "nombres décimaux" ou "nombres en virgule flottante". Le qualificatif "flottant" vient de ce que la virgule décimale peut bouger (flotter) suivant la nature de l'opération effectuée. Les unités d'entiers du processeur principal travaillent avec des nombres entiers. Elles effectuent donc des additions, des soustractions et des multiplications. Le processeur principal a d'ailleurs été conçu pour effectuer ces calculs; par conséquent, ils ne sont pas confiés au processeur arithmétique.

Pour que le coprocesseur arithmétique fonctionne, il faut que les programmes le détectent et exécutent les instructions écrites spécifiquement pour lui. Sinon, le coprocesseur se contente de consommer de l'énergie électrique sans rien faire en contrepartie. Heureusement, la plupart des programmes modernes sont capables de détecter la présence de ce coprocesseur et d'en tirer avantageusement parti. Il s'agit en général de programmes effectuant de nombreuses opérations mathématiques, comme les tableurs, les systèmes de gestion de bases de données, les programmes de statistiques et les applications graphiques (les logiciels de CAO, par exemple). Les traitements de texte ne font aucun usage du coprocesseur mathématique et ne sont donc pas conçus pour en tirer parti. Le Tableau 2.17 répertorie les coprocesseurs arithmétiques disponibles pour la famille de processeurs Intel.

Depuis les séries 486, pratiquement tous les processeurs possèdent des unités en virgule flottante, et, pourtant, leurs performances ne sont pas identiques. Historiquement, les performances des unités en virgule flottante des processeurs Intel ont largement dépassé celles des processeurs AMD et Cyrix, bien que ces derniers parviennent à les égaler avec leurs nouvelles offres.

Tableau 2.17 : Récapitulatif des coprocesseurs arithmétiques

Processeur	Coprocesseur	Processeur	Coprocesseur
8086/8088	8087	486DX/DX2/DX4	FPU intégrée
286	287	Cyrix/VIA 6x86 et plus récents	FPU intégrée
386SX	387SX	Intel Pentium et plus récents	FPU intégrée
386DX	387DX	AMD Athlon et plus récents	FPU intégrée
486SX/SX2	487SX/ 486DX2		

Bogues de processeurs

Les fabricants de processeurs utilisent des appareils spéciaux pour tester leurs propres processeurs, mais vous devrez vous contenter d'outils moins élaborés. Le meilleur équipement de test que vous puissiez posséder est un ordinateur dont vous soyez certain du bon fonctionnement. Vous pouvez ensuite utiliser des logiciels de diagnostic de différents éditeurs de logiciels, ou encore des utilitaires conçus par le fabricant de votre ordinateur, afin de tester les fonctions de la carte mère et du processeur.

Le bogue le plus dangereux est peut-être celui de la division en virgule flottante présent dans les premiers processeurs Pentium. Les bogues de ce type seront détaillés un peu plus loin dans ce chapitre.

Étant donné que le processeur est le cerveau du système, la plupart des ordinateurs refusent de fonctionner correctement s'il est défectueux. Si vous pensez que la carte mère d'un ordinateur est hors service, remplacez le processeur par un modèle similaire en bon état que vous prendrez sur une carte mère qui fonctionne correctement. Si l'ordinateur ne fonctionne toujours pas, c'est effectivement le processeur qui est défectueux. Sinon, le problème est ailleurs, probablement au niveau de la carte mère, de la mémoire ou de l'alimentation. Si vous désirez plus d'informations au sujet de la réparation de ces composants, consultez les chapitres qui leur sont consacrés. Soulignons que les processeurs défectueux sont extrêmement rares.

Certains problèmes ou "bogues", heureusement peu nombreux, sont liés à la conception du produit à l'usine. En apprenant à les reconnaître, vous vous épargnerez des réparations et des remplacements superflus. Dans le reste de ce chapitre, vous pourrez voir que chaque partie consacrée à un processeur donné décrit les défauts connus de ce processeur, tels que l'erreur de virgule flottante pour le Pentium. Pour plus d'informations sur les bogues et défauts, consultez les sections qui suivent et contactez le fabricant du processeur si vous désirez des mises à jour.

Microcode et mise à jour du processeur

Tous les processeurs peuvent présenter des défauts ou des erreurs de conception. Souvent, les effets d'un bogue donné peuvent être évités en implémentant un système de correction de niveau matériel ou logiciel. Intel détaille les bogues de ses processeurs et les solutions de correction dans un manuel en anglais intitulé *Specification Update*. Ce manuel peut être consulté sur le site web d'Intel. La plupart des autres fabricants de processeurs proposent aussi sur le site web des bulletins d'information, des rubriques d'astuces et des programmes de correction, également appelés "patches", pour leurs processeurs.

Auparavant, le seul moyen de corriger les bogues d'un processeur consistait à contourner ce bogue ou à remplacer le processeur par un autre sur lequel le bogue avait été corrigé. Depuis les processeurs Intel P6 et P7, y compris du Pentium Pro au Core 2, en passant par le Pentium D, il est possible de corriger un grand nombre de bogues en modifiant le *microcode* du processeur. Le microcode est un ensemble d'instructions et de tables situées dans le processeur qui contrôlent le fonctionnement de ce dernier. Ces processeurs incorporent une nouvelle fonction appelée "microcode reprogrammable" avec laquelle il est possible de contourner ou de corriger certains types de bogues à l'aide de mises à jour de microcode. Les mises à jour de microcode résident dans le BIOS de la carte mère ou dans Windows XP/Vista; elles sont chargées dans le processeur par ce BIOS durant le POST (*Power-On Self Test*, autotest de mise sous tension) ou par Windows lors de son démarrage. Chaque fois que l'ordinateur est réinitialisé, le code de correction est rechargé et garantit ainsi que la correction du bogue sera effective chaque fois que le processeur fonctionnera.

Le microcode actualisé pour un processeur donné est fourni par Intel au constructeur de la carte mère; à charge pour ce dernier de l'intégrer dans la mémoire flash du BIOS de la carte, ou pour Microsoft de l'incorporer à Windows. C'est une des raisons pour lesquelles il est important d'installer systématiquement le BIOS de carte mère le plus récent lorsque vous changez de processeur et de mettre à jour Windows. Puisqu'il est plus simple d'actualiser Windows que le BIOS, les mises à jour du microcode sont de plus en plus souvent distribuées par Microsoft.

Six générations de processeurs Intel et compatibles

Pour mémoire, voici un récapitulatif très rapide des six premières générations de processeurs Intel :

- **Première génération P1 (086).** Cette génération de processeurs a été la première dans les PC. Elle a été constituée des processeurs 8088/8086/80186/80188 et du coprocesseur 8087.
- **Deuxième génération P2 (286).** La deuxième génération a énormément amélioré les performances en passant le bus de données à 16 bits. Elle a été constituée du processeur 80286 et du coprocesseur 80287.
- **Troisième génération P3 (386).** Cette génération représente sans doute le changement le plus important depuis le premier PC. Ces processeurs sont devenus de véritables puces 32 bits. Ils étaient tellement en avance qu'il a fallu près de 10 ans pour les exploiter réellement. Il a existé les processeurs 386/386DX/386SX/386SL et le coprocesseur 80387.
- **Quatrième génération P4 (486).** Cette génération a plus représenté un perfectionnement des processeurs de troisième génération qu'une nouvelle conception. Néanmoins, Intel, AMD et les autres ont réussi à doubler les performances avec leurs processeurs de quatrième génération. Elle a été constituée entre autres des processeurs Intel 486/486DX/486SL, 486SX et du coprocesseur 487SX. AMD produisait alors son AMD 486 (5x86), et Cyrix/TI des processeurs compatibles 486.

- **Cinquième génération P5 (586).** Suite aux processeurs de quatrième génération, Intel et les autres fondeurs ont revu la conception de la génération suivante, afin de présenter une nouvelle architecture. Cette génération a été notamment constituée des processeurs Pentium (deux générations), Pentium MMX et AMD-K5.
- **Sixième génération P6 (686).** Les processeurs P6 représentent une nouvelle génération, avec des caractéristiques totalement nouvelles, comme l'exécution dynamique ou les deux bus indépendants. Les processeurs Pentium Pro/II/II/Xeon et Celeron font partie de cette génération, tout comme les NexGen Nx586, AMD K6/Athlon/Duron/XP et Sempron, les Cyrix/IBM 6x86(M1)/6x86MX(MII) et VIA C3.

Processeurs Intel Pentium 4 (septième génération)

Le Pentium 4 a été introduit en novembre 2000 et représente une nouvelle génération de processeur (voir Figure 2.8). Si ce processeur portait un numéro et non pas un nom, il s'appellerait 786, car il représente une avancée significative par rapport à la génération 686. Plusieurs variantes du Pentium 4 ont été créées, avec des différences quant à la matrice et l'architecture. La matrice du processeur est présentée à la Figure 2.9.

Figure 2.8
Le processeur Pentium 4 dans un boîtier FC-PGA2.

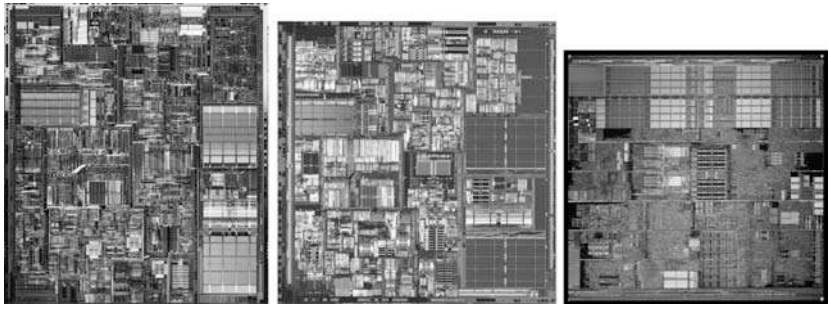


Figure 2.9
Les matrices des processeurs Pentium 4 à cœur Willamette, Northwood et Prescott.

Voici les principales caractéristiques techniques du Pentium 4 :

- une fréquence allant de 1,3 à 3,8 GHz ;
- 42 millions de transistors et une gravure en 0,18 µm, matrice de 217 mm^2 (Willamette) ;

- 55 millions de transistors et une technologie en 0,13 µm, matrice de 131 mm^2 (Northwood);
- 178 millions de transistors et une gravure en 0,13 µm, matrice de 237 mm^2 (Gallatin);
- 125 millions de transistors et une gravure en 0,90 µm, matrice de 112 mm^2 (Prescott);
- 169 millions de transistors et une gravure en 0,90 µm, matrice de 135 mm^2 (Prescott 2M);
- 188 millions de transistors et une gravure en 0,65 µm, matrice de 81 mm^2 (Cedar Mill);
- une compatibilité logicielle avec les processeurs 32 bits Intel précédents;
- une prise en charge de l'EM64T (extensions 64 bits) et de la protection contre les débordements de tampons (*Execute Disable Bit*) par certaines versions;
- un bus frontal de processeur en 400, 533, 800 ou 1066 MHz;
- une unité arithmétique logique (ALU) fonctionnant au double de la fréquence du noyau du processeur;
- une technologie d'hyperpipelining (20 à 30 étages);
- une prise en charge de la technologie Hyper-Threading dans tous les processeurs à 2,4 GHz et plus, avec un bus à 800 MHz, et tous les processeurs à 3,06 GHz et plus, avec un bus à 533 MHz;
- une exécution des instructions indépendamment de leur ordre;
- une prédiction de branchement étendue;
- un cache L1 de 8 Ko ou 16 Ko, plus 12 Ko de traces d'exécution;
- 256 Ko, 512 Ko, 1 Mo ou 2 Mo de cache L2 large de 256 bits sur la matrice, travaillant à la vitesse du noyau, avec une associativité à huit voies;
- un cache L2 sachant gérer toute la mémoire physique et prenant en charge ECC;
- 2 Mo de cache L3 sur la matrice, travaillant à la vitesse du noyau (Extreme Edition);
- SSE2-SSE : 144 nouvelles instructions pour les traitements graphique et audio (Willamette et Northwood);
- SSE3-SSE2 : 13 nouvelles instructions pour les traitements graphique et audio (Prescott);
- une unité de virgule flottante (FPU) étendue;
- de multiples états d'alimentation réduite.

✔ Voir la section "Mode IA-32e, extension 64 bits (AMD64, x86-64, EM64T)", p. 30.

Intel a abandonné les désignations en chiffres romains pour une désignation en chiffres arabes pour identifier le Pentium 4. Sur le plan interne, le Pentium 4 a introduit une nouvelle architecture appelée "microarchitecture NetBurst", un concept marketing désignant une technologie d'hyperpipelining, avec un moteur d'exécution rapide, un bus système à haute vitesse (400, 533, 800 ou

1066 MHz) et un cache de traces d'exécution. La technologie d'hyperpipelining double ou triple le pipeline d'instructions par rapport au Pentium III (ou l'Athlon/Athlon 64), ce qui signifie des étapes plus nombreuses et plus petites pour l'exécution des instructions. Si cette solution peut sembler moins efficace à première vue, elle offre néanmoins des fréquences d'horloge plus élevées pour des accès plus aisés. Le moteur d'exécution rapide permet aux deux unités arithmétiques logiques (ALU) de s'exécuter à une fréquence double de celle du noyau du processeur, à raison d'une instruction par demi-cycle d'horloge. Le bus système à 400/533/800/1066 MHz est un bus QuadPump travaillant à 100/133/200/266 MHz et transférant quatre données par cycle. Le cache de traces d'exécution est un cache L1 à hautes performances qui stocke environ 12000 micro-instructions déjà décodées. Il alimente ainsi les pipelines de données sans relâche et évite un second décodage en cas d'erreur.

De toutes ces caractéristiques, la plus remarquable est certainement le bus à haute fréquence du processeur. Sur le plan technique, le bus du processeur est un bus à 100, 133, 200 ou 266 MHz QuadPump qui effectue quatre transferts par cycle (4×) pour atteindre une fréquence effective de 400, 533, 800 ou 1066 MHz. Ce bus a une largeur de 64 bits (8 octets), d'où un taux de transfert de l'ordre de 3,2, 4,266, 6,4 ou 8,533 Go/s.

Dans l'architecture interne d'hyperpipelining à 20 ou 31 étages du Pentium 4, les instructions individuelles sont fractionnées en un nombre de plusieurs sous-tâches beaucoup plus important que dans le Pentium III, ce qui le fait fortement ressembler à un processeur RISC. Malheureusement, le nombre de cycles nécessaires pour l'exécution des instructions s'en trouve augmenté si ces instructions ne sont pas optimisées pour ce processeur. La technologie Hyper-Threading, présente dans tous les Pentium 4 à 2,4 GHz et plus, avec un bus à 800 MHz, et tous les processeurs à 3,06 GHz et plus, avec un bus à 533 MHz, est également un avantage architectural important. Elle permet à un seul processeur d'exécuter simultanément deux threads et donc de simuler la présence de deux processeurs.

✔ Pour plus d'informations sur cette technologie, consultez la section "Technologie Hyper-Threading", p. 68.

Le Pentium 4 utilisait au départ le Socket 423, avec 423 broches dans un conditionnement SPGA de 39 × 39. Les versions suivantes employaient le Socket 478. Les modèles récents utilisent un Socket T (LGA775), qui possède des broches supplémentaires pour la prise en charge des nouvelles fonctions, comme l'EM64T (extensions 64 bits), l'Execute Disable Bit (protection contre les attaques par débordement de tampon), la technologie de virtualisation d'Intel et autres. Le Celeron n'a jamais été compatible avec le Socket 423, mais des versions du Celeron et du Celeron D existent pour le Socket 478 et le Socket T (LGA775), permettant de construire des systèmes meilleur marché compatibles avec le Pentium 4. La sélection de la tension est effectuée par un régulateur automatique installé sur la carte mère et relié au connecteur.

Depuis quelque temps déjà, il est évident que Pentium 4 représente plus une marque qu'une même famille de processeurs. Cela n'aide pas les utilisateurs lorsqu'ils souhaitent mettre à niveau leur système ou en acheter un nouveau. Puisque trois supports (Socket 423, Socket 478 et Socket 775) et diverses caractéristiques existent dans la famille Pentium 4, il est indispensable de déterminer préci-

sément celles du processeur envisagé avant de l'acheter, que ce soit pour faire évoluer un système existant ou pour construire un système complet.

Pentium 4 Extreme Edition

En novembre 2003, Intel a introduit l'Extreme Edition de son Pentium 4, premier processeur pour PC de bureau intégrant un cache L3. Cette Extreme Edition (ou Pentium 4EE) est à l'origine une version améliorée du processeur serveur/station de travail Xeon à cœur Prestonia, qui utilisait déjà un cache L3 depuis novembre 2002. Le Pentium 4EE est doté de 512 Ko de cache L2 et de 2 Mo de cache L3, d'où un nombre de transistors passant à 178 millions et une matrice sensiblement plus grande que la matrice standard du Pentium 4. En raison de cette grande matrice en technologie 0,13 µm, les coûts de fabrication sont élevés, ce que reflète bien le prix de vente. Cette Extreme Edition vise le marché des ordinateurs de jeu, où les utilisateurs sont prêts à dépenser plus pour des performances accrues. Le cache complémentaire a bien moins d'intérêt pour des applications professionnelles standard que pour les jeux 3D, gros consommateurs de puissance.

En 2004, de nouvelles versions du Pentium 4 Extreme Edition ont été présentées. Ces processeurs sont basés sur un Pentium 4 à cœur Prescott (en 0,09 µm) avec un cache L2 de 2 Mo. Ils n'ont pas de cache L3.

Le Pentium 4 Extreme Edition est disponible en Socket 478 et en Socket T, avec des fréquences d'horloge allant de 3,2 GHz à 3,4 GHz (Socket 478) et de 3,4 GHz à 3,73 GHz (Socket T).

Problèmes d'alimentation et de refroidissement

Le Pentium 4 est plus gourmand en électricité que ses prédécesseurs. Par conséquent, à partir de février 2000, Intel a modifié les spécifications de la carte mère ATX et de l'alimentation afin de prendre en charge un module de régulation de la tension du processeur alimenté en 12 V et non plus en 3,3 V ou 5 V. Avec ces 12 V, l'alimentation en 3,3 ou 5 V disponible pour le reste du système est plus importante. Les blocs d'alimentation pour PC génèrent un courant en 12 V amplement suffisant, mais les cartes mères ATX et les alimentations ne contenaient au départ qu'une seule broche pour le 12 V (chaque broche ne supporte que 6 ampères). Des broches complémentaires sont donc requises pour alimenter la carte mère.

La solution est apparue sous la forme d'un troisième connecteur d'alimentation, appelé connecteur ATX12V. Il est utilisé en complément du connecteur standard de l'alimentation. Si la carte mère est équipée d'un connecteur ATX12V, celui-ci doit être branché. Si vous utilisez un ancien bloc d'alimentation ATX, qui ne dispose pas d'une source ATX12V appropriée, procurez-vous un adaptateur qui convertit le connecteur d'alimentation de lecteur de type Molex en connecteur ATX12V. En principe, une alimentation en 300 W (au minimum) livre largement assez de courant en 12 V pour couvrir les besoins des lecteurs et de la carte mère. Si votre alimentation offre moins de 300 W, vous n'y couperez pas : vous devrez la remplacer.

Refroidir une telle unité demande de grands dissipateurs actifs. Ces dissipateurs très lourds peuvent endommager le processeur ou détruire la carte mère s'ils sont soumis à des vibrations ou à des chocs, surtout durant le transport. Pour éviter ces problèmes, les spécifications d'Intel pour le Socket 423 ajoutent quatre écarteurs au boîtier ATX pour recevoir les pattes de fixation du dissipateur. Ces écarteurs font que c'est le boîtier qui supporte le poids et non pas la carte mère. Les fournisseurs emploient également d'autres solutions pour renforcer l'emplacement du processeur, sans pour autant passer par une fixation au boîtier. La carte mère P4T d'Asus est par exemple livrée avec une plaque métallique de renfort permettant à des boîtiers ATX standard d'accepter cette carte sans problème.

Les systèmes à Socket 478 ne nécessitent pas d'écarteur ou de plaque de renfort. Ils font appel à un système unique : le radiateur est fixé directement sur la carte mère, et non plus sur le connecteur du processeur ou le boîtier. Les cartes mères avec Socket 478 peuvent être installées dans n'importe quel boîtier ATX, aucun écarteur spécial n'étant requis.

Les systèmes à Socket T (LGA775) utilisent un mécanisme de verrouillage particulier qui maintient le processeur en place. Le radiateur est positionné au-dessus du processeur et des pattes de verrouillage le fixent à la carte mère.

Puisque les processeurs Pentium 4 existent en trois supports différents et avec des grandes variations en termes de fréquence et de dissipation de la chaleur, il est indispensable d'opter pour un radiateur adapté au processeur choisi. C'est pourquoi il est plus simple d'acheter un processeur en version boîte qu'un modèle OEM. Si vous achetez un modèle "boîte", vous bénéficierez d'un radiateur de haute qualité. De plus, Intel vous accordera une garantie de trois ans. Tous ces avantages font de ces produits les solutions idéales pour les amateurs de mise à niveau et d'évolution.

Processeurs Xeon

Les processeurs Xeon se fondent sur le Pentium 4 et sont conçus pour le Socket 603 et le Socket 604. Les modèles Xeon DP (souvent appelés simplement *Xeon*) sont conçus pour les stations de travail mono- ou biprocesseurs :

- processeurs Xeon DP avec un bus de processeur à 400 MHz et des fréquences d'horloge allant de 1,4 GHz à 3 GHz;
- processeurs Xeon DP avec un bus de processeur à 533 MHz et des fréquences d'horloge allant de 2 GHz à 3,2 GHz;
- processeurs Xeon DP avec un bus de processeur à 667 MHz (jamais employé avec le Pentium 4) et des fréquences d'horloge allant de 3,33 GHz à 3,66 GHz;
- processeurs Xeon DP avec un bus de processeur à 800 MHz et des fréquences d'horloge allant de 2,8 GHz à 3,8 GHz.

Les processeurs Xeon MP sont destinés aux serveurs à quatre processeurs et plus. Ils sont disponibles dans des fréquences allant de 1,4 GHz à 3 GHz et ils prennent tous en charge un bus de processeur à 400 MHz.

Processeurs de huitième génération (64 bits)

En 2003, AMD a introduit le premier processeur 64 bits pour ordinateur de bureau compatible x86, l'Athlon 64, suivi du premier processeur 64 bits pour serveur, l'Opteron. En 2004, Intel a proposé une version 64 bits de son Pentium 4. Dans les années qui ont suivi, les deux sociétés ont présenté de plus en plus de modèles 64 bits.

Les sections suivantes présentent les principales caractéristiques de ces processeurs et les différentes approches prises par Intel et AMD pour que l'informatique 64 bits rejoigne les PC serveurs et de bureau.

AMD Athlon 64 et 64 FX

Les processeurs AMD Athlon 64 et 64 FX, introduits en septembre 2003, sont les premiers processeurs 64 bits pour ordinateur de bureau (et non pour serveur). Portant à l'origine le nom de code de ClawHammer, l'Athlon 64 et 64 FX sont les composants pour ordinateur de bureau de la famille de processeur 64 bits d'AMD, formée également du processeur pour serveur Opteron (nom de code SledgeHammer). L'Athlon 64 et 64 FX (voir Figure 2.10) sont pour l'essentiel des modules Opteron, mais conçus pour des systèmes monoprocesseurs et offrent dans certains cas des tailles de cache ou de largeur de bande mémoire réduites.

Figure 2.10
L'AMD Athlon 64 FX, en version Socket 939 (photographie utilisée avec l'autorisation d'AMD).

Parallèlement à la prise en charge des instructions en 64 bits, la principale différence entre les Athlon 64/64 FX et les autres processeurs est qu'ils intègrent le contrôleur mémoire. Celui-ci fait en principe partie du chipset North Bridge de la carte mère ou du MCH (*Memory Controller Hub*, hub contrôleur mémoire), mais avec les Athlon 64 et 64 FX, il est intégré au processeur. Cela signifie qu'avec ces processeurs l'architecture de bus CPU est différente. Traditionnellement, le processeur s'adresse au chipset North Bridge qui s'adresse lui-même à la mémoire et aux autres composants du système. Mais avec les Athlon 64 et 64 FX, le processeur s'adresse directement à la mémoire tout en communiquant avec le chipset North Bridge pour les autres relations système. Le fait de séparer le

trafic mémoire du bus CPU offre de meilleures performances pour les transferts de mémoire, mais aussi pour les transferts sur le bus CPU. Les modules Athlon 64 et Athlon 64 FX se distinguent essentiellement par leur taille de cache et leur largeur de bus mémoire.

Leurs principales caractéristiques sont les suivantes :

- vitesse allant de 1 GHz à 3 GHz;
- entre 68,5 millions de transistors (versions avec un cache L2 de 512 Ko) et 129 millions de transistors (versions avec un cache L2 de 1 Mo);
- pipeline à 12 étages;
- contrôleur mémoire avec prise en charge de l'ECC intégrée au processeur (à la place du North Bridge ou MCP, comme dans d'autres chipsets récents);
- Socket 754 avec contrôleur mémoire monocanal, et Socket 940, 939 et AM2 avec contrôleur mémoire double canal;
- cache L1 de 128 Ko;
- cache L2 de 512 Ko ou 1 Mo sur matrice, à la vitesse du processeur;
- prise en charge de la technologie d'extension 64 bits AMD64 (également appelée IA-32e ou x86-64) de l'architecture x86 32 bits;
- liaison HyperTransport au chipset North Bridge à 3,2 Go/s (Socket 754) ou 4 Go/s (Socket 940, 939 et AM2);
- taille de la mémoire adressable jusqu'à 1 To, dépassant de loin les limites des 4 Go ou 64 Go imposées par les processeurs 32 bits;
- SSE2 (SSE plus 144 nouvelles instructions pour le traitement graphique et des sons);
- multiples états de basse consommation;
- noyaux gravés en 0,13, 0,09 ou 0,065 µm.

L'Athlon 64 FX se distingue de l'Athlon 64 standard par les caractéristiques suivantes :

- uniquement pour les Socket 940, 939 ou AM2;
- contrôleur mémoire DDR ou DDR2 double canal avec gestion de l'ECC;
- versions Socket 940 uniquement avec de la mémoire Registered;
- fréquences allant de 2,2 GHz à 2,8 GHz;
- cache L2 de 1 Mo (standard).

Si les versions Socket 939 et AM2 de l'Athlon 64 ont permis de combler le retard d'AMD en termes de performances, l'Athlon 64 FX reste encore le processeur Athlon 64 monocœur le plus rapide.

Bien qu'AMD ait dû essuyer de nombreuses critiques, pour ses dénominations troublantes faisant (faussement) référence à des performances dans la série Athlon XP, il utilise le même schéma de dénomination avec son Athlon 64. Comme suggéré pour l'Athlon XP, vérifiez les performances

réelles de votre processeur avec les applications que vous utilisez le plus souvent pour déterminer si l'Athlon 64 est un bon choix pour vous et quel est le modèle le mieux adapté à vos besoins. Le bus mémoire intégré de l'Athlon 64 signifie que la mémoire est connectée plus directement que n'importe quelle autre puce 32 bits et simplifie grandement la conception du North Bridge. AMD propose ses propres chipsets pour l'Athlon 64, ainsi que ceux d'ATI, puisqu'elle a acquis cette société en 2006.

✔ Voir le Chapitre 3 pour de plus amples détails.

Les divers modèles et caractéristiques de l'Athlon 64 et 64 FX sont résumés aux Tableaux 2.18 et 2.19 (voir pages suivantes).

Les Athlon 64 et 64 FX sont disponibles en quatre versions de socket (voir Tableau 2.20). L'Athlon 64 est livré en versions Socket 754, 939 et AM2, alors que le 64 FX est livré en versions Socket 939, 940 et AM2. Le Socket 754 prend en charge un bus mémoire monocanal, tandis que les Socket 939, 940 et AM2 gèrent les modules de mémoire à deux canaux pour une largeur de bande passante doublée. Les Socket 754 et 939 acceptent également les DIMM DDR SDRAM sans tampon plus rapides et moins onéreux, et le Socket AM2 reconnaît même la DDR2 encore plus rapide. Le Socket 940 pour sa part travaille avec des modules DIMM de type Registered plus lents et plus chers. De ce fait, nous vous conseillons d'éviter les processeurs et cartes mères à Socket 940.

Tableau 2.20 : Socket et types de mémoires pour Athlon 64 et 64 FX

Socket	Processeur	Canaux	Type
754	Athlon 64	Monocanal	DDR
940	Athlon 64 FX	Double canal	SDRAM Registered
939	Athlon 64/64 FX	Double canal	DDR
AM2	Athlon 64/64 FX	Double canal	DDR2

L'Athlon 64 est livré en trois versions : une version Socket 754 à bus mémoire monocanal, une version améliorée en Socket 939 à bus mémoire à double canal et une version en Socket AM2 encore plus améliorée avec un bus DDR2 à double canal. L'Athlon 64 FX existe lui aussi en trois versions : une version Socket 940 utilisant des modules Registered onéreux et relativement lents, une version améliorée à Socket 939 employant des modules de mémoire sans zone de tampon et une version actualisée qui utilise la mémoire DDR2 double canal. Les versions Socket 939 des Athlon 64 et Athlon 64 FX sont fondamentalement identiques, ne se distinguant que par la taille du cache L2 intégré. Ainsi, l'Athlon 64 3800+ et l'Athlon 64 FX-53 travaillent tous deux à 2,4 GHz et avec des mémoires à double canal. La seule différence est que le premier offre un cache L2 de 512 Ko alors que le second est doté d'un cache L2 de 1 Mo. Du fait de ces larges similitudes, il faut véritablement lire les informations en petits caractères pour déterminer les différences mineures en termes de configuration.

Tableau 2.18 : Processeur Athlon 64

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur
Athlon 64 1500+	1,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 2800+	1,80 GHz	800 MHz	512 Ko	ClawHammer
Athlon 64 2800+	1,80 GHz	800 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3000+	1,80 GHz	1000 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3000+	1,80 GHz	1000 MHz	512 Ko	Winchester
Athlon 64 3000+	1,80 GHz	1000 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3000+	1,80 GHz	1000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3000+	2,00 GHz	800 MHz	512 Ko	ClawHammer
Athlon 64 3000+	2,00 GHz	800 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3000+	2,00 GHz	800 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	800 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Winchester
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Manchester
Athlon 64 3200+	2,00 GHz	1000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3200+	2,20 GHz	800 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3200+	2,20 GHz	800 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3300+	2,40 GHz	800 MHz	256 Ko	Newcastle
Athlon 64 3400+	2,20 GHz	800 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 3400+	2,20 GHz	800 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3400+	2,20 GHz	800 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3400+	2,40 GHz	800 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3400+	2,40 GHz	800 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	ClawHammer
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Winchester
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Manchester
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	San Diego
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Orleans

Gravure	Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
90 nm	–	SSE3	X	X	X	–	939
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
90 nm	51 W	SSE3	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
90 nm	59 W	SSE3	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	67 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2

Tableau 2.18 : Processeur Athlon 64 (*suite*)

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3500+	2,20 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Lima
Athlon 64 3700+	2,20 GHz	1 000 MHz	1 Mo	San Diego
Athlon 64 3700+	2,40 GHz	800 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 3800+	2,40 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Newcastle
Athlon 64 3800+	2,40 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Venice
Athlon 64 3800+	2,40 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3800+	2,40 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Orleans
Athlon 64 3800+	2,40 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Lima
Athlon 64 4000+	2,40 GHz	1 000 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 4000+	2,40 GHz	1 000 MHz	1 Mo	San Diego
Athlon 64 4000+	2,40 GHz	1 000 MHz	1 Mo	San Diego
Athlon 64 4000+	2,60 GHz	1 000 MHz	512 Ko	Orleans

SSE = *Streaming SIMD Instructions* (MMX).
Cool'n'Quiet = Technologie d'économie d'énergie.
NX = *Execute Disable Bit.*
VT = Technologie de virtualisation.

Tableau 2.19 : Processeur Athlon 64 FX

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur
Athlon 64 FX-51	2,20 GHz	800 MHz	1 Mo	SledgeHammer
Athlon 64 FX-51	2,20 GHz	800 MHz	1 Mo	SledgeHammer
Athlon 64 FX-53	2,40 GHz	800 MHz	1 Mo	SledgeHammer
Athlon 64 FX-53	2,40 GHz	1000 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 FX-55	2,60 GHz	1000 MHz	1 Mo	ClawHammer
Athlon 64 FX-55	2,60 GHz	1000 MHz	1 Mo	San Diego
Athlon 64 FX-57	2,80 GHz	1000 MHz	1 Mo	San Diego

Gravure	Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
90 nm	35 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 nm	45 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
90 nm	89 W	SSE3	X	X	X	–	939
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	754
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	89 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 nm	45 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	89 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	89 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	62 W	SSE3	X	X	X	X	AM2

Gravure	Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
130 nm	89 W	SSE2	X	X	–	–	940
130 nm	89 W	SSE2	X	X	–	–	940
130 nm	89 W	SSE2	X	X	–	–	940
130 nm	89 W	SSE2	X	X	X	–	939
130 nm	104 W	SSE2	X	X	X	–	939
90 nm	104 W	SSE3	X	X	X	–	939
90 nm	104 W	SSE3	X	X	X	–	939

Les Athlon 64 FX sont gourmands en énergie, 104 W ou plus, mais quand même un peu moins que les processeurs Pentium 4. De même que pour le Pentium 4, les cartes mères pour Athlon 64 et 64 FX ont besoin d'un connecteur ATX12V pour le module de régulation de tension du processeur.

La version initiale de l'Athlon 64 est fabriquée en technologie 0,13 µm (voir Figure 2.11). Les versions suivantes utilisent un procédé de gravure à 0,09 µm ou 0,065 µm.

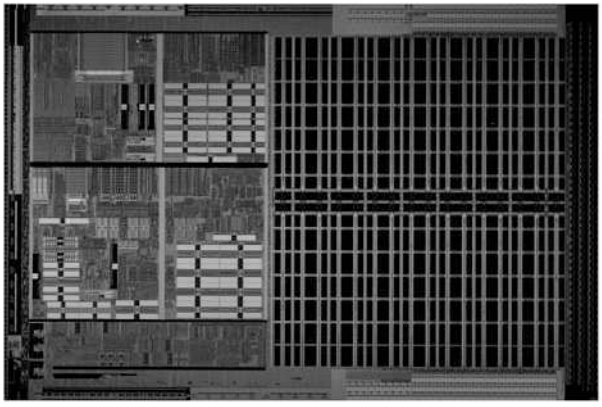


Figure 2.11
La matrice de l'AMD Athlon 64 : technologie 0,13 micron, 106 millions de transistors, 193 mm² (photographie utilisée avec l'autorisation d'AMD).

AMD Opteron

L'Opteron d'AMD est la contrepartie de l'Athlon 64 réservée aux stations de travail et aux serveurs. Il prend en charge la même architecture AMD64 (x86-64) que l'Athlon 64. Il a été lancé au printemps 2003. En voici les principales caractéristiques :

- cache L1 de 128 Ko;
- cache L2 de 1 Mo;
- fréquence d'horloge de 1,8 à 2,8 GHz;
- trois liaisons HyperTransport au chipset de 3,2 Go/s;
- Socket 939 ou 940;
- contrôleur de mémoire double canal intégré avec prise en charge de l'ECC;
- taille de la mémoire adressable de 1 To (40 bits physiques) et 256 To (48 bits virtuels);
- architecture AMD64 (x86-64);
- procédé de gravure en 0,13 µm ou 0,09 µm;
- conception mono ou double cœur.

L'Opteron existe en trois groupes : 100 (stations de travail monoprocesseurs), 200 (stations de travail et serveurs biprocesseurs) et 800 (serveurs jusqu'à huit voies). Des versions double cœur de l'Opteron existent dans ces trois groupes.

Contrairement à la série Itanium, qui a été prise en charge au départ par les chipsets Intel, l'Opteron bénéficie d'une prise en charge très large des chipsets d'autres constructeurs, tels que VIA, SiS, ULi, NVIDIA et ATI (tout comme l'Athlon 64).

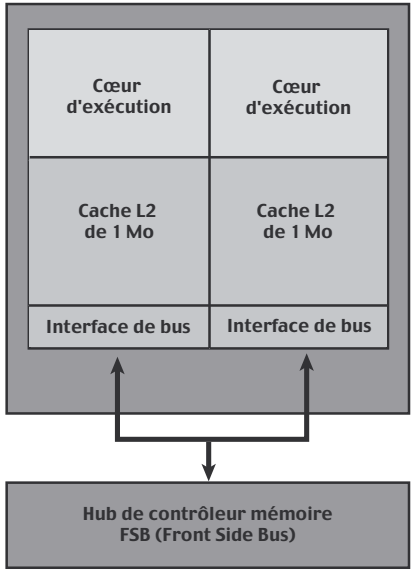
Processeurs multicœurs

Intel Pentium D et Pentium Extreme Edition

Les premiers processeurs double cœur d'Intel, le Pentium Extreme Edition et le Pentium D, ont été présentés en avril 2005. Même si ces processeurs avaient pour nom de code Smithfield avant leur introduction, ils étaient fondés sur le noyau Prescott du Pentium 4. En réalité, pour arriver sur le marché des processeurs double cœur aussi rapidement que possible, Intel a placé deux noyaux Prescott dans chaque processeur Pentium D ou Pentium Extreme Edition. Chaque cœur communique avec l'autre par le biais du MCH (North Bridge) sur la carte mère (voir Figure 2.12).

Figure 2.12

Les cœurs des processeurs Pentium D et Pentium Extreme Edition communiquent l'un avec l'autre au travers de la puce MCH (NorthBridge) du chipset.



C'est pour cette raison que les chipsets Intel 915 et 925, ainsi que ceux conçus par d'autres fabricants pour le Pentium 4, ne sont pas compatibles avec le Pentium D et le Pentium Extreme Edition. Les chipsets 945, 955X et 975X d'Intel, pour les ordinateurs de bureau, ainsi que le chipset E7230, pour les stations de travail, sont les premiers à prendre en charge ces processeurs. La famille nForce 4 de NVIDIA fonctionne également avec ces processeurs.

✔ Voir les sections "La famille Intel 945 Express" et "La famille Intel 955X et 975X", p. 158.

Tableau 2.21 : Processeurs Pentium D et Pentium Extreme Edition

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Pentium D 805	2,66 GHz	533 MHz	2 Mo	Smithfield	90 nm
Pentium D 820	2,80 GHz	800 MHz	2 Mo	Smithfield	90 nm
Pentium D 915	2,80 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 920	2,80 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 830	3,00 GHz	800 MHz	2 Mo	Smithfield	90 nm
Pentium D 925	3,00 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 930	3,00 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 840	3,20 GHz	800 MHz	2 Mo	Smithfield	90 nm
Pentium D 935	3,20 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 940	3,20 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium EE 840	3,20 GHz	800 MHz	2 Mo	Smithfield	90 nm
Pentium D 945	3,40 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 950	3,40 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium EE 955	3,46 GHz	1066 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium D 960	3,60 GHz	800 MHz	4 Mo	Presler	65 nm
Pentium EE 965	3,73 GHz	1066 MHz	4 Mo	Presler	65 nm

* La puissance maximale dépend de la révision (*stepping*).
EE = *Extreme Edition*.
SSE = *Streaming SIMD Instructions* (MMX).
HT = Technologie Hyper-Threading.
NX = *Execute Disable Bit.*
EIST = *Enhanced Intel Speedstep Technology.*
VT = Technologie de virtualisation.

Voici les principales caractéristiques du Pentium D :

- fréquences d'horloge allant de 2,66 GHz à 3,6 GHz ;
- bus de processeur à 533 MHz ou 800 MHz ;
- extensions 64 bits EM64T ;
- prise en charge de l'EDB (*Execute Disable Bit*) ;
- gravure en 0,065 ou 0,09 µm ;
- cache L2 de 2 Mo/4 Mo (1 Mo/2 Mo par cœur) ;
- Socket T (LGA775).

Puissance max.	SSE	HT	64 bits	NX	EIST	VT	Socket
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	–	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	–	–	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSE3	–	Oui	–	Oui	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSE3	–	Oui	–	Oui	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
95/130 W*	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSE3	Oui	Oui	Oui	–	–	LGA775
95 W	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
95/130 W*	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSE3	Oui	Oui	Oui	–	Oui	LGA775
95/130 W*	SSE3	–	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSE3	Oui	Oui	Oui	–	Oui	LGA775

Les modèles 830, 840 et 9xx disposent également de la technologie EIST (*Enhanced Intel Speedstep Technology*) qui permet au PC d'être plus silencieux et de dégager moins de chaleur en modifiant la vitesse du processeur en réponse aux conditions de charge et de température.

Le Pentium Extreme Edition est une version haut de gamme du Pentium D, avec les différences suivantes :

- prise en charge de la technologie HT, qui permet à chaque noyau de simuler la présence de deux cœurs afin d'améliorer les performances des applications multithread ;
- absence de gestion de l'*Enhanced Intel Speedstep Technology* ;
- absence de verrouillage du multiplicateur d'horloge, ce qui facilite l'overclocking.

Le Tableau 2.21 compare les caractéristiques des différents processeurs Pentium D et Pentium Extreme Edition.

Intel Core 2

Au cours de la production du Pentium 4, Intel a réalisé que la consommation élevée de l'architecture NetBurst devenait un problème. L'augmentation de la fréquence d'horloge conduisait à une consommation énergétique plus importante. Le pipeline interne à 31 étages constituait le cœur du problème. Si le processeur était plus rapide, il était également moins efficace.

Pour que le processeur puisse continuer à évoluer vers des versions plus rapides, avec plusieurs cœurs, il fallait trouver une solution qui augmente l'efficacité et réduise la consommation. Intel disposait de la solution adéquate dans ses processeurs mobiles, qui constituait déjà les processeurs pour PC les plus efficaces au monde. À partir du Pentium M, les processeurs mobiles d'Intel utilisaient une architecture interne totalement différente de celle des processeurs pour ordinateur de bureau, comme le Pentium 4. En réalité, le Pentium M était issu du Pentium III ! Pour créer un nouveau processeur bureautique puissant, Intel s'est basé sur ses processeurs mobiles très efficaces et leur a ajouté plusieurs nouvelles caractéristiques et technologies afin d'en améliorer les performances. Ces nouveaux processeurs ont été conçus dès le départ comme des puces multicœurs, avec deux noyaux ou plus par unité physique. Ce développement s'est concrétisé par la sortie des processeurs Core 2, le 27 juillet 2006.

L'architecture interne des processeurs Core 2 est appelée microarchitecture Core. La conception très efficace des processeurs Core 2 améliore de 40 % leurs performances et leur efficacité énergétique, par rapport aux processeurs Pentium D de la génération précédente. Il est également intéressant de noter que le processeur Core 2 Duo représente la troisième génération des processeurs double cœur d'Intel. La première a été le Pentium D pour les PC bureautiques, la deuxième étant les processeurs Core Duo pour les PC portables.

Les noms des processeurs Core 2 et de la microarchitecture Core ont semé une légère confusion, car le nom Core était également employé pour les processeurs Core Solo et Core Duo, qui étaient les descendants du Pentium M, le processeur mobile d'Intel. Par ailleurs, le Core Solo/Duo n'incorpore pas la microarchitecture Core d'Intel et, même s'il a servi de point de départ au développement du Core 2, ses caractéristiques internes sont différentes et il n'appartient pas à la famille des processeurs Core 2. Puisque les Core Solo et Core Duo sont considérés comme des processeurs mobiles uniquement, nous ne les décrirons pas dans cet ouvrage.

Le Core 2 est initialement sorti comme un processeur double cœur, mais, depuis, des versions à quatre cœurs ont également été produites. Les modèles double cœur intègrent 291 millions de transistors, tandis que les versions à quatre cœurs en contiennent le double, c'est-à-dire 582 millions. Chaque cœur possède un cache L2 de 1 ou 2 Mo, pour un total de 8 Mo dans la version à quatre cœurs. Les premiers étaient gravés sur des galettes de 300 mm avec une finesse de 0,065 µm, mais il existe aujourd'hui des modèles en 0,045 µm.

Voici les principales caractéristiques de la microarchitecture Core :

- **Wide Dynamic Execution.** Chaque noyau d'exécution interne est 33 % plus large que dans les générations précédentes, ce qui lui permet d'exécuter simultanément jusqu'à quatre instructions

complètes. Une meilleure efficacité est également obtenue avec des prédictions de branchement plus précises, des tampons d'instruction plus larges pour une meilleure souplesse d'exécution et des caractéristiques supplémentaires réduisant le temps d'exécution.

- **Intelligent Power Capability.** Cette technique élaborée de gestion de la consommation permet d'activer individuellement les sous-systèmes de processeurs lorsqu'ils sont indispensables.
- **Advanced Smart Cache.** Ce cache optimisé pour l'architecture multicœur augmente la probabilité que chaque noyau d'exécution accède aux données à partir d'un cache L2 partagé.
- **Smart Memory Access.** Cette technologie contient une fonction, appelée *Memory Disambiguation*, qui améliore l'efficacité du traitement des instructions dans le désordre en apportant au noyau d'exécution l'intelligence qui lui permet de charger les données correspondant aux instructions à exécuter.
- **Advanced Digital Media Boost.** Les performances de SSE (*Streaming SIMD Extension*) sont améliorées par l'exécution des instructions 128 bits en un cycle d'horloge. La vitesse d'exécution de ces instructions est ainsi doublée par rapport aux générations précédentes.

La famille Core 2 comprend à la fois des processeurs double et quadruple cœurs, sous les dénominations suivantes :

- Core 2 Duo. Processeurs double cœur standard.
- Core 2 Quad. Processeurs quadruple cœur standard.
- Core 2 Extreme. Versions haut de gamme des processeurs double ou quadruple cœurs.

Tous les processeurs Core 2 prennent en charge les extensions 64 bits, ainsi que SSSE3 (*Supplemental SSE3*), qui ajoute 32 nouvelles instructions SIMD (*Single Instruction Multiple Data*) à SSE3. Ils gèrent également l'EIST (*Enhanced Intel Speedstep Technology*) et intègrent le matériel nécessaire à la technologie de virtualisation.

Les Tableaux 2.22 et 2.23 recensent les différents processeurs Core 2 (voir pages suivantes).

Tableau 2.22 : Processeurs Core 2 double cœur

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Core 2 Duo E4300	1,80 GHz	800 MHz	2 Mo	Allendale	65 nm
Core 2 Duo E4400	2,00 GHz	800 MHz	2 Mo	Allendale	65 nm
Core 2 Duo E4500	2,20 GHz	800 MHz	2 Mo	Allendale	65 nm
Core 2 Duo E6300	1,86 GHz	1066 MHz	2 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6300	1,86 GHz	1066 MHz	2 Mo	Allendale	65 nm
Core 2 Duo E6320	1,86 GHz	1066 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6400	2,13 GHz	1066 MHz	2 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6400	2,13 GHz	1066 MHz	2 Mo	Allendale	65 nm
Core 2 Duo E6420	2,13 GHz	1066 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6540	2,33 GHz	1333 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6550	2,33 GHz	1333 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6600	2,40 GHz	1066 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6700	2,66 GHz	1066 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6750	2,66 GHz	1333 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Duo E6850	3,00 GHz	1333 MHz	4 Mo	Conroe	65 nm
Core 2 Extreme X6800	2,93 GHz	1066 MHz	4 Mo	Conroe XE	65 nm

Tableau 2.23 : Processeurs Core 2 quadruple cœur

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Core 2 Quad Q6600	2,40 GHz	1066 MHz	8 Mo	Kentsfield	65 nm
Core 2 Quad Q6700	2,66 GHz	1066 MHz	8 Mo	Kentsfield	65 nm
Core 2 Extreme QX6700	2,66 GHz	1066 MHz	8 Mo	Kentsfield XE	65 nm
Core 2 Extreme QX6800	2,93 GHz	1066 MHz	8 Mo	Kentsfield XE	65 nm
Core 2 Extreme QX6850	3,00 GHz	1333 MHz	8 Mo	Kentsfield XE	65 nm

* La puissance maximale dépend de la révision (*stepping*).
EE = *Extreme Edition.*
SSE = *Streaming SIMD Instructions* (MMX).
HT = Technologie Hyper-Threading.
NX = *Execute Disable Bit.*
EIST = *Enhanced Intel Speedstep Technology;*
VT = Technologie de virtualisation.

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	EIST	VT	Socket
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	–	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
65 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
75 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	EIST	VT	Socket
95/105 W*	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
95 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775
130 W	SSSE3	Oui	Oui	Oui	Oui	LGA775

AMD Athlon 64 X2 et 64 FX

Les processeurs 64 bits Athlon 64 ont été conçus dès le départ en ayant à l'esprit une organisation multicœur. Le modèle Athlon 64 X2, pour ordinateur de bureau, est arrivé en mai 2005. Il existe plusieurs conceptions du noyau, avec différentes options et caractéristiques. Voici les aspects importants de l'Athlon 64 X2 :

- gravure en 0,065 µm ou en 0,09 µm ;
- fréquences d'horloge réelles entre 1,9 GHz et 3,0 GHz ;
- Socket 939, AM2 ou 1207FX ;
- liaison HyperTransport à 1 GHz (bande passante de 4 Go/s).

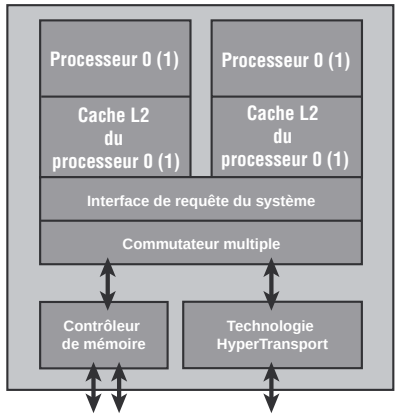
Ces processeurs ont toujours été conçus en réservant une place pour le second noyau de processeur et un contrôleur mémoire multiple (*Crossbar Memory Controller*), afin que les noyaux du processeur communiquent directement les uns avec les autres sans passer par le North Bridge, comme dans les premiers processeurs double cœur d'Intel. La Figure 2.13 présente la conception interne de l'Athlon 64 X2.

Ainsi, la plupart des systèmes existants fondés sur l'Athlon 64 et le Socket 939 peuvent accepter un processeur double cœur sans changer la carte mère. Tant que la carte mère reconnaît le processeur et qu'une mise à jour du BIOS est disponible, la mise à niveau est possible.

Tableau 2.24 : Caractéristiques des processeurs Athlon 64 X2

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Athlon 64 X2 3600+	1,90 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 3600+	2,00 GHz	1 GHz	512 KB	Manchester	90 nm
Athlon 64 X2 3600+	2,00 GHz	1 GHz	512 KB	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Manchester	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 3800+	2,00 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4000+	2,00 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4000+	2,00 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4000+	2,10 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4200+	2,20 GHz	1 GHz	1 Mo	Manchester	90 nm
Athlon 64 X2 4200+	2,20 GHz	1 GHz	1 Mo	Toledo	90 nm

Figure 2.13
L'Athlon 64 X2 utilise le contrôleur mémoire multiple qui existe depuis le processeur Athlon 64 pour que les cœurs communiquent.



L'approche prise par AMD permet également de ne pas subir des problèmes de performance ou de température en passant au double cœur. Puisque l'Athlon 64 a été conçu dès le départ pour un passage au double cœur, l'impact thermique du second noyau est réduit, même lorsque les processeurs double cœur sont cadencés aux mêmes fréquences que leurs prédécesseurs monocœurs.

Les Tableaux 2.24 à 2.26 comparent les différentes versions des processeurs double cœur Athlon 64 X2, Athlon X2 et Athlon 64 FX.

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
35 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	–	939

Tableau 2.24 : Caractéristiques des processeurs Athlon 64 X2 (*suite*)

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Athlon 64 X2 4200+	2,20 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4200+	2,20 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4400+	2,20 GHz	1 GHz	2 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 X2 4400+	2,20 GHz	1 GHz	2 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 X2 4400+	2,20 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4400+	2,20 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4400+	2,30 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4600+	2,40 GHz	1 GHz	1 Mo	Manchester	90 nm
Athlon 64 X2 4600+	2,40 GHz	1 GHz	1 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 X2 4600+	2,40 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4600+	2,40 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4600+	2,40 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4800+	2,40 GHz	1 GHz	2 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 X2 4800+	2,40 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4800+	2,40 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 4800+	2,50 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5000+	2,60 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5000+	2,60 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5000+	2,60 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5200+	2,60 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5200+	2,60 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5200+	2,70 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5400+	2,80 GHz	1 GHz	1 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 5600+	2,80 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 X2 6000+	3,00 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm

Tableau 2.25 : Caractéristiques des processeurs Athlon X2

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Athlon X2 BE-2300	1,90 GHz	1 GHz	1 Mo	Brisbane	65 nm
Athlon X2 BE-2350	2,10 GHz	1 GHz	1 Mo	Brisbane	65 nm

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
65 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
89 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
125 W	SSE3	X	X	X	X	AM2

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
45 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
45 W	SSE3	X	X	X	X	AM2

Tableau 2.26 : Caractéristiques des processeurs double cœur Athlon 64 FX (*suite*)

Modèle	Vitesse de processeur	Vitesse de bus	Cache L2	Cœur	Gravure
Athlon 64 FX-60	2,60 GHz	1 GHz	2 Mo	Toledo	90 nm
Athlon 64 FX-62	2,80 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 FX-70	2,60 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 FX-72	2,80 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm
Athlon 64 FX-74	3,00 GHz	1 GHz	2 Mo	Windsor	90 nm

SSE = *Streaming SIMD Instructions* (MMX).
Cool'n'Quiet = Technologie d'économie d'énergie.
NX = *Execute Disable Bit.*
VT = Technologie de virtualisation.

Les utilisateurs peuvent, sans trop de difficultés, entrer dans l'ère du double cœur car il est possible d'installer un processeur double cœur sur la plupart des systèmes Athlon 64 à Socket 939 existants.

Mise à niveau d'un processeur

Depuis la génération des 486, il est relativement facile de mettre à niveau le processeur d'un ordinateur. À partir du 486, en effet, Intel a prévu la possibilité de mettre à niveau ses processeurs en concevant des supports de processeurs standard qui admettent différents modèles de processeurs. Cette tendance s'est poursuivie jusqu'à aujourd'hui, et la plupart des cartes mères sont conçues pour accepter différents processeurs de la même famille.

Pour tirer pleinement parti d'une carte mère, il est presque toujours possible de la doter du processeur le plus rapide de sa génération. Du fait de la diversité des connecteurs de processeurs, et sans tenir compte des divergences au niveau des tensions, de la vitesse et autres zones potentielles d'incompatibilité, nous vous conseillons de consulter le constructeur de votre carte mère pour connaître les processeurs que vous pouvez y monter. Normalement, c'est le type de support dont la carte mère est équipée qui détermine le processeur le plus rapide disponible, mais d'autres facteurs, par exemple le régulateur de tension ou le BIOS, ont également un rôle à jouer.

À titre d'exemple, si votre carte mère utilise un Socket LG775, vous serez en mesure de passer d'un Pentium 4 monocœur à un processeur double ou quadruple cœur de type Core 2, car ils utilisent tous le même support. Avant d'acheter le nouveau processeur, vérifiez toutefois que la carte mère dispose de la fréquence de bus requise, des bons paramètres de voltage et que le BIOS prend bien en charge le nouveau module. Consultez le site web du fabricant de la carte mère ou du système pour prendre connaissance des dernières informations sur la compatibilité des processeurs et pour télécharger les mises à jour du BIOS nécessaires.

Puissance max.	SSE	64 bits	NX	Cool'n'Quiet	VT	Socket
110 W	SSE3	X	X	X	–	939
125 W	SSE3	X	X	X	X	AM2
125 W	SSE3	X	X	X	X	1207FX
125 W	SSE3	X	X	X	X	1207FX
125 W	SSE3	X	X	X	X	1207FX

Si vous tentez de changer le processeur d'un système préassemblé, le choix risque d'être réduit en utilisant le BIOS fourni par le vendeur. Si vous réussissez à déterminer le fabricant de la carte mère (et s'il s'agit d'un modèle propriétaire), contactez-le pour obtenir une mise à jour du BIOS qui prend en charge un plus grand nombre de processeurs.

Si vous n'êtes pas en mesure d'installer un processeur plus rapide dans votre système, il existe diverses solutions tierces, y compris des adaptateurs qui permettent d'installer des processeurs Socket 478 sur les premières cartes mères Pentium 4 à Socket 423, des processeurs Socket 370 plus rapides sur d'anciennes cartes mères Slot 1, etc. Au lieu d'acheter le processeur et l'adaptateur séparément, essayez de les acheter ensemble, sous la forme d'un module indivisible.

Une mise à niveau du processeur peut faire doubler les performances de l'ordinateur. Toutefois, si vous êtes déjà équipé du processeur le plus rapide pour votre connecteur, d'autres alternatives doivent être envisagées. Dans ce cas, pour obtenir des performances supérieures, vous devrez impérativement remplacer aussi la carte mère; vous pourrez ainsi utiliser l'un des derniers modèles de processeur. Si le boîtier de l'ordinateur ne se conforme pas à un facteur d'encombrement propriétaire, mais au facteur d'encombrement ATX, mieux vaut remplacer la carte mère et le processeur plutôt que d'essayer de trouver un processeur de mise à niveau compatible avec votre carte mère existante.

Logiciels de test de performances de processeur

Les utilisateurs aiment connaître les performances de leur ordinateur. L'être humain a toujours été intéressé par la vitesse. C'est dans sa nature. Afin d'aider les utilisateurs dans cette tâche, différents éditeurs de logiciels ont conçu des programmes de tests de performances (*benchmarks*) afin de mesurer les différents aspects des performances d'un processeur et d'un ordinateur. Bien qu'il n'existe pas de mesure numérique unique permettant d'évaluer l'ensemble des performances d'un système aussi complexe qu'un processeur ou qu'un ordinateur complet, les programmes de tests de performances peuvent être très utiles pour comparer différents processeurs et ordinateurs.

Toutefois, le meilleur moyen de mesurer avec précision les performances d'un ordinateur consiste à le tester avec les applications que vous utilisez habituellement. Bien qu'il soit possible de tester un composant donné d'un ordinateur, très souvent, les autres composants peuvent avoir une influence sur les performances de ce périphérique. Ainsi, il n'est pas possible de comparer avec précision deux ordinateurs équipés de deux processeurs différents s'ils ne sont pas équipés de la même quantité de mémoire, du même disque dur, de la même carte vidéo, etc. Tous ces paramètres influent sur les résultats du test.

Les programmes de tests de performances peuvent être classés en deux catégories : ceux qui évaluent les performances d'un composant spécifique de l'ordinateur, tel que le processeur, le disque dur, la carte vidéo ou encore le lecteur optique, et ceux qui évaluent les performances de l'ensemble de l'ordinateur en faisant fonctionner une application donnée ou une suite de tests.

Les programmes de tests de performances ne sont qu'un outil parmi d'autres dont vous pouvez vous servir pour mettre à niveau ou acheter un ordinateur. Dans la pratique, pour tester un ordinateur, vous obtiendrez de meilleurs résultats en le faisant fonctionner avec le système d'exploitation et les applications avec lesquels vous avez l'habitude de travailler, et en configurant ceux-ci conformément à vos habitudes.

Différents éditeurs de logiciels sont spécialisés dans les utilitaires d'évaluation de performances. Le Tableau 2.27 indique un certain nombre d'éditeurs de logiciels connus pour leurs produits d'évaluation de performances et précise le nom de ces produits.

Tableau 2.27 : Sociétés spécialisées dans les logiciels de test et de mesure des performances

Société	Programmes de tests publiés	Type de programme de tests
Futuremark (précédemment MadOnion.com)	SysMark	Système
	PCMark Pro	Système
	3DMark	Graphiques en 3D
Business Applications Performance Corporation (BAPCo)	MobileMark	Durée de vie des batteries d'un portable
Standard Performance	SPECint	Arithmétique entière
Evaluation Corporation	SPECfp	Arithmétique en virgule flottante
SiSoftware	Sandra	Système, mémoire, processeur, multimédia

Techniques de dépannage des processeurs

Les processeurs sont généralement très fiables. La plupart des problèmes avec les PC apparaissent à un autre niveau, mais si vous suspectez le processeur, voici la marche à suivre pour dépanner la machine. L'opération la plus facile à réaliser consiste à remplacer le microprocesseur par un autre dont la fiabilité est connue. Si le problème disparaît, le processeur d'origine est défectueux. Dans le cas contraire, le problème se situe ailleurs.

Le Tableau 2.28 fournit la liste des pannes relatives au processeur d'un PC et indique la marche à suivre pour y remédier.

Tableau 2.28 : Problèmes relatifs au processeur

Anomalie	Cause possible	Solution
L'ordinateur ne fonctionne pas, pas de curseur, pas de signal sonore, pas de ventilateur.	Défaillance du cordon d'alimentation	Branchez ou remplacez le cordon d'alimentation. Ces cordons peuvent se révéler défaillants, même lorsque leur aspect extérieur n'en laisse rien présager.
	Défaillance de l'alimentation	Remplacez l'alimentation. Utilisez un matériel de rechange connu et fiable pour effectuer les tests.
	Défaillance de la carte mère	Remplacez la carte mère. Utilisez un matériel de rechange connu et fiable pour effectuer les tests.
	Défaillance de la mémoire	Retirez toute la mémoire, excepté un bloc, et effectuez de nouveau le test. Si vous ne constatez aucune amélioration, remplacez le bloc en question.
L'ordinateur ne fonctionne pas, pas de signal sonore, ou se bloque avant le démarrage du POST.	Tous les composants ne sont pas installés ou sont incorrectement installés.	Contrôlez tous les périphériques, et tout spécialement la mémoire et la carte graphique. Réenclenchez toutes les cartes et les composants basés sur les sockets.
L'ordinateur émet un signal sonore au démarrage, le ventilateur fonctionne, pas de curseur à l'écran.	Carte graphique mal enfoncée ou défaillante	Réenclenchez ou remplacez la carte graphique. Utilisez un matériel de rechange connu et fiable pour effectuer les tests.
L'ordinateur se bloque pendant le POST ou peu de temps après.	Mauvaise évacuation de la chaleur	Vérifiez le radiateur/ventilateur du processeur. Remplacez-le, si nécessaire, par un modèle plus puissant.
	Paramètres de tension incorrects	Définissez la carte mère de façon à obtenir une tension de noyau correcte.
	Mauvaise fréquence du bus de la carte mère	Définissez la carte mère de façon à obtenir une fréquence correcte.
	Multiplicateur d'horloge incorrect	Modifiez les cavaliers de la carte mère de façon à obtenir un multiplicateur d'horloge correct.
Identification du processeur incorrecte pendant le POST	BIOS trop ancien	Demandez au fabricant une mise à jour de votre BIOS.
	Configuration incorrecte de la carte	Consultez le manuel et configurez les cavaliers sur la carte mère en fonction du bus et du multiplicateur définis.
Le système ne démarre pas après installation d'un nouveau processeur.	Le processeur est mal installé.	Replacez ou retirez/réinstallez le processeur et le radiateur.

Tableau 2.28 : Problèmes relatifs au processeur (*suite*)

Anomalie	Cause possible	Solution
	Le BIOS ne reconnaît pas le nouveau processeur.	Demandez au fabricant une mise à jour de votre BIOS.
	La carte mère est incompatible avec le nouveau processeur.	Consultez la documentation de la carte mère.
Le système d'exploitation ne s'amorce pas.	Mauvaise évacuation de la chaleur	Contrôlez le ventilateur du processeur. Remplacez-le, si nécessaire, par un modèle plus puissant.
	Paramètres de tension incorrects	Modifiez les cavaliers de la carte mère de façon à obtenir une tension de noyau correcte.
	Mauvaise fréquence du bus de la carte mère	Modifiez les cavaliers de la carte mère de façon à obtenir une fréquence correcte.
	Multiplicateur d'horloge incorrect	Modifiez les cavaliers de la carte mère de façon à obtenir un multiplicateur d'horloge correct.
	Les applications ne sont pas installées ou ne sont pas en mesure de s'exécuter.	Pilotes incorrects ou matériel incompatible. Mettez les pilotes à jour et vérifiez la compatibilité.
L'ordinateur semble fonctionner, mais aucune image n'apparaît.	Moniteur éteint ou défaillant	Contrôlez le moniteur et l'alimentation de celui-ci. Utilisez un matériel de rechange connu et fiable pour effectuer les tests.

Si, au cours du POST, le processeur n'est pas identifié convenablement, il se peut que les paramètres de votre carte mère soient incorrects ou que votre BIOS ait besoin d'être mis à jour. Vérifiez si les cavaliers de la carte mère sont correctement définis ou si cette dernière est configurée correctement en fonction du processeur utilisé, et assurez-vous d'être en possession du BIOS le plus récent disponible.

Si le système semble fonctionner irrégulièrement après un certain temps, essayez de baisser la fréquence du processeur. Si le problème disparaît, il se peut que le processeur soit défaillant ou overclocké.

De nombreux problèmes matériels sont, en réalité, des problèmes de logiciel déguisés. Assurez-vous de posséder le BIOS le plus récent pour votre carte mère, ainsi que les pilotes les plus récents pour tous vos périphériques. Il est également préférable d'utiliser la dernière version de votre système d'exploitation. Nombre de problèmes seront ainsi évités.

3 Les cartes mères et les bus

Au sommaire de ce chapitre

- Facteurs d'encombrement des cartes mères
- Supports/connecteurs de processeur
- Chipsets
- Chipsets de septième et huitième générations (Pentium 4/D et Core 2)
- Chipsets tiers pour les processeurs Intel
- Chipsets pour l'Athlon d'AMD
- Chipsets Intel pour stations de travail
- Chipsets pour l'Athlon 64 d'AMD
- Puces de Super-entrées/sorties
- Connecteurs d'interface de carte mère
- Fonctions et caractéristiques des bus système
- Types de bus d'entrées/sorties
- Ressources système
- Résolution des conflits de ressources

Facteurs d'encombrement des cartes mères

Sans aucun doute, la carte mère constitue le composant principal d'un PC. Pratiquement tous les éléments internes d'un PC sont connectés à elle. Les possibilités de l'ordinateur, sans mentionner ses performances, dépendent fortement des caractéristiques de la carte mère. Ce chapitre présente les différents types de cartes mères disponibles, les composants qui équipent généralement une carte mère et les connecteurs d'interface de carte mère.

Il existe plusieurs facteurs d'encombrement des cartes mères de PC. L'appellation "facteur d'encombrement", ou facteur de forme, fait référence aux dimensions physiques (taille et forme) de la carte ainsi qu'à certains connecteurs, trous de montage et autres positions indiquant le type de boîtier dans lequel la carte peut être installée. Certains facteurs d'encombrement sont de véritables standards : toutes les cartes mères qui s'y conforment sont interchangeables. D'autres, au contraire, ne sont pas suffisamment standardisés : pas de substitution possible; ces facteurs d'encombrement non standard rendent les mises à jour difficiles et limitent les possibilités de remplacement de composants peu onéreux. Il est préférable de les éviter. Les facteurs d'encombrement de cartes mères les plus répandus sont les suivants :

- facteurs d'encombrement obsolètes : Baby-AT, Full-Size AT, LPX (semi-propriétaire), WTX (production arrêtée), ITX (variante du Flex-ATX, jamais produit);
- facteurs d'encombrement modernes : BTX, Micro-BTX, Pico-BTX, ATX, Micro-ATX, Flex-ATX, DTX, Mini-ITX (variante du Flex-ATX), NLX;
- tous les autres : conceptions semi- ou totalement propriétaires (certains modèles de Compaq, Dell, Hewlett-Packard, systèmes de portable, etc.).

Au fil des ans, les cartes mères ont évolué, depuis celles de taille et de forme Baby-AT utilisées dans le premier PC d'IBM, jusqu'aux cartes ATX et BTX actuelles employées dans la plupart des ordinateurs de bureau. ATX existe en différentes versions, dont le Micro-ATX (une version réduite du facteur d'encombrement ATX, qui est utilisée pour les ordinateurs de taille restreinte) et le Flex-ATX (une version encore plus réduite destinée aux PC familiaux peu coûteux et quelques PC professionnels de petite taille). Le format BTX réorganise les composants principaux afin d'en améliorer le refroidissement et incorpore un module thermique. Micro-BTX et Pico-BTX sont des variantes plus petites du BTX. Il existe également d'autres formats à l'encombrement réduit, dont le DTX et le Mini-ITX. NLX est conçu pour les ordinateurs de bureau destinés à un usage professionnel, mais il a été remplacé par le Flex-ATX. Quant au facteur d'encombrement WTX, il était destiné aux stations de travail ainsi qu'aux serveurs de milieu de gamme mais il n'a jamais connu le succès. Le Tableau 3.1 fournit la liste des facteurs d'encombrement actuels et indique leur utilisation.

Les cartes Baby-AT, Full-Size AT et LPX ont été populaires en leur temps, mais toutes ont été remplacées par des facteurs d'encombrement plus récents et interchangeables. Les facteurs d'encombrement modernes sont de véritables standards, ce qui garantit une bonne interchangeabilité entre chaque type. Ainsi, des cartes ATX pourront remplacer d'autres cartes ATX, des cartes BTX pourront se substituer à d'autres cartes BTX, etc. Les nouvelles caractéristiques de ces cartes ont facilité le passage vers ces nouveaux facteurs d'encombrement. À l'heure actuelle, il est recommandé de faire l'acquisition de systèmes équipés d'un facteur d'encombrement récent et standard. Nous passerons en revue chacun de ces facteurs de forme dans les sections suivantes.

Toute carte ne s'adaptant pas aux facteurs d'encombrement standard de l'industrie est considérée comme propriétaire. Excepté lors de circonstances particulières, il est déconseillé de faire l'acquisition de systèmes équipés de cartes au format propriétaire. Il est pratiquement impossible de les mettre à jour et leur réparation se révèle très coûteuse, car la carte mère, le boîtier et l'alimentation ne seront pas interchangeables avec d'autres modèles. Les facteurs d'encombrement propriétaires sont intégrés dans des PC qui sont purement et simplement "jetables". C'est, en effet, la seule chose à faire lorsque ces derniers deviennent trop lents ou lorsqu'ils doivent être réparés.

Attention

Les PC jetables sont bien plus courants que vous ne l'imaginez. Certaines personnes sont d'avis que près de 60 % des PC du marché actuel sont des modèles jetables, non pas tant du fait de leur carte mère mais surtout de leur alimentation souvent trop faible et de leur boîtier microtour trop étriqué. Si les PC de bas de gamme utilisant de petits boîtiers et de petites alimentations sont théoriquement plus susceptibles d'une mise à niveau que ces systèmes jetables, vous serez fréquemment "coincé" dès que vous aurez besoin de plus de trois connecteurs d'extension ou que vous chercherez à installer plus de trois lecteurs internes. Du fait des limitations des systèmes minitours, nous les considérons comme tout aussi jetables que les systèmes LPX qu'ils ont remplacés.

Attention également aux systèmes qui "semblent" suivre les standards industriels, par exemple les ordinateurs Dell construits de 1996 à nos jours, particulièrement ceux de la série XPS. Ces PC utilisent une version recâblée de l'alimentation ATX (ou même un bloc à la taille et à la forme absolument non standard) et des connecteurs d'alimentation de la carte mère, qui rend ces deux composants totalement incompatibles avec les cartes mères et les alimentations standard. Dans certains systèmes, la forme du bloc d'alimentation est totalement propriétaire et les cartes mères ne respectent pas à la lettre la norme ATX. Si vous envisagez de remplacer l'alimentation, vous serez contraint d'acheter une alimentation Dell compatible. Et si vous souhaitez mettre à niveau la carte mère, vous devrez acheter en complément une alimentation standard. La seule solution est de remplacer les deux composants, voire également le boîtier, par des équivalents normalisés.

Pour disposer d'un système totalement ouvert en ce qui concerne les mises à niveau, insistez pour disposer d'une machine avec carte ATX ou BTX dans un boîtier moyen-tour ou plus grand et un minimum de cinq baies pour les lecteurs.

Tableau 3.1 : Facteurs d'encombrement des cartes mères

Facteur d'encombrement	Utilisation	NB connecteurs max.
BTX	Systèmes tours et de bureau. Répandu dans les systèmes OEM haut de gamme au début 2007.	7
Micro-BTX	BTX en plus petit. Utilisé pour les systèmes milieu de gamme. Adapté aux châssis BTX et Micro-BTX.	4
Pico-BTX	La plus petite version de BTX. Utilisé pour les systèmes bas de gamme et les systèmes conçus pour les jeux. Prend place dans les châssis BTX, Micro-BTX et Pico-BTX.	1
ATX	Systèmes de bureau standard et tours. Facteur d'encombrement répandu depuis mi-1996. Prend en charge les systèmes haut de gamme.	7
Mini-ATX	Une version plus petite d'ATX mais qui tient dans le même boîtier que l'ATX. Beaucoup des cartes dites ATX sont en fait des Mini-ATX.	6
Micro-ATX	Version plus petite de l'ATX. Utilisé dans les systèmes milieu de gamme. Adapté aux boîtiers Micro-ATX ou ATX.	4
DTX	Version plus petite du Micro-ATX. Utilisé dans les systèmes à facteur d'encombrement réduit, les systèmes de jeux et les appliances. Adapté aux boîtiers DTX, Micro-ATX et ATX.	2
Flex-ATX	Version plus petite du Micro-ATX. Utilisé dans les systèmes à facteur d'encombrement réduit, les systèmes de jeux et les appliances. Adapté aux boîtiers Flex-ATX, Micro-ATX et ATX.	3
Mini-DTX	Version plus petite du Flex-ATX. Utilisé dans les systèmes à facteur d'encombrement réduit, les systèmes de jeux et les appliances. Adapté aux boîtiers DTX, Flex-ATX, Micro-ATX et ATX.	2
Mini-ITX	La plus petite version du Flex-ATX. Utilisé dans les consoles et les systèmes à facteur d'encombrement minimal. Haute intégration avec un connecteur PCI. Adapté aux boîtiers Mini-ITX, Flex-ATX, Micro-ATX et ATX.	1
NLX	Systèmes de bureau et minitours destinés à un usage professionnel. Gestion très facile et très rapide. Connecteurs sur carte élévatrice. Largement remplacé aujourd'hui par le Micro-ATX, le Flex-ATX ou le Mini-ITX.	Variable

ATX

Le facteur d'encombrement ATX a été la première grande révolution dans ce domaine. ATX combine les meilleures caractéristiques des formats Baby-AT et LPX, avec de nombreuses améliorations. Autrement dit, le facteur d'encombrement ATX correspond à une carte mère Baby-AT orientée latéralement sur le boîtier, avec une alimentation et des connecteurs déplacés. La chose la plus importante à savoir sur le facteur d'encombrement ATX est qu'il est physiquement incompatible avec les facteurs d'encombrement Baby-AT et LPX. En d'autres termes, il faut un nouveau boîtier et une nouvelle alimentation pour faire fonctionner une carte mère ATX. Ces nouveaux modèles de boîtier et d'alimentation sont aujourd'hui les plus répandus.

La spécification ATX officielle a été publiée par Intel en juillet 1995; elle a été conçue pour rester ouverte aux modifications susceptibles d'émaner d'autres fabricants. Il a fallu attendre le milieu de l'année 1996 pour que les cartes mères ATX percent sur le marché. Dès lors, elles ont remplacé très rapidement les cartes mères Baby-AT. La spécification ATX a été mise à jour en février 1997 pour aboutir à la version 2.01, à la version 2.03 en mai 2000, 2.1 en juin 2002 et finalement 2.2 en février 2004. Intel a publié les caractéristiques détaillées de cette spécification afin que les autres fabricants puissent exploiter à leur tour ce facteur d'encombrement pour leurs ordinateurs. Les spécifications pour les cartes mères ATX et les autres cartes courantes sont disponibles en ligne sur le site **www.formfactors.org**. À l'heure actuelle, le format ATX est, de loin, le facteur d'encombrement de carte mère le plus répandu. Les ordinateurs ATX pourront être mis à niveau pendant de nombreuses années, tout comme le facteur d'encombrement Baby-AT par le passé.

Le facteur d'encombrement de carte mère ATX a été amélioré à plusieurs égards par rapport aux facteurs d'encombrement Baby-AT et LPX :

- Panneau de connecteurs d'entrées/sorties externes intégrés sur deux niveaux. La partie arrière d'une carte mère ATX comprend une zone de connecteurs d'entrées/sorties répartie sur deux niveaux. Cette zone de connecteurs mesure 15,9 cm de large et 4,4 cm de haut. Elle permet de placer les connecteurs externes à même la carte. Il n'est plus nécessaire de faire partir des câbles des connecteurs de la carte mère à l'arrière du boîtier, ce qui était le cas avec le facteur d'encombrement Baby-AT.
- Connecteur d'alimentation interne unique, avec détrompeur. Cette amélioration est une véritable bénédiction pour l'utilisateur lambda, qui avait toujours peur d'intervertir les connecteurs d'alimentation de son alimentation Baby-AT et, par la même occasion, de faire griller la carte mère. La spécification ATX prévoit un connecteur d'alimentation unique, blindé et pourvu d'un détrompeur facile à brancher et qui ne peut pas être inséré à l'envers. Ce connecteur contient également des broches délivrant une tension de 3,3 V à la carte mère : les cartes mères ATX ne nécessitent donc pas de régulateur de tension. Il s'agit là d'un élément en moins susceptible de tomber en panne. La spécification ATX a été étendue pour inclure d'autres connecteurs d'alimentation avec détrompeurs pour les systèmes nécessitant plus de puissance électrique que ce que ne permettait la spécification initiale. Il s'agit des connecteurs d'alimentation secondaire

(3,3 V et 5 V) et ATX12V. Les dernières versions des spécifications ATX pour l'alimentation définissent un connecteur à 24 broches en remplacement du connecteur originel à 20 broches.

✔ Voir la section "Connecteurs d'alimentation de carte mère", p. 934.

- Processeur et mémoire déplacés. Le processeur et les barrettes de mémoire ont été déplacés afin que les cartes d'extension n'en gênent pas l'accès. Désormais plus accessibles, ils peuvent être remplacés sans retirer les cartes d'extension déjà installées. Le processeur et la mémoire sont maintenant placés à côté de l'alimentation, où se situe également le ventilateur principal du système. Même si cela améliore le flux d'air sur le processeur de manière telle qu'il n'était plus nécessaire de se servir d'un ventilateur pour processeur sur les anciens systèmes, la majorité des systèmes ATX actuels requiert des refroidisseurs actifs car les processeurs fonctionnement à des fréquences très élevées. Par ailleurs, il y a suffisamment de place au-dessus et autour du processeur pour ajouter un ventirad (radiateur plus ventilateur).

Infos

La plupart des systèmes nécessitent un refroidissement complémentaire, en plus du ventilateur de l'alimentation, soit un ventirad placé sur le processeur soit simplement un ventilateur supplémentaire. Intel et AMD livrent leurs processeurs avec un ventilateur de grande qualité (à roulement à billes), fourni aux petits assembleurs. Ces processeurs sont appelés processeurs "boîte", car ils sont vendus à l'unité, dans des boîtes individuelles, et non par palettes de 100 (ou plus) processeurs nus, achetées par les gros assembleurs. Le dissipateur thermique avec ventilateur, qui accompagne le processeur par mesure de prudence, est en général d'excellente qualité. En effet, la plupart des petits assembleurs ne disposent pas des connaissances techniques nécessaires pour effectuer les analyses thermiques, les mesures de température et les tests appropriés pour sélectionner les bons radiateurs passifs. La seule condition thermique exprimée pour les processeurs "boîte" est que la température de l'air entrant dans le dissipateur actif soit inférieure à 38 C, voire moins pour certains modèles plus anciens. En incorporant un ventilateur à ses processeurs "boîte", cela permet à Intel et AMD de garantir les processeurs "boîte" indépendamment du système. Les grands assembleurs disposent des connaissances techniques suffisantes pour sélectionner les bons modèles de dissipateurs thermiques passifs ; ils peuvent réduire leurs coûts et accroître la fiabilité de leurs ordinateurs en se passant de ce ventilateur intégré. Avec un processeur OEM (*Original Equipment Manufacturer*, fabricant d'équipement spécifique) sans ventilateur intégré, la garantie est fournie par le vendeur du système, et non directement par le fabricant du processeur. La société inclut généralement avec ses cartes mères des instructions concernant le montage du radiateur, si celui-ci n'est pas intégré aux processeurs.

- Connecteurs d'entrées/sorties internes déplacés. Les connecteurs d'entrées/sorties internes du lecteur de disquettes et des disques durs ont été déplacés pour être positionnés à côté des baies de lecteurs et à l'écart de l'espace situé sous les cartes d'extension et les baies de lecteurs. Cela signifie que les câbles internes reliant les lecteurs peuvent être beaucoup plus courts, et qu'il n'y a pas à ôter de carte ni de lecteur pour accéder aux connecteurs.
- Refroidissement amélioré. Le processeur et la mémoire vive sont placés de manière à améliorer le refroidissement général du système. Cela permet de réduire, sans toutefois l'éliminer, le besoin d'un ventilateur séparé sur le boîtier de l'ordinateur ou sur le processeur. La plupart des ordinateurs rapides exigent la présence de ventilateurs supplémentaires, que ce soit sur le processeur ou le boîtier. La spécification ATX recommandait initialement que l'alimentation ATX

propulse l'air vers l'intérieur du boîtier de l'ordinateur et non vers l'extérieur, cela afin de pressuriser l'ordinateur et de minimiser les risques d'intrusion de poussières et de saletés. Ces dernières années, la spécification ATX a été révisée afin de permettre à l'air de circuler de manière plus standard vers l'extérieur du boîtier de l'ordinateur. Puisque la spécification autorise l'utilisation des deux types de flux et puisque le refroidissement est moins efficace avec le flux inversé, la plupart des fabricants d'alimentation construisent des modèles ATX avec des ventilateurs qui expulsent l'air du système.

✔ Voir le Chapitre 16 pour des informations plus précises.

- Coût de fabrication plus faible. La spécification ATX élimine l'enchevêtrement de câbles reliant les connecteurs externes sur les cartes mères Baby-AT, de ventilateur supplémentaire sur le processeur ou le boîtier et de régulateur de tension pour le signal de 3,3 V. Elle permet de réduire la longueur des câbles des lecteurs internes et supprime tout câble pour les ports série et parallèle externes. Tous ces éléments contribuent à réduire considérablement le coût de la carte mère et celui de l'ensemble de l'ordinateur, notamment du boîtier et de l'alimentation.

La Figure 3.1 présente l'organisation et les caractéristiques du boîtier ATX, telles que vous pouvez les voir si vous regardez sous le couvercle d'un ordinateur de bureau ou si vous soulevez le panneau qui se trouve sur le côté de votre tour. Notez que la carte mère est à l'écart des baies de lecteurs, et que le processeur, la mémoire et les connecteurs de lecteurs internes sont faciles d'accès. Les connecteurs de bus n'en gênent pas l'accès. Remarquez également le positionnement du processeur à côté de l'alimentation.

Infos

Si la plupart des systèmes ATX placent l'alimentation près du processeur (en haut), cette organisation n'est pas imposée par la spécification. Certains systèmes la placent ailleurs, par exemple en bas.

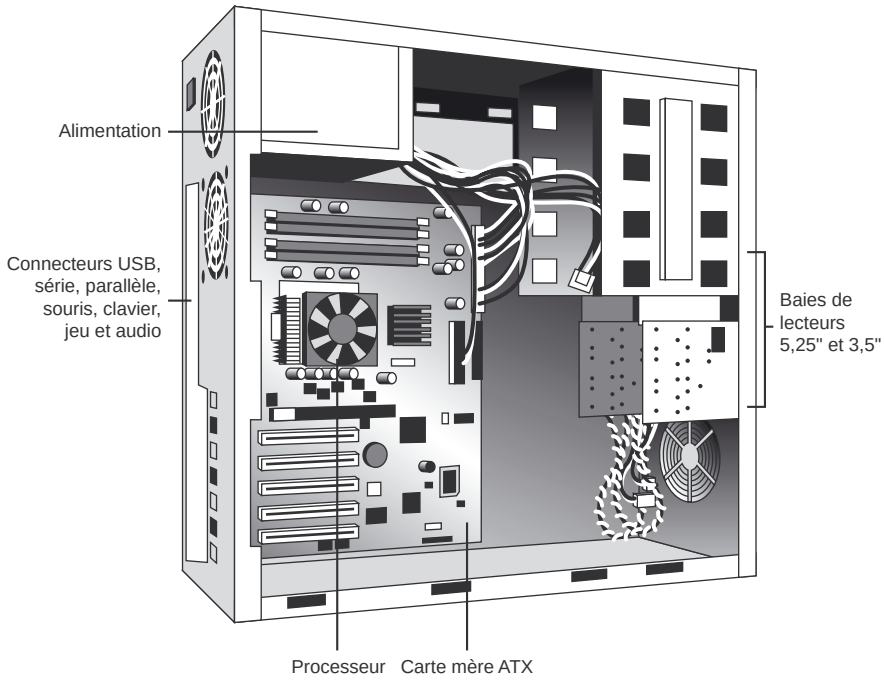
Une carte mère ATX est en réalité une carte mère Baby-AT orientée latéralement. Les connecteurs d'extension sont maintenant parallèles au plus petit côté du boîtier; ils ne gênent pas l'accès au processeur, à la mémoire et aux connecteurs d'entrées/sorties (voir Figure 3.2). Il existe actuellement deux tailles différentes pour les cartes ATX. Outre un facteur d'encombrement ATX standard (plein format), Intel a défini un facteur d'encombrement Mini-ATX, qui est totalement compatible en taille et qui rentre dans le même boîtier :

- Une carte ATX standard a pour dimensions : 12'' de largeur sur 9,6'' de profondeur (305 mm × 244 mm).
- Une carte Mini-ATX fait, quant à elle, 11,2'' de largeur sur 8,2'' de profondeur (284 mm × 208 mm).

Mini-ATX n'est pas un standard officiel. Il s'agit simplement d'une version plus petite du facteur d'encombrement ATX. En réalité, toutes les références au Mini-ATX ont été retirées des spécifications ATX depuis la version 2.1. Il existe également deux versions plus petites d'ATX, appelées Micro-ATX et Flex-ATX. Nous y reviendrons dans la suite de ce chapitre.

Bien que les trous du boîtier soient analogues à ceux d'un boîtier Baby-AT, les boîtiers de ces deux formats sont généralement incompatibles. L'alimentation ATX a une taille semblable à une alimen-

Figure 3.1
Organisation type du boîtier ATX.



tation Slim classique des systèmes Baby-AT, mais leurs connecteurs sont différents, tout comme les tensions de sortie.

Les avantages du facteur d'encombrement ATX ont écarté les cartes mères Baby-AT et LPX du marché. Bien que d'autres formats existent, les systèmes ATX (ou compatibles, comme Micro-ATX ou Flex-ATX) sont conseillés depuis 1996 et cela risque de continuer pendant plusieurs années.

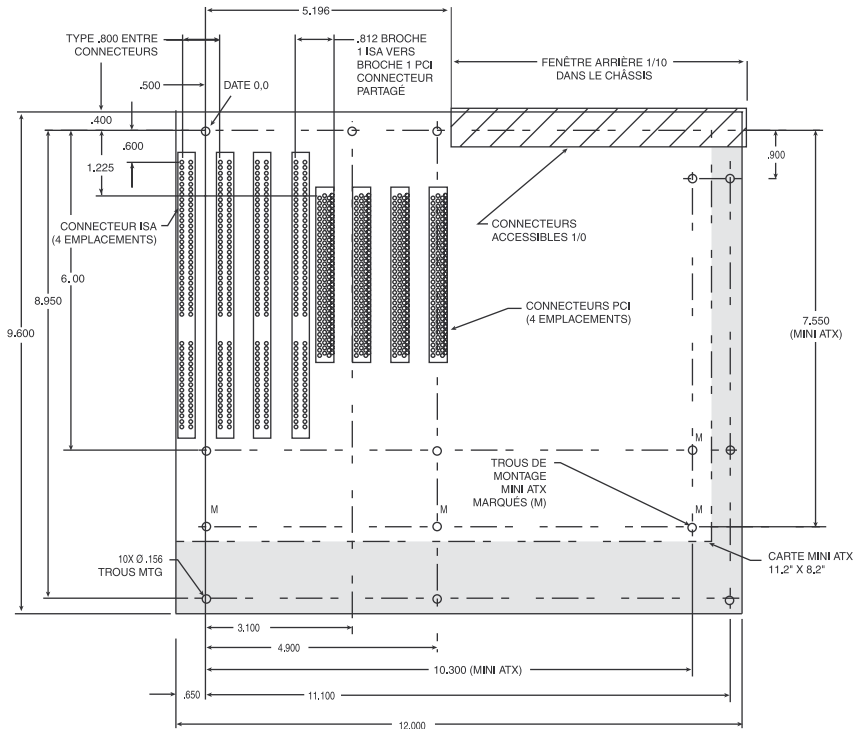
Le meilleur moyen de savoir si votre ordinateur est de type ATX sans pour autant avoir à ôter son couvercle consiste à l'examiner par l'arrière. Le facteur d'encombrement ATX présente deux caractéristiques distinctives. La première est que les cartes d'extension sont insérées directement dans la carte mère. Il n'y a pas la carte élévatrice que l'on trouve dans les ordinateurs LPX ou NLX (excepté pour certains systèmes Slim, comme les serveurs en rack). Les connecteurs sont par conséquent perpendiculaires à la carte mère. Par ailleurs, les cartes ATX possèdent une seule zone de connecteurs, répartie sur deux rangées, pour tous les connecteurs de la carte mère (voir Figure 3.3 et Tableau 3.2). Cette zone est située à côté des connecteurs de bus ; elle peut servir de point de repère pour identifier facilement une carte mère ATX.

Infos

La plupart des cartes mères ATX comprennent des connecteurs respectant des codes de couleurs normalisées (voir Tableau 3.2). Ainsi, le branchement des périphériques est beaucoup plus facile : il suffit de suivre les couleurs. Par

Figure 3.2

Spécifications d'une carte mère ATX version 2.3, indiquant les dimensions ATX et Mini-ATX.



exemple, le câble d'un clavier se termine généralement par une prise violette, tandis que celui des souris utilise une prise verte. Même si les deux connecteurs se ressemblent fortement (elles sont de type Mini-DIN à six broches), leurs couleurs correspondent à celles des périphériques adéquats. Autrement dit, il suffit de brancher la prise violette dans le connecteur violet et la prise verte dans le connecteur vert. Il n'y a même plus besoin de réfléchir.

Les informations au sujet des facteurs d'encombrement ATX, Mini-ATX, Micro-ATX, Flex-ATX ou NLX sont disponibles sur le site web "Form factors" à l'adresse **http://www.formfactors.org**. Ce site fournit des guides sur la conception et les spécifications des facteurs d'encombrement. Il offre également certaines indications au sujet des nouvelles technologies, des informations sur leurs instigateurs et un forum de discussion concernant les facteurs d'encombrement.

Cartes élévatrices ATX

En décembre 1999, Intel a introduit une modification dans la conception des cartes élévatrices pour les cartes mères ATX. Il s'agissait de l'adjonction d'un connecteur de 22 broches (2 × 11) à l'un des connecteurs PCI de la carte mère, dans lequel vient prendre place une carte élévatrice comprenant deux ou trois connecteurs. Cette carte élévatrice permet l'installation de deux ou trois cartes d'extension PCI. Notez qu'elle ne prend pas en charge le bus AGP.

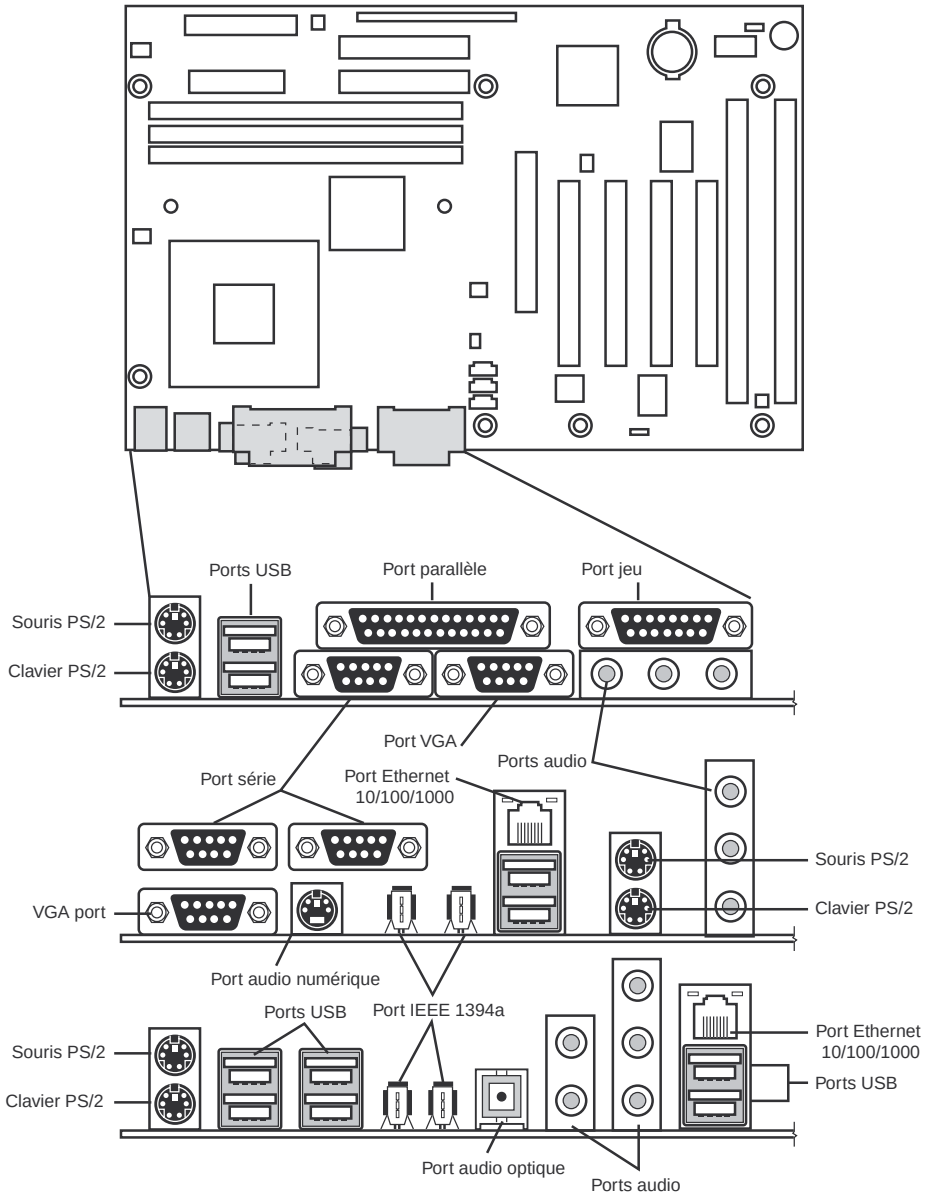


Figure 3.3

Connecteurs d'une carte mère ATX, pour des systèmes avec audio et vidéo (en haut et au milieu), réseau et IEEE-1394/FireWire (au milieu et en bas) et anciens (en bas).

Tableau 3.2 : Ports généralement intégrés aux cartes mères ATX

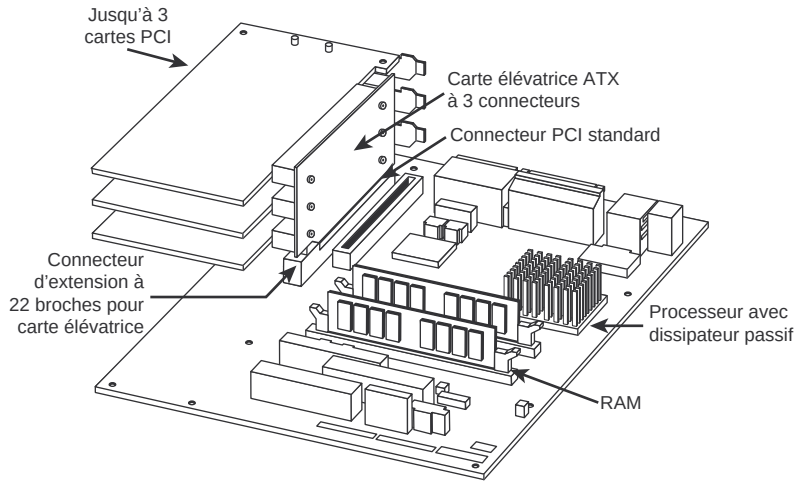
Port	Type de connecteur	Couleur du connecteur
Port souris PS/2	Mini-DIN à 6 broches	Vert
Port clavier PS/2	Mini-DIN à 6 broches	Violet
Ports USB	USB à deux rangées	Noir
Port parallèle	DB à 25 broches	Bordeaux
Port série port	DB à 9 broches	Turquoise
Port vidéo analogique VGA	DB HD à 15 broches	Bleu foncé
Port jeu/MIDI	DB à 15 broches	Or
Ports audio : entrée G/D, sortie frontale G/D, sortie arrière G/D, sortie centrale G/D, entrée microphone G/D	Min-jack 3,5 mm	Bleu clair, vert citron, noir, noir, rose
Sortie TV S-Vidéo	Mini-DIN à 4 broches	Noir
Port IEEE-1394/FireWire	IEEE-1394 à 6 broches	Gris
Ethernet 10/100/1000	RJ-45 à 8 broches	Noir
Sortie audio optique S/PDIF	TOSLINK	Noir
Sortie vidéo numérique DVI (non montré)	DDWG-DVI	Blanc
Sortie audio numérique S/PDIF (non montré)	Jack RCA	Orange
SCSI (non montré)	SCSI HD à 50/68 broches	Noir
Modem (non montré)	RJ-11 à 4 broches	Noir
Sortie vidéo composite (non montré)	Jack RCA	Jaune

Les cartes mères ATX sont en principe mises en place dans des boîtiers orientés verticalement, de type tour, alors que pour certaines applications particulières un système de bureau, horizontal, est requis. Lorsque les cartes ATX sont installées dans des boîtiers de bureau, les cartes PCI peuvent avoir une hauteur supérieure à 10,5 cm, ce qui suppose au minimum un boîtier de 15 à 20 cm de haut. Pour des systèmes de bureau en format Slim, la plupart des constructeurs ont utilisé le format NLX mais la complexité et la faible popularité de NLX en font une solution onéreuse. Il fallait trouver une solution économique permettant d'utiliser des cartes au format standard ATX dans un boîtier de bureau Slim. La meilleure solution à long terme est l'adoption de cartes PCI moins hautes, inférieures aux 10,5 cm habituels. La spécification PCI Low-Profile est sortie en février 2000 pour révision technique par le Peripheral Component Interconnect Special Interest Group (PCI SIG), et certains produits sont désormais fabriqués dans ce format réduit (2,5'', soit 6,35 cm). Jusqu'à une diffusion plus large de ce format PCI surbaissé, Intel a suggéré une approche sous forme d'une carte élévatrice permettant d'employer des cartes PCI de hauteur standard dans des systèmes Slim ou rack.

Par l'ajout d'un petit connecteur d'extension à 22 broches à l'un des connecteurs PCI sur la carte mère, les signaux additionnels correspondant à la carte élévatrice ont pu être implémentés. La con-

ception actuelle permet ainsi l'adjonction d'une carte élévatrice de deux ou trois connecteurs. Sur cette carte, vous pouvez mettre en place des cartes PCI standard. La carte mère peut être utilisée avec ou sans la carte élévatrice. Seul problème : si la carte élévatrice est installée, les autres connecteurs PCI de la carte mère ne sont pas utilisables. Une carte d'extension ne peut être installée que sur la carte mère ou sur la carte élévatrice, mais pas les deux. La carte élévatrice ne prend en charge que les cartes PCI, et non les cartes AGP ou ISA. La Figure 3.4 montre un exemple de carte ATX avec carte élévatrice.

Figure 3.4
Implémentation d'une carte élévatrice à trois connecteurs sur une carte mère Micro-ATX.



Le connecteur à 22 broches est en général installé en ligne avec le connecteur PCI 6, le deuxième en partant de la droite. Les connecteurs sont numérotés de la droite vers la gauche (en regardant la carte de face), en commençant par le 7, le plus proche du processeur. Certaines cartes numérotent les connecteurs de la droite vers la gauche en partant de 1. Dans ce cas, le connecteur d'extension est sur le connecteur 2. Le schéma de brochage du connecteur d'extension est présenté à la Figure 3.5.

Le connecteur PCI en ligne avec le connecteur de la carte élévatrice est un connecteur standard PCI ordinaire : aucun signal n'est modifié.

Les systèmes qui utilisent une carte élévatrice sont en général des systèmes surbaissés. Ils n'acceptent pas de carte PCI normale ou de carte AGP dans les autres connecteurs. Si le standard de carte élévatrice ATX a été conçu à l'origine pour des cartes bas de gamme, avec prise en charge vidéo, audio ou réseau intégrée, beaucoup de serveurs en rack utilisent également ces cartes élévatrices du fait de l'intégration des composants requis dans ces cartes.

Figure 3.5
Schéma de brochage du connecteur d'extension de la carte élévatrice à 22 broches.

Signal	Broche	Broche	Signal
Terre	B1	A1	PCI_GNT1#
PCI_ CLK1	B2	A2	Terre
Terre	B3	A3	PCI_GNT2#
PCI_REQ1#	A4	B4	Terre
Terre	A5	B5	PCI_CLK3
PCI_CLK2	A6	B6	RISER_ID1
Terre	A7	B7	Réservé
PCI_REQ2#	A8	B8	RISER_ID2
Terre	A9	B9	NOGO
PC/PCI_DREQ#	A10	B10	+12V
PC/PCI_DGNT#	A11	B11	SER_IRQ

Micro-ATX

Le facteur d'encombrement Micro-ATX a été présenté par Intel en décembre 1997. Il s'agit d'une évolution du facteur d'encombrement ATX destinée aux systèmes plus petits et moins coûteux. Sa taille réduite permet l'utilisation d'une carte mère, d'une alimentation et d'un boîtier plus petits, réduisant ainsi le coût global de l'ordinateur. Le facteur d'encombrement Micro-ATX est également compatible avec le facteur d'encombrement ATX et peut être utilisé dans des boîtiers ATX de taille normale. Bien entendu, un boîtier Micro-ATX n'acceptera pas des cartes au format ATX standard. Ce facteur d'encombrement a commencé à connaître le succès pour le marché des PC bas de gamme. À l'heure actuelle, ce sont les systèmes minitours qui dominent largement le marché des PC d'entrée de gamme, même si leur petite taille et leur intérieur étriqué limitent sérieusement les possibilités de mise à niveau.

Les principales différences entre les facteurs d'encombrement Micro-ATX, ATX standard et Mini-ATX sont les suivantes :

- carte mère réduite en largeur (9,6'' [244 mm] au lieu de 12'' [305 mm] ou 11,2'' [284 mm]) ;
- nombre inférieur de connecteurs de bus d'entrées/sorties (quatre au maximum, mais la plupart des cartes en proposent uniquement trois);
- alimentation plus réduite (facteur d'encombrement SFX/TFX).

La taille maximale de la carte mère Micro-ATX est seulement de 9,6'' × 9,6'' (244 × 244 mm) alors que celle de la carte mère ATX standard est de 12'' × 9,6'' (305 × 244 mm) et celle de la carte mère Mini-ATX de 11,2'' × 8,2'' (284 mm × 208 mm). Il est possible de concevoir des cartes plus petites, si elles respectent les trous de montage, les positions des connecteurs, etc., tels que définis par le standard. Le fait que les connecteurs soient moins nombreux ne pose pas de problème, car un plus grand nombre de composants tels que le son et la vidéo peuvent être intégrés à la carte mère et, par conséquent, ne nécessitent pas de connecteurs. Cette intégration plus poussée réduit les coûts du système et de la carte mère. Les bus externes, tels que USB, Ethernet 10/100/1000 et le bus 1394 (FireWire) en option, offriront une possibilité d'extension supplémentaire à l'extérieur du boîtier.

Récemment, un facteur d'encombrement d'alimentation plus réduit (nommé SFX ou TFX) a été conçu pour être utilisé avec les systèmes Micro-ATX, même si les alimentations ATX standard sont parfaitement adaptées car les connecteurs sont identiques. Ce format SFX/TFX autorise une certaine souplesse au niveau du choix des emplacements de montage dans le boîtier et diminue la consommation des systèmes les plus petits. Cependant, du fait des besoins accrus en alimentation des systèmes modernes, la plupart des boîtiers Micro-ATX sont conçus pour prendre en charge les alimentations ATX standard, bien que des constructeurs comme Compaq, HP et eMachines utilisent généralement des alimentations SFX ou TFX pour réduire les coûts.

✔ Voir la section "Facteurs d'encombrement de l'alimentation", p. 911.

Le facteur d'encombrement Micro-ATX est analogue au facteur d'encombrement ATX pour des questions de compatibilité. Cette similarité inclut les points suivants :

- connecteur d'alimentation ATX standard;
- panneau d'entrées/sorties ATX standard;
- trous de montage et dimensions sont un sous-ensemble d'ATX.

Ces similitudes assurent l'adaptation d'une carte mère Micro-ATX dans un boîtier ATX standard avec une alimentation ATX standard aussi bien que dans un boîtier Micro-ATX avec une alimentation SFX/TFX.

La taille du système complet pour un facteur d'encombrement Micro-ATX est très réduite. Un boîtier typique mesurerait seulement de 12'' à 14'' de haut, environ 7'' de large et 12'' de profondeur. Cette taille est celle d'une microtour. Une carte mère Micro-ATX typique est présentée à la Figure 3.6.

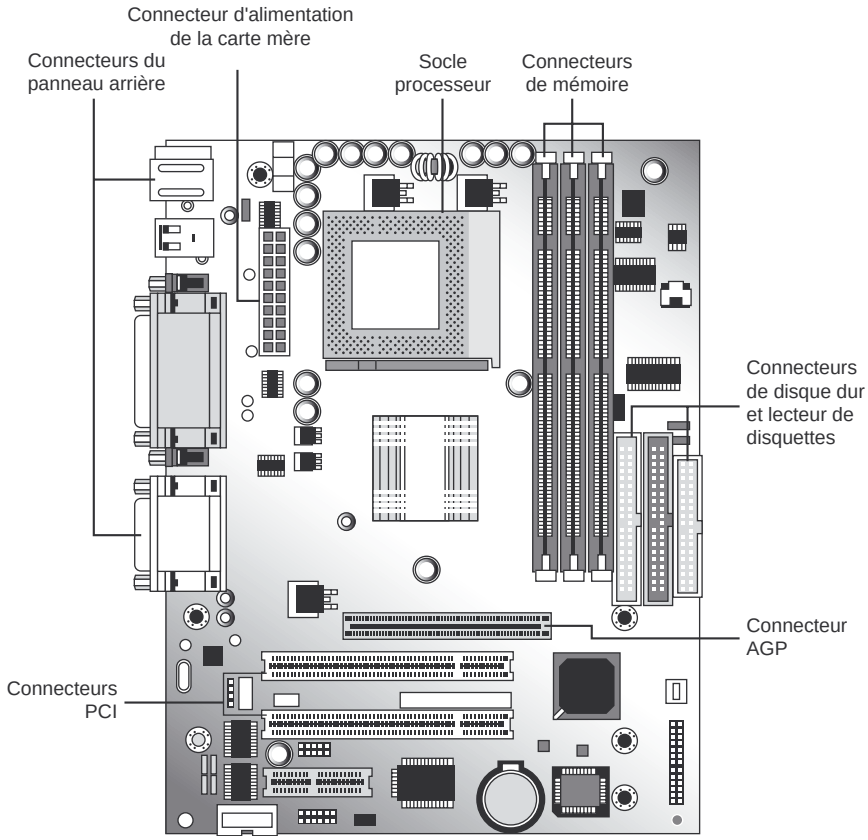
Comme pour ATX, le fait que Micro-ATX soit tombé dans le domaine public a facilité son adoption en tant que standard *de facto*. Les informations concernant la spécification Micro-ATX sont disponibles sur le site web "Desktop Form factors" (**www.formfactors.org**).

Flex-ATX

Le facteur d'encombrement Flex-ATX, qui est apparu en mars 1999, est une évolution de la spécification Micro-ATX. Il s'agit d'une nouvelle version, encore plus réduite, du facteur d'encombrement ATX. Le format de Flex-ATX permet de concevoir une grande variété de nouveaux PC, nettement moins coûteux, plus petits, adaptés au consommateur et "prêts à l'emploi". Ces systèmes peuvent même être dépourvus de connecteurs d'extension, les périphériques étant alors connectés aux ports USB ou IEEE-1394/FireWire.

La taille maximale de la carte Flex-ATX est seulement de 9,0'' × 7,5'' (229 × 191 mm). Cette carte est donc la plus petite de toutes celles de la famille ATX. Sous tous les autres aspects, la carte Flex-ATX est compatible avec le standard ATX et Micro-ATX, car les perforations destinées au montage

Figure 3.6
Les dimensions standard d'une carte ATX sont de 244 × 244 mm.



sont un sous-ensemble d'ATX et les connecteurs d'alimentation et d'entrées/sorties sont les mêmes (voir Figure 3.7).

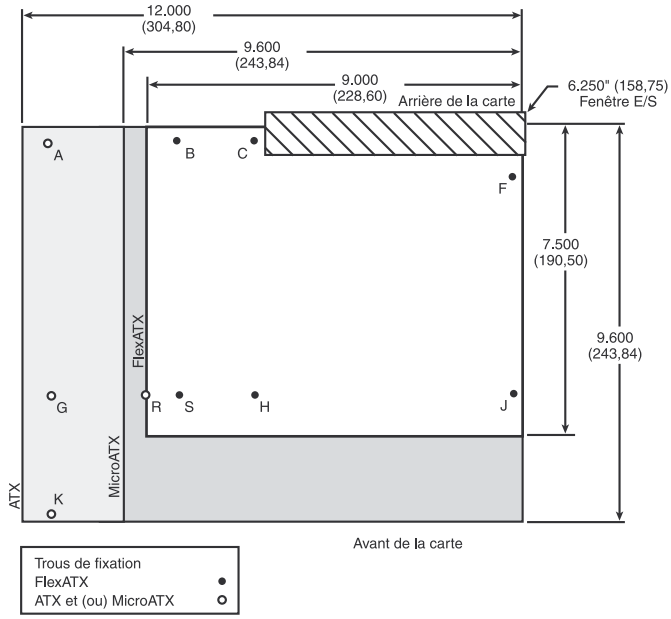
La plupart des systèmes Flex-ATX utilisent une alimentation de type SFX/TFX (petit facteur d'encombrement introduit dans la spécification Micro-ATX). Néanmoins, si le boîtier le permet, une alimentation ATX standard peut également être employée.

Avec l'apparition de Flex-ATX, la famille des cartes ATX s'est enrichie d'une nouvelle définition de taille. Elle en possède désormais quatre (trois dans la norme officielle), comme l'indique le Tableau 3.3.

Notons que seules sont présentées dans ce tableau les dimensions maximales de la carte. Il est toujours possible de créer une carte plus petite si elle respecte l'emplacement des trous de montage et des connecteurs, de telle façon que l'on puisse monter sa carte Mini-, Micro- ou Flex-ATX dans le boîtier d'une carte ATX standard si nécessaire. Mais il est évident que la réciproque ne sera pas vraie.

Figure 3.7

Comparaison de la taille et des perforations destinées au montage entre les cartes mères ATX, Micro-ATX et Flex-ATX.



Facteur d'encombrement	Emplacements des trous de fixation	Notes
• FlexATX	B, C, F, H, J, S	
• MicroATX	B, C, F, H, J, L, M, R, S	Les trous R et S ont été ajoutés pour le facteur d'encombrement MicroATX. Le trou B a été défini au format AT plein.
• ATX	A, C, F, G, H, J, K, L, M	Le trou F doit être implémenté dans tout les boîtiers compatibles ATX 2.03. Ce trou se trouvait en option dans la spécification ATX 1.1.

Tableau 3.3 : Facteurs d'encombrement des cartes mères ATX

Facteur d'encombrement	Largeur maximale	Profondeur maximale	Comparaison des tailles
ATX	12,0" (305 mm)	9,6" (244 mm)	–
Mini-ATX	11,2" (284 mm)	8,2" (208 mm)	20 % plus petite
Micro-ATX	9,6" (244 mm)	9,6" (244 mm)	20 % plus petite
Flex-ATX	9,0" (229 mm)	7,5" (191 mm)	40 % plus petite

DTX et Mini-DTX

Les spécifications du DTX (et du Mini-DTX) ont été présentées en février 2007 par AMD; elles sont disponibles en téléchargement depuis le site **www.dtxpc.org**. DTX et Mini-DTX sont des ver-

sions de taille plus réduite des facteurs d'encombrement Micro-ATX et Flex-ATX, respectivement. Les cartes DTX ont une taille de 8'' × 9,6'' (203 mm × 243 mm), tandis que les cartes Mini-DTX sont plus petites avec une taille de seulement 8'' × 6,7'' (203 mm × 170 mm). Mini-DTX prévoit seulement quatre trous de montage (C, F, H et J), et DTX en ajoute deux supplémentaires (C, F, H, J, L et M). Référez-vous à la Figure 3.2 pour connaître leur emplacement. Le rapport entre les tailles des cartes DTX et Mini-DTX et le format Flex-ATX est donné au Tableau 3.4. La largeur réduite de ces cartes n'autorise que deux connecteurs d'extension.

ITX et Mini-ITX

Flex-ATX définit une carte dont la taille maximale est de 9'' × 7,5''. Vous noterez que nous précisons "taille maximale". Autrement dit, les dimensions inférieures sont également autorisées, mais dans quelle mesure? En étudiant la spécification Flex-ATX, en particulier les contraintes d'emplacement des trous de montage, nous constatons que la taille d'une carte Flex-ATX peut être réduite jusqu'à demander seulement quatre trous de montage (C, F, H et J). Pour connaître leur emplacement, référez-vous à la Figure 3.2.

D'après la spécification, la distance entre les trous H et J est de 6,2'', et celle entre le trou J et le côté droit de la carte est de 0,25''. En conservant le même espace entre le trou H et le bord gauche, nous obtenons une carte avec une largeur minimale de 6,7'' (0,25'' + 6,2'' + 0,25''). De même, la distance entre les trous C et H doit être égale à 6,1'', et celle entre le trou C et le bord inférieur de la carte est de 0,4''. En conservant une marge de 0,2'' entre le trou H et le bord supérieur, nous obtenons une carte de profondeur minimale égale à 6,7'' (0,4'' + 6,1'' + 0,2''). Ainsi, la plus petite carte conforme à la spécification Flex-ATX aura une taille de 6,7'' × 6,7'' (170 mm × 170 mm).

Le département Platform Solutions de VIA Technologies a voulu construire la plus petite carte mère possible, sans définir un nouveau facteur d'encombrement propriétaire. Pour cela, il a créé en mars 2001 une carte de largeur plus réduite (8,5'' au lieu de 9''), mais de même profondeur que le format Flex-ATX. La carte résultante est 6 % plus petite, tout en restant conforme à la spécification Flex-ATX. Ce facteur d'encombrement a été nommé ITX, mais VIA s'est aperçu que les gains de taille étaient trop faibles pour justifier la poursuite de son développement. Aucun produit de ce format n'a donc été mis sur le marché.

En avril 2002, VIA a créé une carte encore plus petite, en prenant la largeur et la profondeur minimales autorisées par la spécification Flex-ATX. Ce format a été nommé Mini-ITX. Toutes les cartes Mini-ITX sont donc par essence des cartes Flex-ATX dont les dimensions sont les minima acceptés. Sous tous les autres aspects, y compris la taille et l'emplacement des connecteurs d'entrées/sorties, l'emplacement des trous de montage et les connecteurs d'alimentation, il s'agit d'une carte Flex-ATX standard. Si une carte Mini-ITX entrera parfaitement dans un boîtier Flex-ATX, les cartes plus grandes n'entreront pas dans un boîtier Mini-ITX.

Le facteur d'encombrement Mini-ITX a été conçu par VIA pour prendre en charge leurs processeurs embarqués à faible consommation de type Eden ESP et C3 E-Series. Le nombre de cartes mères disponibles dans ce facteur d'encombrement est très limité, et uniquement chez VIA et un ou deux

autres fabricants. Puisque les processeurs utilisés sur ces cartes sont moins puissants que les anciens processeurs d'entrée de gamme Celeron 4 d'Intel ou Duron d'AMD, le format Mini-ITX est principalement destiné pour des utilisations particulières, comme les décodeurs numériques (*set-top boxes*) et les PC de salon. Le Tableau 3.4 récapitule les tailles des cartes ITX et Mini-ITX, ainsi que leur rapport avec le format Flex-ATX.

Tableau 3.4 : Comparaison des facteurs d'encombrement Flex-ATX, ITX et Mini-ITX

Facteur d'encombrement	Largeur maximale	Profondeur maximale	Surface max.	Écart par rapport à Flex-ATX
DTX	8,0" (203 mm)	9,6" (244 mm)	495 cm^2	14 % plus grande
Flex-ATX	9,0" (229 mm)	7,5" (191 mm)	435 cm^2	–
ITX	8,5" (215 mm)	7,5" (191 mm)	411 cm^2	6 % plus petite
Mini-DTX	8,0" (203 mm)	6,7" (170 mm)	346 cm^2	21 % plus petite
Mini-ITX	6,7" (170 mm)	6,7" (170 mm)	290 cm^2	34 % plus petite
Nano-ITX	4,7" (120 mm)	4,7" (120 mm)	144 cm^2	67 % plus petite
Pico-ITX	3,9" (100 mm)	2,8" (72 mm)	72 cm^2	83 % plus petite

Si le format ITX avait une taille quasiment identique à celle du Flex-ATX (d'où, probablement, son abandon), les cartes mères Mini-ITX ont une taille de 6,7'' × 6,7'' (170 mm × 170 mm) et sont donc 34 % plus petites que la taille maximale autorisée par la spécification Flex-ATX.

Pour exploiter le format Mini-ITX, plusieurs fabricants de boîtiers en ont produit de tout petits qui acceptent uniquement ces cartes. Pour la plupart, ils ont la forme d'un cube, avec une baie pour le lecteur de disquettes et une autre pour le lecteur optique. L'organisation d'une carte Mini-ITX type, le modèle EPIA-V de VIA, est illustrée à la Figure 3.8.

Vous le constatez, les cartes mères Mini-ITX peuvent offrir un ensemble complet de ports d'entrées/sorties. Cependant, il existe plusieurs différences entre le Mini-ITX et les autres formats ATX :

- Le processeur d'une carte Mini-ITX est généralement soudé de manière définitive. Sa mise à niveau ou son remplacement est donc impossible.
- La plupart des boîtiers Mini-ITX intègrent des alimentations TFX et ne sont fabriqués que par quelques sociétés. Par conséquent, leur remplacement est plus coûteux et plus difficile.
- Les alimentations TFX disponibles ont une puissance de sortie inférieure aux modèles plus gros. Elle est généralement limitée à 240 W.
- Il est impossible de remplacer le circuit graphique intégré par une carte vidéo AGP.

Puisque les fabricants de cartes et de boîtiers Mini-ITX sont peu nombreux, les mises à niveau et le remplacement d'éléments sont limités. Les cartes Mini-ITX restent néanmoins des cartes Flex-ATX. Elles peuvent donc être installées dans tout boîtier standard Flex-ATX, Micro-ATX ou ATX et

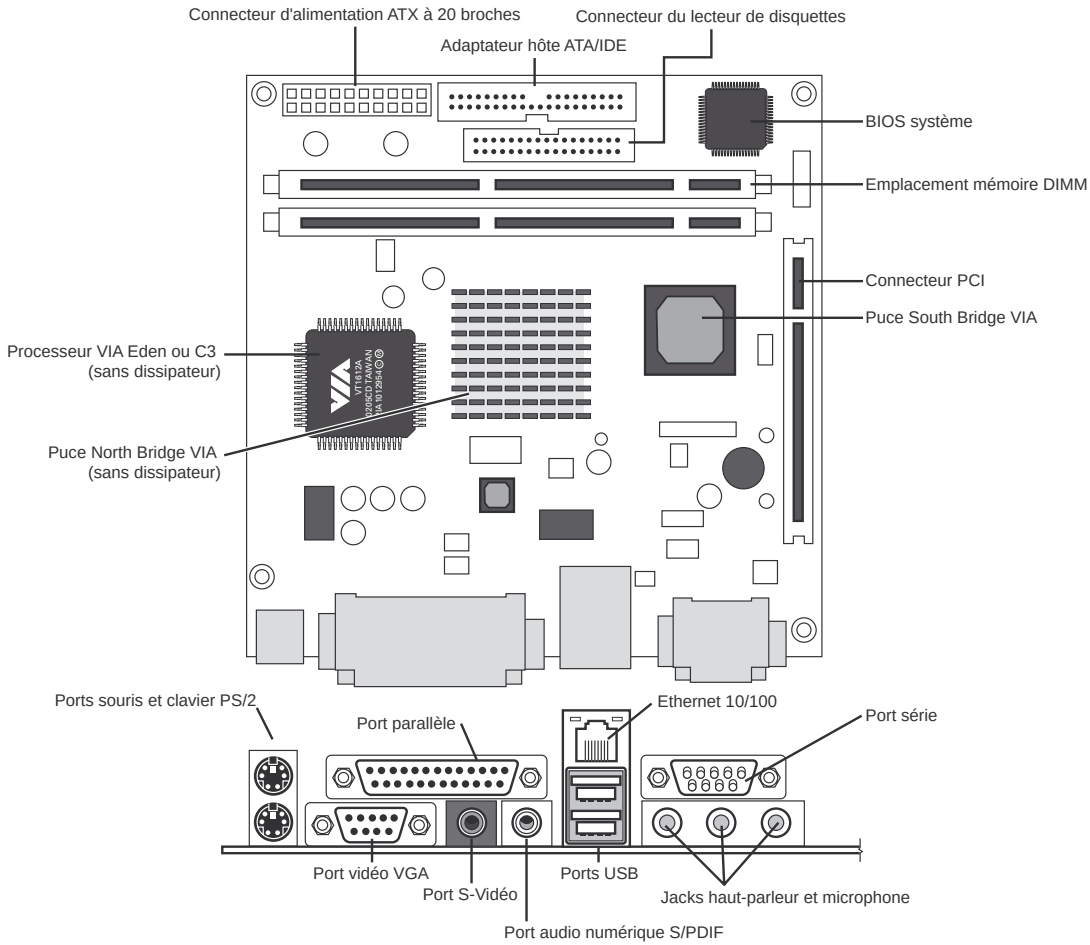


Figure 3.8

Vue de dessus et arrière de la carte mère VIA EPIA-V, une carte mère Mini-ITX type (illustration utilisée avec l'autorisation de Via Technologies, Inc.).

utiliser les alimentations correspondantes. Cependant, les petits boîtiers Mini-ITX ne pourront pas accepter des cartes Flex-ATX, Micro-ATX ou ATX standard, et, en général, seules des alimentations TFX peuvent y être installées. Si vous choisissez un système Mini-ITX, sélectionnez le processeur qui correspond à vos besoins car son remplacement imposera toujours le changement complet de la carte mère.

Infos

Les informations concernant le format ITX sont disponibles sur le site officiel **www.viaembedded.com**. *Le site* **www.mini-itx.com** *est souvent pris pour un site officiel, mais il s'agit en réalité de celui d'un fournisseur spécialisé dans la vente de composants et de systèmes ITX.*

Les derniers développements de la famille ITX sont les facteurs d'encombrement Nano-ITX et Pico-ITX. Ces plates-formes ultracompactes (120 mm × 120 mm et 100 mm × 72 mm) sont destinées à des applications embarquées dont la consommation est extrêmement faible.

BTX

Le format d'encombrement de cartes mères BTX (*Balanced Technology Extended*) est une spécification qu'Intel a mise sur le marché en septembre 2003. Une mise à jour 1.0A est apparue en février 2004, la version 1.0B ayant été publiée en juillet 2005. Le format BTX répond aux exigences toujours plus importantes en matière de refroidissement et d'alimentation et permet une meilleure organisation des circuits et une plus grande souplesse dans la conception des boîtiers. Cependant, les tendances récentes en matière de processeurs double cœur plus efficaces quant à leur consommation ont réduit l'intérêt du format BTX et donc son adoption. BTX s'est répandu dans de nombreux produits grand public en 2005, par exemple les PC de Dell, Gateway et d'autres.

Le format BTX n'offre aucune compatibilité avec les formats ATX ou autres. Une carte BTX est plus grande qu'une carte ATX (+17 %), d'où un espace supérieur pour y intégrer des composants. Les connecteurs d'E/S, les slots et les trous de montage sont positionnés différemment des cartes ATX, d'où la nécessité d'un boîtier spécial. Néanmoins les connecteurs d'interface de l'alimentation sont identiques à ceux des dernières spécifications ATX12V et il est possible d'utiliser les alimentations récentes de types ATX, TFX, SFX, CFX et LFX. Les deux derniers formats d'alimentation sont spécifiquement créés pour prendre en charge les systèmes BTX compacts ou low-profile.

Parmi les principaux avantages du format BTX, notez en particulier :

- Disposition optimisée des composants sur la carte mère. Les signaux sont alignés de l'avant vers l'arrière, autorisant des connexions sans obstacle entre les composants et les connecteurs d'E/S.
- Meilleure circulation de l'air. Les systèmes étant plus compacts, la circulation de l'air est optimisée pour un meilleur refroidissement, avec moins de ventilateurs et de nuisances sonores.
- Module de soutien et de rétention (SRM). Il offre un support mécanique pour les radiateurs "poids lourds" (qui ne risquent plus de faire ployer la carte) et minimise la pression infligée à la carte mère lors de l'insertion de cartes d'extension ou de modules de mémoire.
- Dimensions variables de la carte. La taille flexible de la carte permet aux développeurs d'utiliser les mêmes composants pour un éventail de tailles et de configurations de systèmes.
- Options "low-profile". Les spécifications permettent des systèmes de moindre hauteur, de type Slim ou compact.

- Alimentation souple et compatible. Les connecteurs sont les mêmes que sur les cartes ATX récentes. Il est possible de recourir à des blocs d'alimentation de dimensions réduites et plus efficaces pour les boîtiers de petite taille, et aux alimentations normalisées ATX12V pour les configurations de type tour.

BTX connaît trois définitions de taille de carte mère (voir Tableau 3.5).

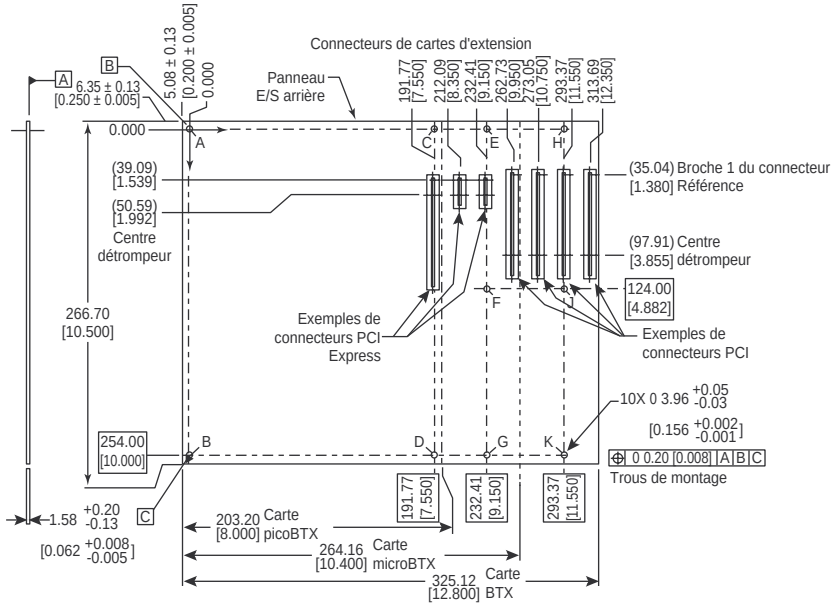
Tableau 3.5 : Facteurs de forme des cartes mères BTX

Facteur de forme	Largeur max.	Profondeur	Surface max.	Écart par rapport à BTX
BTX	12,8" (325 mm)	10,5" (267 mm)	867 cm²	–
Micro-BTX	10,4" (264 mm)	10,5" (267 mm)	705 cm²	19 % plus petit
Pico-BTX	8,0" (203 mm)	10,5" (267 mm)	542 cm²	37 % plus petit

Sur toutes les cartes, les trous de fixation et les connecteurs sont positionnés aux mêmes endroits. Si vous disposez d'un boîtier avec une carte BTX de dimensions standard, vous pouvez parfaitement y installer une carte Micro-BTX ou Pico-BTX (voir Figure 3.9). Bien évidemment, l'inverse n'est pas possible.

Figure 3.9

Les dimensions de la carte mère BTX 1.0A.



Le format BTX dispose de dix trous de montage et accepte jusqu'à sept connecteurs d'extension en fonction de la taille de la carte (voir Tableau 3.6).

Tableau 3.6 : Trous de fixation des cartes BTX

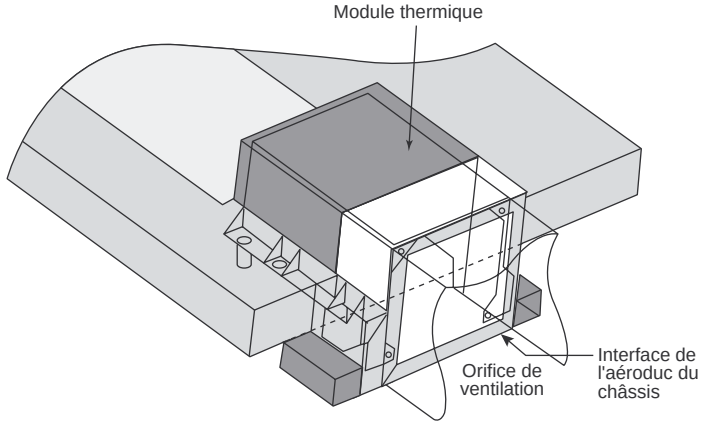
Taille de la carte	Trous	Nombre max. de connecteurs
BTX	A, B, C, D, E, F, G, H, J, K	7
Micro-BTX	A, B, C, D, E, F, G	4
Pico-BTX	A, B, C, D	1

La spécification BTX définit très précisément des zones volumétriques autour de la carte mère pour éviter toute interférence du boîtier ou des composants internes tels que les lecteurs, d'où une interchangeabilité maximale sans problème d'interférence ou d'adaptation.

Les processeurs de plus de 100 W chauffent énormément, les régulateurs de tension, les chipsets de carte mère et les cartes graphiques ajoutant encore à la température du système. Le format BTX a été conçu pour monter en ligne tous les principaux composants dégageant de la chaleur, de l'avant vers l'arrière, et permettre à un module thermique unique à haute performance de refroidir le système. Il n'est donc plus nécessaire de monter des ventilateurs multiples. Le module thermique est composé d'un radiateur pour le processeur, d'un ventilateur à haute performance et d'une conduite de ventilation qui traverse tout le système. Il est équipé d'un module de soutien et de rétention (SRM) placé sous la carte. Ce module autorise l'emploi de radiateurs beaucoup plus lourds qu'avec le facteur de forme ATX (voir Figure 3.10).

Figure 3.10

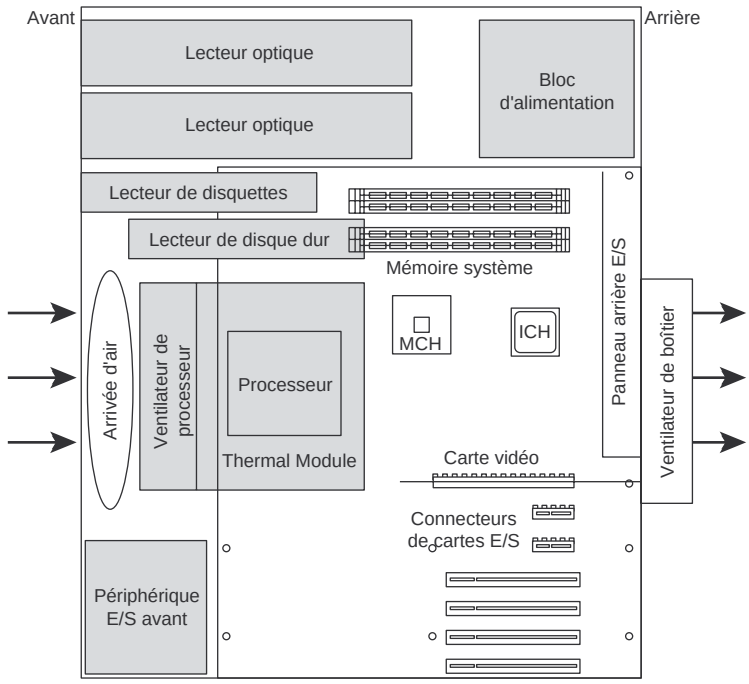
Module thermique BTX avec le dissipateur et le ventilateur du processeur.



BTX fait appel aux mêmes connecteurs d'alimentation que les spécifications d'alimentation les plus récentes, y compris un connecteur à 24 broches pour la carte et un connecteur à 4 broches ATX12V pour le module de régulation de la tension du processeur. Le type d'alimentation employée est essentiellement fonction du type de boîtier.

Dans un système tour classique, les composants sont positionnés comme montré à la Figure 3.11.

Figure 3.11
Agencement d'un boîtier tour BTX.



Cette illustration montre que les composants dégageant le plus de chaleur sont situés au centre, en ligne de l'avant vers l'arrière, d'où une ventilation optimale. L'air circule de l'avant vers l'arrière en passant par le centre du boîtier, refroidissant au passage le processeur, le chipset de la carte mère, la mémoire et la carte vidéo.

Pour supporter le lourd radiateur de processeur et l'ensemble du module thermique, un module de soutien et de rétention (SRM) est placé sous la carte. Il s'agit pour l'essentiel d'une plaque métallique fixée au boîtier. Le module thermique est directement fixé sur le SRM et non sur la carte mère. Cette solution évite d'appliquer des pressions ou un poids excessif à la carte mère et au processeur, surtout durant le transport.

La zone des connecteurs E/S est identique à celle des cartes ATX, mais elle est placée du côté opposé à l'arrière de la carte. La taille de cette zone est un peu moins longue, mais plus large qu'en ATX, ce qui permet d'intégrer un plus grand nombre d'interfaces et de connecteurs à la carte mère.

Même si le format BTX a été employé pour de nombreux PC grand public depuis 2005, notamment ceux de Dell et Gateway, il n'a jamais véritablement remplacé ATX. D'autres fabricants majeurs, comme HP, utilisent toujours ATX, qui constitue de loin la solution la plus répandue chez tous les autres fabricants plus petits et chez les assembleurs. Les cartes mères, les boîtiers et les processeurs

"boîte" BTX sont peu nombreux et leur disponibilité est réduite. Par ailleurs, la normalisation du radiateur et du boîtier a également posé des problèmes. C'est pour ces raisons que nous déconseillons l'achat de systèmes et de composants BTX, qui seront difficiles à mettre à niveau ou à remplacer dans le futur. ATX reste le facteur d'encombrement le plus répandu et conseillé à ceux qui mettent à niveau ou construisent leur système.

Supports/connecteurs de processeur

Le processeur est installé soit dans un support soit dans un connecteur, en fonction du modèle de la puce.

À partir de la génération des 486, Intel a toujours conçu ses processeurs pour en permettre l'installation ou le remplacement par l'utilisateur. À cet effet, il a mis au point des standards de supports et de connecteurs de processeur grâce auxquels installer différents modèles d'un même processeur de base. L'un des points essentiels a été la conception d'un support à force d'insertion nulle (ZIF, *Zero Insertion Force*). Le processeur peut être facilement installé ou retiré sans employer d'outils. Les supports ZIF comprennent un levier qui bloque ou libère les broches du processeur. Les supports ZIF ont fait l'objet d'une dénomination qui se trouve en principe imprimée ou gravée dessus. Chaque type de support accepte une famille de processeurs différente. Si vous connaissez le type de support ou de connecteur, vous pouvez en déduire les types de processeurs adéquats.

✔ Voir la section "Supports des processeurs", p. 72.

Avant la génération des 486, les supports ZIF n'existaient pas et n'étaient pas numérotés. Il était souvent difficile d'interchanger des processeurs. Le Tableau 3.7 met en relation les différents modèles de supports et de connecteurs ainsi que les processeurs qu'ils peuvent accueillir.

Au départ, tous les processeurs étaient montés dans des supports ou soudés directement sur la carte mère. Avec l'avènement du Pentium II et des premiers processeurs Athlon, Intel et AMD se sont tournés vers une approche "connecteur", car les nouveaux processeurs intégraient un cache L2, acheté sous forme de module séparé auprès de constructeurs tiers de barrettes de mémoire SRAM (Static RAM). De ce fait, le processeur était constitué de plusieurs parties, toutes montées sur une carte fille qui était enfichée sur un connecteur de la carte mère. L'ensemble fonctionnait bien mais le surcoût en était important du fait du module de cache, de la carte fille, du connecteur, du conditionnement spécial et de tous les mécanismes de support pour le processeur et son dissipateur de chaleur. En clair, les processeurs de type "slot" avaient un coût de fabrication bien plus élevé que leurs prédécesseurs en version "socket".

Avec l'arrivée de la deuxième génération de Celeron, Intel a intégré le cache L2 directement sur la matrice du processeur, dans les circuits du processeur, ce qui permettait d'éviter l'adjonction d'un module supplémentaire. La deuxième génération de Pentium III (nom de code Coppermine) a elle aussi été dotée de ce cache L2 intégré, tout comme le K6-3, le Duron (nom de code Spitfire) et la deuxième génération d'Athlon (nom de code Thunderbird) d'AMD (notez que certains processeurs

Tableau 3.7 : Spécifications de supports ou de connecteurs de processeur

	Support	Nombre de broches	Disposition des broches	Tension (volts)	Processeurs supportés
Intel/AMD-486	Socket 1	169	PGA 17 × 17	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD
	Socket 2	238	PGA 19 × 19	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4 OD, 486 Pentium OD
	Socket 3	237	PGA 19 × 19	5 V/3,3 V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, 486 Pentium OD, AMD 5x86
	Socket 6[1]	235	PGA 19 × 19	3,3 V	486 DX4, 486 Pentium OD
Intel/AMD-586 (Pentium)	Socket 4	273	PGA 21 × 21	5 V	Pentium 60/66, OD
	Socket 5	320	SPGA 37 × 37	3,3 V/3,5 V	Pentium 75-133, OD
	Socket 7	321	SPGA 37 × 37	VRM	Pentium 75-233+, MMX, OD, AMD K5/K6, Cyrix M1/II
Intel 686 (Pentium II/III)	Socket 8	387	SPGA double	VRM auto	Pentium Pro, OD
	Slot 1 (SC242)	242	Slot	VRM auto	Pentium II/III, Celeron SECC
	Socket 370	370	SPGA 37 × 37	VRM auto	Celeron/Pentium III PPGA/ FC-PGA
Intel Pentium 4	Socket 423	423	SPGA 39 × 39	VRM auto	Pentium 4 FC-PGA
	Socket 478	478	mPGA 26 × 26	VRM auto	Pentium 4/Celeron FC-PGA2
	Socket T (LGA775)	775	LGA 30 × 33	VRM auto	Pentium 4/Celeron LGA775
AMD K7	Slot A	242	Slot	VRM auto	AMD Athlon SECC
	Socket A (462)	462	SPGA 37 × 37	VRM auto	AMD Athlon/Athlon XP/ Duron PGA/FC-PGA
AMD K8[2]	Socket 754	754	mPGA 29 × 29	VRM auto	AMD Athlon 64
	Socket 939	939	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64, 64FX
	Socket 940	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64FX, Opteron
	Socket AM2	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64, X2, 64FX, 64 X2, Opteron
Intel/AMD serveur et station de travail	Slot 2(SC330)	330	Slot	VRM auto	Pentium II/III Xeon
	Socket 603	603	mPGA 31 × 25	VRM auto	Xeon (P4)
	Socket PAC418	418	SPGA split 38 × 22	VRM auto	Itanium
	Socket PAC611	611	mPGA 25 × 28	VRM auto	Itanium 2
	Socket 940	940	mPGA 31 × 31	VRM auto	AMD Athlon 64FX, Opteron

1. Le socket 6 n'a jamais été utilisé dans des systèmes réels.
2. AMD a passé ses Athlon 64 au socket AM2 en 2006.
FC-PGA = *Flip-Chip Pin Grid Array*, barrette connecteur planaire.

FC-PGA2 = FC-PGA avec dissipateur de chaleur intégré.
OD = *OverDrive* (processeurs de mise à niveau).
PAC = *Pin Array Cartridge*, cartouche à grille de broches.
PGA = *Pin Grid Array*, matrice à grille de broches.
PPGA = *Plastic Pin Grid Array*, matrice plastique à grille de broches.
SC242 = *Slot Connector*, 242 broches.
SC330 = *Slot Connector*, 330 broches.
SECC = *Single Edge Contact Cartridge*, cartouche à contacts sur un seul bord.
SPGA = *Staggered Pin Grid Array*, matrice à grille de broches en quinconce.
mPGA = *Micro Pin Grid Array.*
VRM = *Voltage Regulator Module*, module de régulation dont la tension de sortie variable est déterminée par le type de module ou des interrupteurs.
VRM auto = VRM dont la tension de sortie est déterminée par les broches d'identification de la tension du processeur.

Athlon Thunderbird ont été livrés au départ en configuration Slot A). Avec cette intégration du cache L2 sur la matrice du processeur, ce dernier est redevenu un module unique qui ne nécessitait plus d'être monté sur une carte et placé dans un connecteur. La conception des processeurs est ainsi revenue à la solution du support et il y a fort à parier qu'il en sera ainsi dans les années à venir. Tous les processeurs modernes intègrent aujourd'hui un cache L2 (certains ont même un cache L3) et s'insèrent dans des supports. Outre le fait d'avoir permis un retour aux supports, la présence du cache L2 sur la matrice lui permet d'opérer à la fréquence du processeur, et non à sa moitié ou son tiers comme c'était le cas auparavant.

Chipsets

On ne peut pas parler des cartes mères modernes sans aborder les chipsets. Le chipset *est* la carte mère. Deux cartes avec le même chipset sont identiques sur le plan des fonctionnalités, excepté si le fabricant en a volontairement ajouté ou supprimé.

Le chipset contient l'interface du bus de processeur (appelée FSB ou *Front-Side Bus*), les contrôleurs de mémoire, les contrôleurs de bus, les contrôleurs d'entrées/sorties et beaucoup d'autres composants. Tous les circuits de la carte mère sont contenus dans ce chipset. Si le processeur de votre PC est comparable au moteur de votre voiture, le chipset représente le châssis de la voiture. C'est le cadre dans lequel est fixé le moteur, il assure la liaison avec le monde extérieur. Le chipset correspond au cadre, aux suspensions, à la direction, aux roues et aux pneus, à la transmission, au différentiel et aux freins. Le châssis de votre voiture est l'élément qui transmet la puissance du moteur, qui lui permet de démarrer, d'arrêter et de tourner. Dans le PC, le chipset représente la liaison entre le processeur et tout le reste. Le processeur n'est pas en mesure de communiquer avec la mémoire, les cartes adaptatrices, les périphériques, etc., sans passer par l'intermédiaire du chipset, véritable centre nerveux de votre PC. Si le processeur peut être considéré comme le cerveau, le chipset est le système nerveux central.

Puisque le chipset contrôle les interfaces et les connexions entre le processeur et le reste, c'est lui qui dicte au final le type de processeur qui est installé, la fréquence à laquelle il travaille, la vitesse des bus, la fréquence, le volume et le type des barrettes de mémoire, etc. En fait, ce chipset est le composant individuel le plus important de l'ensemble du système, peut-être plus important encore que le processeur. Nous avons rencontré des systèmes avec des processeurs très rapides dont les performances étaient inférieures à celles d'autres systèmes avec des processeurs plus lents mais des chipsets de meilleure qualité. Lors du choix d'un système, nous commençons toujours par choisir en premier lieu le chipset, car c'est de lui que dépendent les capacités du processeur, de la mémoire, des entrées/sorties et les possibilités d'extension.

Évolution des chipsets

Les premières cartes mères de PC commercialisées par IBM utilisaient plusieurs puces distinctes, afin que la carte mère joue son rôle. Outre le processeur et le coprocesseur mathématique optionnel, elles comprenaient une multitude de composants tels que le générateur d'horloge, le contrôleur de bus, les contrôleurs d'interruptions et de canaux DMA, l'horloge, la RAM CMOS et le contrôleur de clavier. Elles incluaient également un bon nombre d'autres puces logiques simples servant à compléter le circuit de la carte mère, ainsi que le processeur en tant que tel, le coprocesseur mathématique (unité en virgule flottante), de la mémoire et autres éléments.

En 1986, la société Chips and Technologies a présenté un composant révolutionnaire appelé 82C206. Il s'agissait d'une puce unique qui réunissait toutes les fonctions des composants de la carte mère d'un système compatible AT : générateur d'horloge, contrôleur de bus, cadenceur système, deux contrôleurs d'interruptions, deux contrôleurs DMA et la RAM CMOS. En dehors du processeur, pratiquement tous les circuits de la carte mère étaient remplacés par un seul composant. Ce concept révolutionnaire a non seulement permis de réduire le coût de la carte mère d'un PC, mais a également facilité sa conception. L'idée du chipset était née; elle a été reprise par les autres fabricants de puces.

Depuis 1994, Intel a une mainmise presque totale sur le marché des chipsets. Si votre carte mère date de 1994 ou si elle est plus récente, il est fort probable qu'elle soit équipée d'un chipset Intel et d'un processeur Intel.

De 1999 à 2001, Intel s'est penché sur les chipsets du fait de leur dépendance par rapport aux mémoires RDRAM. Au départ, Intel avait signé (en 1996) un contrat avec Rambus en déclarant que ce type de mémoire serait l'objectif principal des chipsets pour les PC de bureau en 2001. Nous pensons qu'Intel regrette aujourd'hui ce choix (le contrat est depuis caduc). Les mémoires RDRAM étaient sensiblement plus chères que les SDRAM. Par conséquent, Intel a introduit le chipset 845 (nom de code Brookdale) qui prend en charge les SDRAM DDR sur les Pentium 4. Depuis cette époque, tous les chipsets Intel pour Pentium prennent en charge les différents types de mémoires DDR.

Cependant, Intel n'est plus complètement seul sur le marché des chipsets : ATI (racheté par AMD), NVIDIA, VIA Technologies, Silicon Integrated Systems (SiS), ATI et ULi Electronics (précédem-

ment ALi Corporation) produisent ou ont produit des chipsets pour les systèmes à base de processeurs Intel.

Bien qu'AMD ait développé ses propres chipsets, il encourage également d'autres fabricants à prendre en charge ses produits. Aujourd'hui, VIA Technologies est l'un des principaux concepteurs de chipsets pour les processeurs d'AMD. La popularité de ces processeurs a également conduit NVIDIA, SiS, ATI et ULi Electronics à entrer dans ce segment de marché.

Il est bon de remarquer que l'inventeur des chipsets pour PC, Chips and Technologies, a survécu en changeant de voie. Ils sont passés à la conception et à la fabrication de puces graphiques et se sont focalisés sur le marché des portables. Chips and Technologies a été racheté par Intel en 1998 dans le cadre de sa stratégie de développement sur le marché des systèmes vidéo.

Chipsets Intel

Intel occupe aujourd'hui la majeure partie du marché des chipsets. Cette dominance est probablement due à Compaq, qui a forcé Intel à entrer dans ce secteur ! Les choses ont réellement commencé en 1989 lors de l'introduction du bus EISA par Compaq, qui a proposé ce bus à d'autres fabricants afin d'en faire un standard du marché. Il a cependant refusé de partager son chipset.

Intel a alors décidé de proposer un chipset aux autres fabricants de PC qui souhaitaient intégrer le bus EISA à leur carte mère. Si ce bus n'a pas eu de réel succès, il a donné le goût des chipsets à Intel. À l'arrivée des processeurs 286 et 386, Intel s'est inquiété du temps qu'il fallait aux autres sociétés pour créer des chipsets adaptés à ses nouveaux processeurs ; la sortie des cartes mères en était retardée d'autant. Intel ne pouvait pas vendre ses processeurs tant qu'il n'existait pas de cartes mères adaptées. Par conséquent, il a décidé de développer ses propres chipsets en parallèle de ses nouveaux processeurs. Il pouvait ainsi fournir des chipsets opérationnels aux fabricants de cartes mères dès la sortie d'un nouveau processeur. Les premiers tests ont eu lieu avec le processeur 486 en avril 1989. Bien entendu, les autres fabricants de chipsets n'ont pas été contents car Intel était à présent leur concurrent et disposait en premier des chipsets.

Ensuite, Intel a réalisé qu'il fabriquait les processeurs et les chipsets, qui représentent 90 % des composants d'une carte mère type. Pour que des cartes mères soient disponibles pour son processeur Pentium dès sa sortie, Intel a également proposé ses propres cartes mères. Les fabricants de cartes mères ont donc été eux aussi mécontents. Depuis 1994, Intel domine le marché des processeurs et des chipsets, et a également accaparé celui des cartes mères.

Aujourd'hui, Intel développe donc simultanément de nouveaux processeurs, ainsi que les chipsets et les cartes mères qui les prennent en charge. Il n'existe plus de délai entre le moment où un nouveau processeur est lancé et celui où le consommateur peut effectivement trouver des cartes mères et des ordinateurs capables de l'utiliser. Depuis le premier Pentium en 1993, nous sommes en mesure d'acheter des systèmes opérationnels le jour de la sortie d'un nouveau processeur.

Quand on demande aux consommateurs si leur ordinateur est de marque Intel, ils répondent souvent qu'ils ne savaient pas qu'Intel fabriquait des ordinateurs. Pourtant, si un ordinateur est équipé d'une carte mère Intel et d'un processeur Intel, on peut raisonnablement dire que c'est un ordinateur de marque Intel. Peu importe que tel ou tel assembleur choisisse un boîtier plus joli et y appose son propre logo. La partie électronique de l'ordinateur reste de fabrication Intel. Si de plus en plus de constructeurs proposent des systèmes fondés sur les processeurs d'AMD en remplacement des produits Intel, aucun constructeur ne domine les ventes de cartes mères AMD au point où Intel a dominé les ventes OEM pour les constructeurs.

Dans un objectif de réduction des prix, les systèmes de bas de gamme basés au format Micro-ATX se fondent souvent sur des cartes mères non Intel (malgré la présence du chipset Intel). Il n'empêche qu'Intel arrive en tête, et de loin, du marché OEM des systèmes de milieu et de haut de gamme.

Numéros des modèles de chipsets d'Intel

En partant du 486 en 1989, Intel a défini le système de numérotation suivant pour référencer ses chipsets (voir Tableau 3.8).

Tableau 3.8 : Numéros des modèles de chipsets Intel

Numéro de chipset	Famille de processeurs et fonctionnalités
420xx	P4 (486)
430xx	P5 (Pentium), mémoire EDO
440xx	P6 (Pentium Pro/Pentium II/III), AGP, mémoire SDRAM
450xx	P6 pour stations de travail (Pentium Pro/Pentium III Xeon), mémoire SDRAM
8xx	P6/P7 (PII/PIII/P4), AGP, mémoire DDR
9xx	P7/P8 (Pentium 4/D Core 2), PCI-Express, mémoire DDR2
3x	P8 (Core 2), PCI-Express, mémoire DDR2/DDR3
E72xx	P7 (Pentium 4/D), AGP/PCI-Express, mémoire DDR/DDR2 avec ECC
E75xx	P7/P8 station de travail (Xeon), biprocesseur, PCI-Express, mémoire DDR2 avec ECC
5000x	P8 station de travail (Xeon double cœur), biprocesseur, PCI-Express, mémoire FB-DIMM

Les numéros de chipsets présentés ici sont une abréviation des numéros réels gravés sur les puces. Le chipset 440BX, par exemple, fait partie des modèles les plus répandus sur les ordinateurs équipés d'un processeur Pentium II/III. Ce chipset est en fait constitué de deux composants : la puce North Bridge 82443BX et la puce South Bridge 82371EX. Il en va de même du chipset 865G qui prend en charge le Pentium 4 et se compose lui aussi de deux parties : le hub de contrôleur de mémoire graphique 82865G (GMCH; remplace le North Bridge et inclut le circuit vidéo) et le hub de contrôleur entrées/sorties 82801EB ou 82801EBR (ICH5 ou ICH5R; remplace le South Bridge). En lisant le logo (Intel ou autre), ainsi que la combinaison de chiffres et de lettres indiquée sur les modules les plus grands de votre carte mère, vous pouvez rapidement déterminer le chipset utilisé.

La plupart des chipsets d'Intel reposent sur deux architectures : d'une part une architecture North/South Bridge (ou "pont nord/sud") et d'autre part une nouvelle architecture hub. Tous les modules récents des séries 800 utilisent l'architecture hub.

Infos

*En général, la puce North Bridge/GMCH/MCH présente sur les cartes mères récentes est équipée d'un radiateur passif ou actif et certaines cartes mères en placent également un sur la puce South Bridge/ICH. Pour connaître le chipset employé dans ces systèmes, vous pouvez utiliser l'outil d'identification du chipset d'Intel (***http://developer.intel.com/support/chipsets/inf/sb/CS-009266.htm***) ou CPU-Z (***http://cpuid.com***).*

Architecture à vidéo intégrée d'Intel

Intel a commencé à produire des chipsets intégrant la partie vidéo à partir de son modèle 810, dès avril 1990. Avec le système graphique placé directement dans le chipset, aucune autre puce ou mémoire vidéo n'est requise et l'on peut considérer que la carte graphique est fournie gratuitement dans le PC. La plupart de ces chipsets acceptent que des cartes vidéo d'extension soient insérées dans les connecteurs AGP ou PCI-Express. La mise à niveau d'un système est ainsi très facile.

Le Tableau 3.9 recense les différentes technologies graphiques intégrées aux chipsets Intel, du modèle 810 au modèle G35.

Tableau 3.9 : Systèmes graphiques intégrés d'Intel et chipsets associés

Système graphique intégré	Chipsets associés
Intel Graphics Technology	810/E/E2, 815G/EG
Intel Extreme Graphics	845G, 852/855GM, 865G
GMA 900 9	10G/GM, 915G/GM
GMA 950	945G/GM
GMA 3000	946GZ, Q963, Q965
GMA 3100	G31, G33, Q33, Q35
GMA X3000	G965
GMA X3100	GM965, GL960
GMA X3500	G35

GMA = *Graphics Media Accelerator*.

Avec la sortie des chipsets 845 à vidéo intégrée (les modèles 845G), Intel implémente une technologie appelée *Extreme Graphics Architecture*. Cette architecture prend en charge la 3D et implémente les solutions suivantes pour améliorer la vitesse et la qualité du rendu :

- Moteur rapide de rendu des pixels et des texels. Des pipelines prennent en charge les opérations 2D et 3D. La bande passante de la mémoire est améliorée en utilisant une compression 8× des données. Les opérations 3D s'appuient sur un cache multitiers.

- Rendu de zone. Les besoins en bande passante sont réduits en découpant la mémoire graphique en zones rectangulaires, en triant les triangles en mémoire par zones et en traitant chaque zone en mémoire.
- Mémoire vidéo dynamique. La mémoire principale est partagée entre l'affichage, les applications et les systèmes d'exploitation, selon les besoins de chacun.
- Gestion intelligente de la mémoire. L'adressage de la mémoire, l'implémentation du tampon d'affichage et l'efficacité de la mémoire sont améliorés.

Si cette architecture améliore le rendu 3D, les performances ne sont pas au niveau des cartes vidéo moyen de gamme de l'époque (telles que le modèle GeForce 2 MX 200 de NVIDIA). Il a fallu attendre l'arrivée du GMA (*Graphics Media Accelerator*) 900 pour disposer des fonctionnalités 3D définies par DirectX 9. Cependant, le GMA 900 ne prend pas en charge les "vertex shaders", qui sont extrêmement importants pour les jeux. Le GMA 900 a été intégré aux chipsets Intel de la série 915.

Une version plus rapide du GMA 900, le GMA 950, a été intégrée aux chipsets de la famille 945. Elle prend en charge les écrans au format 16/9, la compensation de mouvement pour la lecture des DVD, la compatibilité HDTV (720p et 1080i), la TV numérique et les vertex shaders 2.0. GMA 950 et les modèles ultérieurs sont éligibles au logo Vista Premium, car ils sont capables d'exécuter l'interface Vista Aero.

Les modèles GMA 3000 à GMA X3500 ajoutent de nouvelles possibilités par rapport aux versions précédentes, telles que le décodage vidéo matériel et la technologie Clear Video, ainsi que la prise en charge de DirectX 10 et OpenGL 1.5/2.0.

S'ils ne peuvent concurrencer les cartes vidéo dédiées, les chipsets à vidéo intégrée offrent des performances graphiques raisonnables pour un surcoût virtuellement nul. Vous pouvez choisir une carte mère à vidéo intégrée et équipée d'un connecteur permettant de lui ajouter ultérieurement une carte graphique. Ainsi, le coût initial est faible et vous pourrez toujours la mettre à niveau lorsque vos besoins l'exigeront.

✔ Voir la section "Fonctions vidéo intégrées/chipsets intégrés à la carte mère", p. 706.

Chipsets AMD Athlon/Duron

AMD a fait un pari avec ses processeurs Athlon. Il a décidé, pour la première fois de son histoire, de créer un module compatible Intel au niveau du logiciel mais sans compatibilité directe au niveau du matériel ou du brochage. Si les séries K6 prenaient place dans le même Socket 7 que les produits Intel de la ligne Pentium, l'Athlon et le Duron n'étaient pas compatibles au niveau des broches avec les Pentium II/III et Celeron. Cela signifiait aussi pour AMD qu'il ne pouvait plus utiliser les chipsets et cartes mères existant au moment de la mise sur le marché des Athlon et Duron. Seule solution : créer ses propres chipsets et cartes ou recourir à des fabricants externes.

Le pari semble gagné pour AMD avec l'introduction de son propre chipset : AMD-750 (nom de code Irongate). Le chipset AMD-750 est composé du contrôleur système 751 (North Bridge) et du contrôleur de bus périphérique 756 (South Bridge). Plus récemment, AMD a introduit le chipset AMD-760 pour ses processeurs Athlon et Duron, le premier chipset du marché prenant en charge les

barrettes de mémoire SDRAM DDR. Il est constitué de deux puces : le contrôleur de bus système AMD-761 (North Bridge) et le contrôleur de bus périphérique 766 (South Bridge). De même, AMD a établi une nouvelle architecture de chipset standard pour ses processeurs 64 bits (Athlon 64 et Opteron) : l'AMD-8000. Les efforts d'AMD ont inspiré d'autres sociétés, par exemple VIA Technologies, NVIDIA, Ali, SiS et ATI, qui ont introduit des chipsets spécialement conçus pour les processeurs d'AMD. En 2007, AMD a racheté ATI, ce qui lui a permis de disposer en interne des chipsets pour cartes mères et des processeurs vidéo. AMD est ainsi plus à égalité avec Intel, car il a la possibilité de produire les puces nécessaires à la construction d'un système autour de ses processeurs.

Architecture North/South Bridge traditionnelle

La plupart des premiers chipsets d'Intel (et, jusqu'à récemment, ceux de ses concurrents) reposent sur une architecture à plusieurs niveaux, incorporant une partie North Bridge (ou "pont nord"), une partie South Bridge (ou "pont sud") et une puce Super I/O.

- La partie North Bridge. Appelée ainsi car elle représente la connexion entre le bus de processeur à grande vitesse (400/266/200/133/100/66 MHz) et les bus plus lents AGP (533/266/133/66 MHz) et PCI (33 MHz). C'est elle qui donne son nom au chipset. Ainsi, un chipset 440BX est en fait un chipset dont la puce North Bridge porte le numéro 82443BX.
- La partie South Bridge. Appelée ainsi parce qu'elle est la passerelle entre le bus PCI (66/33 MHz) et le bus ISA plus lent (8 MHz).

  ✔ Voir la section "Puces de Super-entrées/sorties", p. 218.

- La puce Super I/O. Il s'agit d'une puce séparée rattachée au bus ISA mais qui n'est pas réellement considérée comme faisant partie du chipset. Cette puce est d'ailleurs le plus souvent fabriquée par un tiers, par exemple National Semiconductor ou Standard MicroSystems, Corp (SMSC). La puce Super I/O contient des éléments périphériques d'usage courant, combinés dans une même puce. Il est à noter que beaucoup de modules South Bridge récents incluent désormais des fonctions Super I/O (ces modules sont appelés Super South Bridge). De ce fait, les cartes mères les plus récentes ne contiennent plus de module Super I/O distinct.

La Figure 3.12 montre un exemple de carte mère AMD en version Socket A utilisant une architecture North/South Bridge avec l'emplacement des puces et des composants.

Le circuit North Bridge est parfois appelé "contrôleur PAC" (*PCI/AGP Controller*, contrôleur PCI/AGP). Dans la pratique, le circuit North Bridge est le composant principal de la carte mère. Avec le processeur, il est le seul circuit qui fonctionne à pleine vitesse (celle du bus de processeur). Sur la plupart des chipsets modernes, le circuit North Bridge se résume à une puce ; cependant, sur certaines cartes mères anciennes, il peut comprendre jusqu'à trois puces.

Le circuit South Bridge est le composant qui fonctionne le moins rapidement du chipset. Il a toujours été constitué d'une seule puce. Il est d'une certaine manière interchangeable, dans la mesure où plusieurs circuits North Bridge peuvent souvent utiliser la même puce South Bridge. Cette struc-

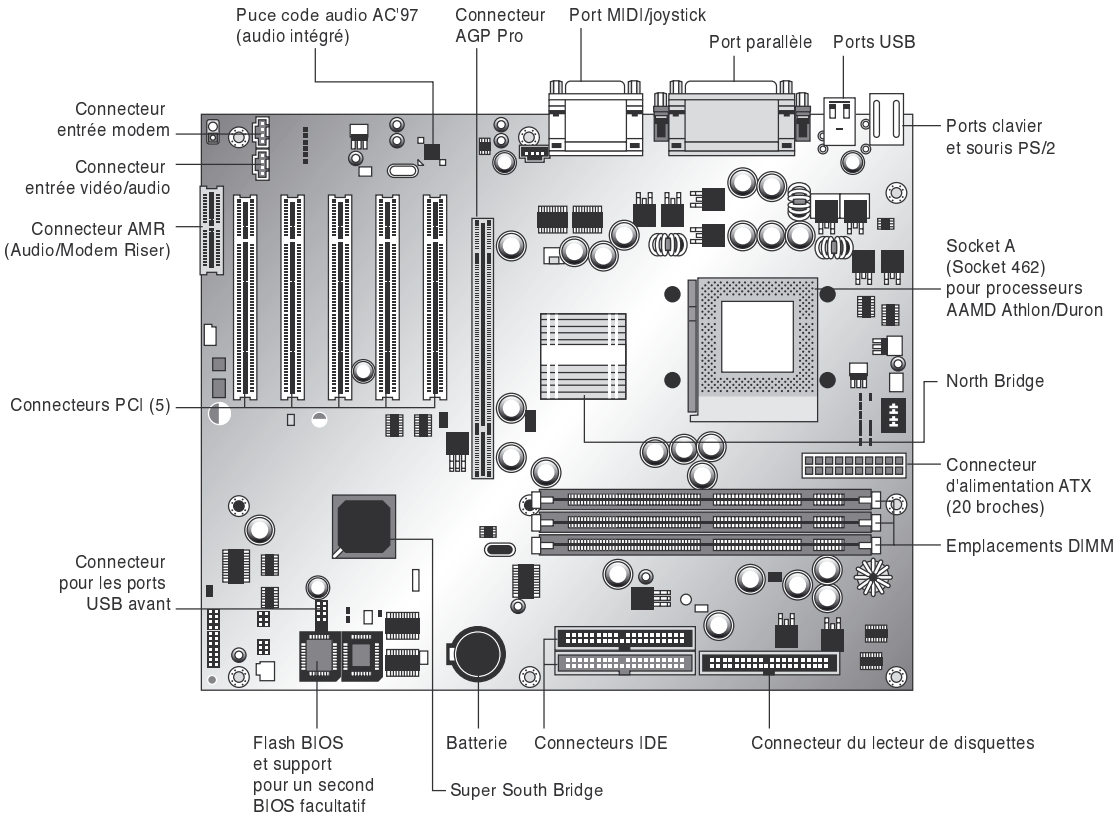


Figure 3.12

Une carte mère en version Socket A (AMD Athlon/Duron) avec emplacement des composants.

ture modulaire du chipset permet aux fabricants de réduire leurs coûts de production et leur offre une plus grande flexibilité. De même, beaucoup de fabricants construisent plusieurs versions des mêmes puces South Bridge, compatibles au niveau des broches mais dotées de fonctions différentes pour réduire les coûts et bénéficier d'une flexibilité accrue. La puce South Bridge se connecte au bus PCI cadencé à 33 MHz; elle inclut l'interface qui permet de communiquer avec le bus ISA cadencé à 8 MHz (si présent). Elle contient aussi normalement les deux interfaces de contrôleurs de disques ATA/IDE, ainsi qu'une ou plusieurs interfaces USB (*Universal Serial Bus*, bus série universel) – et même les fonctions de RAM CMOS et d'horloge. La puce South Bridge comprend tous les composants constitutifs du bus ISA, et notamment les contrôleurs d'interruptions et de canaux DMA.

Le troisième composant de carte mère, la puce Super I/O, est connectée au bus ISA 8 MHz ou au bus LPC (*Low Pin Count*) et contient tous les périphériques standard intégrés à la carte mère. Ainsi, la plupart des puces Super I/O contiennent les ports série, le port parallèle, le contrôleur de disquette et les interfaces de clavier/souris. Elle peut aussi contenir, en option, l'horloge RAM CMOS, les

contrôleurs IDE et l'interface de port jeu. Les systèmes intégrant des ports IEEE-1394 ou SCSI utilisent des puces séparées pour ces types de ports.

La plupart des cartes mères récentes qui se fondent sur l'architecture North/South Bridge contiennent un Super South Bridge incorporant les fonctions de South Bridge et de Super I/O dans un même module.

Architecture hub

Les chipsets récents d'Intel utilisent une architecture hub dans laquelle la puce North Bridge est désormais appelée hub de contrôleur de mémoire (MCH, ou *Memory Controller Hub*) et la puce South Bridge est appelée hub de contrôleur d'entrées/sorties (ICH, ou *I/O Controller Hub*). Les systèmes dont la partie graphique est intégrée utilisent un hub de contrôleur de mémoire graphique (GMCH, ou *Graphics Memory Controller Hub*) à la place du MCH. Au lieu d'être connectés par le bus PCI, comme dans l'architecture North/South Bridge, ils sont connectés *via* une interface de hub dédiée deux fois plus rapide que PCI. La conception du hub offre plusieurs avantages par rapport à l'architecture North/South Bridge :

- Plus rapide. L'interface hub AHA (*Accelerated Hub Architecture*) employée par la série 8xx offre un débit double de celui de PCI. Les chipsets 9xx et 3x se fondent sur une variante encore plus rapide, appelée DMI (*Direct Media Interface*), qui est entre 7,5 et 14 fois plus rapide que PCI.
- Charge PCI réduite. L'interface hub est indépendante de PCI et ne partage ou n'obère pas la largeur de bande du bus PCI pour le chipset ou le trafic Super I/O, d'où une amélioration des performances de tous les périphériques connectés au bus PCI.
- Câblage sur la carte réduit. L'interface AHA n'a qu'une largeur de 8 bits et ne nécessite que 15 signaux pour être routée vers la carte mère, tandis que la variante DMI a une largeur de 4 bits et ne requiert que huit paires différentielles de signaux. En comparaison, PCI suppose près de 64 signaux, d'où une génération accrue d'interférences électromagnétiques (EMI), une plus grande sensibilité à la dégradation des signaux et au bruit et des coûts de production plus élevés.

La conception de l'interface hub permet un débit plus important pour les périphériques PCI, car il n'y a pas de puce South Bridge occupant le bus PCI. Du fait du contournement de ce bus, l'architecture hub permet aussi un meilleur débit pour les périphériques directement connectés au hub de contrôleur I/O (l'ancien SouthBridge), par exemple les nouvelles interfaces à grande vitesse ATA-100/133, ATA Série à 3 Go/s et USB 2.0.

Il existe deux variantes de l'interface hub :

- AHA (*Accelerated Hub Architecture*). Employée avec les chipsets 8xx, AHA est une interface 4× (*quad clocked*) à 66 MHz et 8 bits (4 × 66 MHz × 1 octet = 266 Mo/s) qui a un débit double par rapport à PCI (33 MHz × 32 bits = 133 Mo/s).

- DMI (*Direct Media Interface*). Employée avec les chipsets 9xx et 3x, DMI est essentiellement une connexion PCI-Express dédiée à quatre voies (largeur de 4 bits) qui autorise 250 GHz × 4 bits = 1 Go/s dans chaque sens, c'est-à-dire 7,5 à 14 fois plus rapide que PCI.

Il s'agit aussi d'une solution très économique, avec une largeur limitée à 4 ou 8 bits. Bien que cette étroitesse puisse sembler inutile, il existe une bonne raison à ce choix de conception. Le nombre de broches réduit des connexions AHA ou DMI induit moins de circuits sur la carte, moins de bruit ou d'interférences et surtout une taille et un coût de production nettement plus faibles. Grâce à cette étroitesse et à sa rapidité, l'interface hub permet d'obtenir des performances élevées pour un coût inférieur et une meilleure fiabilité des signaux que la conception North/South Bridge.

L'ICH inclut également un nouveau bus LPC (*Low Pin Count*, à petit nombre de broches) consistant à la base en une version 4 bits bridée de PCI conçue au départ pour prendre en charge le BIOS et les puces Super I/O de la carte mère. En utilisant les mêmes quatre signaux pour les données, l'adresse et les fonctions de commande, il ne faut que neuf autres signaux pour implémenter le bus, soit un total de 13 signaux. Le nombre de pistes connectant le module de BIOS et les puces Super I/O dans un système est ainsi fortement réduit si on compare ce chiffre aux 96 signaux du bus ISA des anciens chipsets North/South Bridge qui utilisaient le bus ISA comme interface à ces périphériques. Le bus LPC a une largeur de bande maximale de 16,67 Mo/s, beaucoup plus rapide qu'ISA et amplement suffisante pour les périphériques tels que le BIOS et les puces Super I/O.

La Figure 3.13 montre une carte mère Intel typique utilisant l'architecture bus.

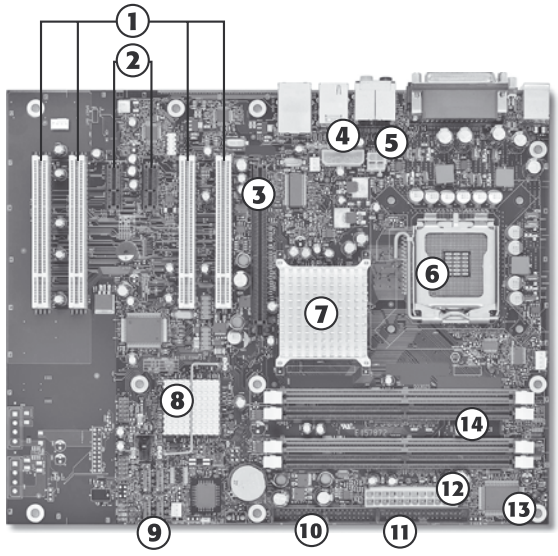
Connexions North-South Bridge à grande vitesse

Intel n'est pas le seul fabricant à remplacer les poussives connexions PCI entre les modules de type North/South Bridge par une architecture plus rapide contournant le bus PCI. D'autres entreprises ont décidé d'introduire des interconnexions de chipsets à grande vitesse :

- VIA. VIA a créé l'architecture V-Link pour relier ses puces North et South Bridge à des vitesses égalant ou dépassant l'architecture hub d'Intel. V-Link fait appel à un bus de données de 8 bits dédié et est actuellement mise en place sous trois versions : V-Link 4x, V-Link 8x et Ultra V-Link. V-Link 4x transfère les données à 266 Mo/s (4 × 66 MHz), soit le double de PCI et l'équivalent des architectures hub AHA et HI 1.5 d'Intel. V-Link 8x transfère les données à 533 Mo/s (4 × 133 MHz), soit le double de l'architecture AHA. Offrant un transfert des données à 1 Go/s, Ultra V-Link est quatre fois plus rapide que l'architecture AHA d'Intel et l'équivalent de la nouvelle architecture hub DMI de la même société.
- SiS. L'architecture MuTIOL de SiS (également nommée *HyperStreaming*) offre des performances comparables à V-Link 4x de VIA. La deuxième génération MuTIOL 1G offre des performances analogues aux architectures Ultra Link de VIA ou DMI d'Intel. Les chipsets prenant en charge MuTIOL utilisent des bus d'adresse, de DMA, d'entrées et de sorties de données séparées pour chaque bus master d'E/S. MuTIOL place en tampon et gère des transferts multiples de données *via* un bus de données bidirectionnel en 16 bits.

Figure 3.13

Carte mère avec l'emplacement du chipset et des autres composants (image utilisée avec l'autorisation d'Intel).



1. Connecteurs PCI (4)
2. Connecteurs PCI-Express x1 (2)
3. Connecteurs PCI-Express x16 (1)
4. Connecteur d'alimentation secondaire
5. Connecteur d'alimentation ATX12V
6. Socket LGA775
7. MCH (hub contrôleur mémoire), alias North Bridge
8. ICH (hub contrôleur d'E/S), alias South Bridge
9. Connecteurs SATA/RAID
10. Connecteurs ATA/IDE
11. Connecteur du lecteur de disquettes
12. Connecteur d'alimentation ATX à 24 broches
13. Puce de super entrées/sorties
14. Emplacements DIMM DDR2

- ATI. ATI (à présent dans le giron d'AMD) fait appel à une technologie d'interconnexion à grande vitesse appelée A-Link, dans ses chipsets des séries 9100 avec IGP. A-Link travaille à 266 Mo/s, comme l'architecture AHA d'Intel, ainsi que la première génération V-Link et MuTIOL. ATI s'appuie sur la technologie HyperTransport pour ses chipsets actuels.
- NVIDIA. Les chipsets nForce de NVIDIA utilisent le bus HyperTransport développé à l'origine par AMD.

Le Tableau 3.10 compare les performances et la prise en charge des principales architectures de chipsets à grande vitesse autres que celles d'Intel.

Tableau 3.10 : Architecture de chipsets à grande vitesse autres qu'Intel

Interconnexion	Débit	Fabricant
HyperTransport 1 GHz	3200 Mo/s	AMD/ATI, NVIDIA
HyperTransport 800 MHz	4000 Mo/s	AMD/ATI, NVIDIA
A-Link	266 Mo/s	Ancien ATI

Tableau 3.10 : Architecture de chipsets à grande vitesse autres qu'Intel (*suite*)

Interconnexion	Débit	Fabricant
MuTIOL 1G	1066 Mo/s	SiS
MuTIOL	533 Mo/s	SiS
Ultra V-Link	1066 Mo/s	VIA
V-Link 8x	533 Mo/s	VIA
V-Link 4x	266 Mo/s	VIA

Chipsets de septième et huitième générations (Pentium 4/D et Core 2)

Les processeurs Pentium 4 et Celeron à Socket 423 et ceux à Socket 478 sont globalement les mêmes processeurs, avec des conceptions du cache et des versions internes différentes. Le même chipset peut donc servir à ces processeurs. Le Pentium 4 à Socket 775 est très différent de ses prédécesseurs. Par conséquent, la plupart des chipsets 9xx n'acceptent que la version Socket 775 du Pentium 4, ainsi que les récents Core 2.

Tableau 3.11 : Chipsets 8xx pour Pentium 4 sortis entre 2000 et 2002

Chipset	850	850E	845	845E
Nom de code	Tehama	Tehama-E	Brokkdale	Brookdale-E
Date de lancement	Nov. 2000	Mai 2002	Sept. 2001 (SDRAM), Janv. 2002 (DDR)	Mai 2002
Numéro de pièce détachée	82850	82850E	82845	82845E
Vitesse de bus	400 MHz	400 MHz/533 MHz	400 MHz	400 MHz/533 MHz
Processeur pris en charge	Pentium 4, Celeron[1]	Pentium 4, Celeron[2]	Pentium 4, Celeron[2]	Pentium 4, Celeron[2, 4]
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	RDRAM (PC800) double canal	RDRAM (PC800, 1066 double canal)	PC133 SDRAM, DDR 200/266 SDRAM	DDR 200/266 SDRAM
Parité/ECC	Les deux	Les deux	ECC	ECC
Mémoire maximale	2 Go	2 Go (PC800), 1,5 Go (PC1066)	2 Go (DDR PC2100), 3 Go (PC133 SDRAM)	2 Go
Bancs de mémoire	2	2	2 (PC2100), 3 (PC133)	2
Compatibilité PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Compatibilité AGP	AGP 4× (1,5 V)	AGP 4× (1,5 V)	AGP 4× (1,5 V)	AGP 4× (1,5 V)
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	Non
South Bridge (hub)	ICH2	ICH2	ICH2	ICH4

1. Prise en charge des processeurs sur Socket 423 et Socket 478.
2. Ne prend en charge que les processeurs sur Socket 478.
3. Stepping B-1 prend en charge la technologie HT (Hyper-Threading).
4. Prend en charge la technologie HT (Hyper-Threading).

Les Tableaux 3.11 et 3.12 présentent les chipsets 8xx fabriqués par Intel pour les processeurs Pentium 4 et Celeron 4. Ils utilisent l'architecture hub d'Intel, avec une vitesse d'interconnexion de 266 Mo/s entre les puces MCH/GMCH et ICH.

Le Tableau 3.13 liste les modules ICH utilisés par les chipsets Pentium 4/Celeron 4 fabriqués par Intel.

À la mi-2004, Intel a présenté ses chipsets des familles 915/925 pour les processeurs Pentium 4 et Celeron 4. Ces chipsets, nom de code Grantsdale et Alderwood, sont optimisés pour le Pentium 4 à noyau Prescott sorti début 2004. Ils sont les premiers chipsets d'Intel à proposer plusieurs technologies nouvelles, dont la mémoire DDR2 et le bus PCI-Express pour la vidéo et les entrées/sorties à hautes performances (comme le Gigabit Ethernet). Ils prennent également en charge le Socket 775 (ou Socket T), qui est le premier support de processeur LGA.

En 2005, Intel a présenté sa première puce double cœur pour les processeurs de bureau (le Pentium D), ainsi qu'une nouvelle architecture de processeur pour des performances maximales en simple cœur (le Pentium Extreme Edition). Pour prendre en charge ces nouveaux processeurs et les Pentium 4 à Socket 775 avec technologie HT, Intel a conçu les familles de chipsets 945, 955 et 975.

845GL	**845G**	**845GE**	**845GV**	**845PE**
Brookdale-GL	Brookdale-G	Brookdale-GE	Brookdale-GV	Brookdale-PE
Juill. 2002	Juill. 2002	Oct. 2002	Oct. 2002	Oct. 2002
82845GL	82845G	82845GE	82845GV	82845PE
400 MHz	400 MHz/533 MHz	400 MHz/533 MHz	400 MHz/533 MHz	400 MHz/533 MHz
Pentium 4, Celeron[2]	Pentium 4, Celeron[2, 3]	Pentium 4, Celeron[2, 3]	Pentium 4, Celeron[2, 4]	Pentium 4, Celeron[2, 4]
Non	Non	Non	Non	Non
PC133 SDRAM, DDR 200/266 SDRAM	PC133 SDRAM, DDR 200/266 SDRAM	DDR 333/266 SDRAM	DDR 333/266 SDRAM	DDR 333/266 SDRAM
Aucun	ECC	Aucun	Aucun	Aucun
2 Go	2 Go	2 Go	2 Go	2 Go
2	2	2	2	2
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Aucune	AGP 4× (1,5 V)	AGP 4× (1,5 V)	Aucune	AGP 4× (1,5 V)
Intel Extreme Graphics 200 MHz	Intel Extreme Graphics 200 MHz	Intel Extreme Graphics 200 MHz	Intel Extreme Graphics 200 MHz	Aucune
ICH4	ICH4	ICH4	ICH4	ICH4

Tableau 3.12 : Chipsets 8xx pour Pentium 4 sortis en 2003

Chipset	865P	865PE	865G	865GV	875
Nom de code	Springdale-P	Springdale-PE	Springdale-G	Springdale-GV	Canterwood
Date de lancement	Mai 2003	Mai 2003	Mai 2003	Mai 2003	Avril 2003
Numéro de pièce détachée	82865P	82865PE	82865G	82865GV	82875P
Vitesse de bus	533/400 MHz	800/533/400 MHz	800/533/400 MHz	800/533/400 MHz	800/533 MHz
Processeur pris en charge	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR266/333 double canal	DDR333/400 double canal	DDR333/400 double canal	DDR333/400 double canal	DDR333/400 double canal
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	ECC
Mémoire maximale	4 Go	4 Go	4 Go	4 Go	4 Go
Bancs de mémoire	2	2	2	2	2
Compatibilité PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Compatibilité AGP	AGP 8×	AGP 8×	AGP 8×	–	AGP 8×
Vidéo intégrée	Non	Non	Intel Extreme Graphics 2	Intel Extreme Graphics 2	Non
Ethernet gigabit (GbE)*	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
South Bridge (hub)	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	ICH5/ICH5R	

* GbE est connecté directement à la puce MCH/GMCH, en contournant le bus PCI. Il est implémenté par la puce facultative Intel 82547E1 Gigabit Connection.

Tableau 3.13 : Modules hub contrôleur d'entrées/sorties pour chipsets 8xx pour Pentium 4

Nom du module	ICH0	ICH	ICH2	ICH4	ICH5	ICH5R
Numéro de pièce détachée	82801AB	82801AA	82801BA	828201DB	828201EB	828201ER
Prise en charge ATA	UDMA-33	UDMA-66	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100
Prise en charge SATA	Non	Non	Non	Non	SATA-150	SATA-150
Raid SATA	Non	Non	Non	Non	Non	RAID-0
Prise en charge USB	1C/2P	1C/2P	2C/4P	3C/6P	4C/8P	4C/8P

Tableau 3.13 : Modules hub contrôleur d'entrées/sorties pour chipsets 8xx pour Pentium 4 (*suite*)

Nom du module	ICH0	ICH	ICH2	ICH4	ICH5	ICH5R
USB 2.0	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
CMOS/Horloge	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Prise en charge PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3
Prise en charge ISA	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Prise en charge LPC	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Gestion de l'alimentation	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 2.0	SMM/ACPI 2.0	SMM/ACPI 2.0
Ethernet 10/100	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui

ICH = *I/O Controller Hub*, hub contrôleur d'entrées/sorties.
USB = *Universal Serial Bus*, bus série universel.
IDE = *Integrated Drive Electronics*, électronique intégrée pour lecteurs.
xC/xP = # de contrôleurs/# de parts.
ATA = *AT Attachment* (IDE).
UDMA = *Ultra-DMA IDE*, IDE Ultra-DMA.
ISA = *Industry-Standard Architecture.*
LPC = *Low Pin Count Bus*, à petit nombre de broches.
SMM = *System Management Mode*, mode de gestion système.
ACPI = *Advanced Configuration and Power Interface Specification*, interface avancée de configuration et d'alimentation.

En raison des performances plus élevées nécessaires à la prise en charge de ces technologies, les chipsets 9xx utilisent une architecture hub plus rapide que celles des chipsets 8xx. La nouvelle interconnexion, appelée DMI (*Direct Media Interface*), fonctionne à 1 Go/s dans les deux sens. Elle est comparable aux interconnexions les plus récentes proposées par les concurrents d'Intel (voir Tableau 3.9).

Le Tableau 3.14 présente les chipsets 9xx pour Pentium 4, le Tableau 3.15 recense les chipsets 9xx pour les processeurs Core 2, Pentium D et Pentium Extreme Edition (ils gèrent également le Pentium 4).

Le Tableau 3.16 donne la liste des hubs contrôleurs d'E/S ICH6 et ICH7 utilisés avec les chipsets 9xx.

Tableau 3.14 : Chipsets 9xx pour Pentium 4

Chipset	910GL	915P	915PL	915G
Nom de code	Grantsdale-GL	Grantsdale-P	Grantsdale-PL	Grantsdale-G
Numéro de pièce détachée	82910GL	828915P	828915GPL	828915G
Vitesse de bus	533 MHz	800/533 MHz	800/533 MHz	800/533 MHz
Processeur pris en charge	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR333/400 double canal	DDR333/400 double canal, DDR2	DDR333/400 double canal	DDR333/400 double canal, DDR2
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	2 Go	4 Go	2 Go	4 Go
Bancs de mémoire	2	2	2	2
Compatibilité PCI	PCI-Express x1, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.2	PCI-Expres x1, x16, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Vidéo PCI-Express x16	Non	Oui	Oui	Oui
Compatibilité AGP	Non	Non	Non	Non
Vidéo intégrée	Intel GMA 900[3]	Non	Non	Extreme Graphics 3
South Bridge (hub)	ICH6	ICH6	ICH6	ICH6

1. Ne prend pas en charge la technologie HT.
2. Stepping B2 et au-dessus requis pour ECC.
3. Graphics Media Accelerator 900.

Tableau 3.15 : Chipsets 9xx pour Core 2, Pentium D, Pentium Extreme Edition et Pentium 4

Chipset	975X	955X	945G	945P	945PL
Nom de code	Glenwood	Glenwood	Lakeport-G	Lakeport-P	Lakeport-PL
Numéro de pièce détachée	82975X	82955X	82945G	82945P	82945PL
Vitesse de bus	1066/800 MHz	1066/800 MHz	1066/800/533 MHz	1066/800/533 MHz	800/533 MHz
Processeur pris en charge	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 avec tech. HT (Socket 775)	Pentium Extreme Edition, Pentium D, Pentium 4 avec tech. HT (Socket 775)	Pentium D, Pentium 4 avec tech. HT (Socket 775)	Pentium D, Pentium 4 avec tech. HT (Socket 775)	Pentium D, Pentium 4 avec tech. HT (Socket 775)
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR2 667/533 MHz double canal	DDR2 667/533 MHz double canal	DDR2 667/533/ 400 MHz, double canal	DDR2 667/533/ 400 MHz double canal	DDR2 533/400 MHz double canal

915GV	915GL[1]	925X	925XE
Grantsdale-GV	Grantsdale-GL	Alderwood	Alderwood-E
828915GV	828915GL	82925X	82925XE
800/533 MHz	533 MHz	800/533 MHz	1066/800 MHz
Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4, Celeron, Celeron D	Pentium 4 (90nm)
Non	Non	Non	Non
DDR333/400 double canal	DDR2DDR333/400 double canal	DDR2	DDR2 533/400 double canal
Aucune	Aucune	ECC[2]	Aucune
4 Go	4 Go	4 Go	4 Go
2	2	2	2
PCI-Express x1, PCI 2.2	PCI-Express x1, PCI 2.2	PCI-Express x1, x16, PCI 2.2	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3
33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Non	Non	Oui	Oui
Non	Non	Non	Non
Extreme Graphics 3	Extreme Graphics 3	Non	Non
ICH6	ICH6	ICH6	ICH6

Tableau 3.15 : Chipsets 9xx pour Core 2, Pentium D, Pentium Extreme Edition et Pentium 4 *(suite)*

Chipset	975X	955X	945G	945P	945PL
Parité/ECC	ECC	ECC	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	8 Go	8 Go	4 Go	4 Go	4 Go
Bancs de mémoire	2	2	2	2	2
Compatibilité PCI	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3	PCI-Express x1, x16, PCI 2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Vidéo PCI-Express x16	Oui, double connecteur	Oui	Oui	Oui	Oui
Compatibilité AGP	Non	Non	Non	Non	Non
Vidéo intégrée	Non	Non	Intel GMA 900	Non	Non
South Bridge (hub)	ICH7	ICH7	ICH7	ICH7	ICH7

Tableau 3.16 : Modules hubs contrôleurs d'entrées/sorties pour chipsets 9xx pour Pentium 4

Nom du module	ICH6	ICH6R	ICH7	ICH7R
Prise en charge ATA*	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100	UDMA-100
Prise en charge SATA-150	4 lecteurs	4 lecteurs	4 lecteurs	4 lecteurs
Raid SATA	Non	0, 1, 0+1	Non	0, 1, 0+1, 5
Stockage en matrice	Non	Oui	Non	Oui
Prise en charge USB	4C/8P	4C/8P	4C/8P	4C/8P
USB 2.0	Oui	Oui	Oui	Oui
CMOS/Horloge	Oui	Oui	Oui	Oui
Prise en charge PCI	2.3, PCI-Express	2.3, PCI-Express	2.3, PCI-Express	2.3, PCI-Express
Nombre de lignes PCI-Express	4	4	4	6
Prise en charge LPC	Oui	Oui	Oui	Oui
Gestion de l'alimentation	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 1.0	SMM/ACPI 3.0	SMM/ACPI 3.0
Ethernet 10/100	Oui	Oui	Oui	Oui
Audio haute définition (canaux 7.1 compatibles Dolby Pro Logic IIx)	Oui	Oui	Oui	Oui

ICH = *I/O Controller Hub*, hub contrôleur d'entrées/sorties.
USB = *Universal Serial Bus*, bus série universel.
xC/xP = # de contrôleurs/ # de parts.
ATA = *AT Attachment* (IDE).
UDMA = *Ultra-DMA IDE*, IDE Ultra-DMA.
ISA = *Industry-Standard Architecture*.
LPC = *Low Pin Count Bus*, à petit nombre de broches.
SMM = *System Management Mode*, mode de gestion système.
ACPI = *Advanced Configuration and Power Interface Specification*, interface avancée de configuration et d'alimentation.
Stockage en matrice = Technologie RAID élaborée qui prend en charge les matrices à bandes et en miroir avec deux lecteurs.
* Un port ATA prenant en charge deux lecteurs ATA/IDE.

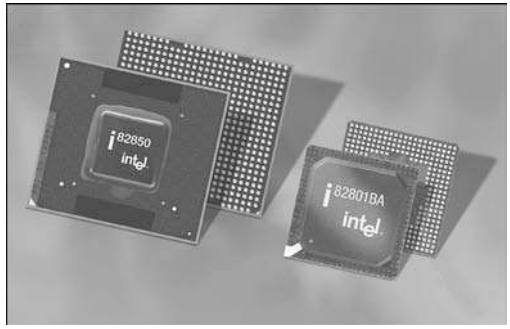
La famille Intel 850

La famille Intel 850 est formée de deux membres, le 850 original et une version étendue appelée 850E. Le 850 est le premier modèle destiné aux processeurs Pentium 4, et donc le premier à prendre en charge la microarchitecture NetBurst. Il est conçu pour des ordinateurs de bureau à hautes performances et les stations de travail ; il utilise la même architecture hub et la même conception modulaire que les autres chipsets de la famille 8xx. La Figure 3.14 présente une photo du chipset 850 d'Intel.

Ce chipset est basé sur deux composants principaux :

- **Un hub contrôleur de mémoire 82850**. Il supporte les canaux doubles de mémoire RDRAM à 400 MHz avec une largeur de bande de 3,2 Go/s et un bus système à 100 MHz. La puce 82850

Figure 3.14
Le chipset 850 d'Intel.



MCH supporte également les cartes vidéo AGP 4× en 1,5 V, avec une largeur de bande de plus de 1 Go/s.

- **Un hub contrôleur entrées/sorties 82801BA 2.** La puce ICH2 (une version étendue du 82801 employée par les autres chipsets de la série 800) supporte PCI 32 bits en révision 2.2, des adaptateurs hôtes IDE UDMA 33/66/100 à deux canaux, quatre ports USB, un contrôleur LAN intégré, un codec AC'97 audio/modem à six canaux, la prise en charge de l'interface FWH, la prise en charge SMBus et Alert on LAN et Alert on LAN2.

En option, des puces 82562ET/82562EM Platform LAN peuvent être ajoutées pour offrir le support réseau 10BASE-T et Fast Ethernet, basant les fonctionnalités réseau sur le module 82801BA ICH2.

Le chipset 850, comme les autres chipsets récents d'Intel ou d'autres origines, prend en charge la carte CNR pour des capacités réseau, audio et modem intégrées. La Figure 3.15 montre son architecture.

Le 850E est une version améliorée du 850. Son module 82850E MCH offre le support pour des canaux de mémoire doubles 533 MHz Rambus RDRAM et prend en charge les modules PC1066 RIMM, en plus des fonctionnalités du chipset 850 classique. Il utilise également le même hub ICH2 que le 850 original.

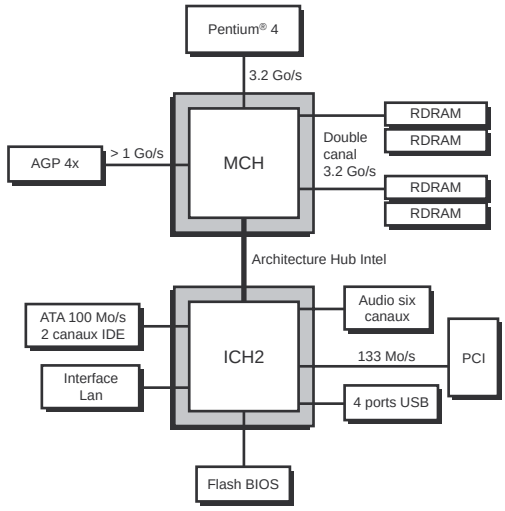
La famille Intel 845

Contrairement aux chipsets 850 et 850E, la famille 845 est largement utilisée par Intel et les fabricants de cartes mères tiers. Si vous avez acheté un système Pentium 4 entre la fin 2001 et le milieu de l'année 2003, vous disposez très certainement d'une version de chipset 845. Le 845, nom de code Brookdale durant la phase de développement, a été le premier chipset Pentium 4 d'Intel à prendre en charge les SDRAM bon marché à la place des onéreux modules RDRAM. Les versions ultérieures acceptent les DDR SDRAM à des vitesses pouvant aller jusqu'à DDR333, ATA/100 et USB 2.0.

La série 845 est formée des modèles suivants :

- 845 ;

Figure 3.15
L'architecture du chipset 850 d'Intel.



- 845GL;
- 845GV;
- 845G;
- 845GE;
- 845E;
- 845PE.

Tous les membres de la famille 845 utilisent la même architecture à base de hub, développée pour la famille 845, mais ils intègrent également les fonctions audio et prennent en charge les cartes CNR (*Communications and Network Riser*) pour les capacités de communication par modem intégré et le travail en réseau 10/100 Ethernet. Toutefois, ils diffèrent en termes de type et de volume de mémoire supportés, de fonctions graphiques intégrées, de support AGP externe et de module ICH.

Si la version originale du chipset 845 n'acceptait que des mémoires SDRAM PC133, le modèle 845D (une désignation utilisée par certains sites, mais pas par Intel) prend également en charge les DDR SDDRAM en 200/266 MHz. Le module MCH 82845 du chipset 845 accepte les processeurs Celeron ou Pentium sur Socket 478 et prend en charge jusqu'à deux modules DDR SDRAM ou trois modules standard SDRAM (en fonction de la carte mère). Avec des DDR SDRAM, le 845 accepte des mémoires travaillant en 200 MHz (PC2100) ou 266 MHz (PC2700), avec une vitesse de bus frontal de 400 MHz. Il supporte également la correction d'erreurs ECC avec des modules à contrôle de parité et offre un connecteur AGP 4×, mais ne dispose pas de vidéo intégrée.

Le 845 utilise le même module hub contrôleur d'entrées/sorties ICH2 (82801-BA) que les chipsets Intel 850 et 850E dans les systèmes à base de Rambus et le 815EP dans les systèmes d'entrée de

gamme à SDRAM. ICH2 prend en charge l'interfaçage ATA/100 des disques durs, le son AC'97 et quatre ports USB 1.1.

Tous les modèles 845 de la série G offrent la vidéo Intel Extreme Graphics Integrated, dont l'intérêt est sa vitesse de noyau plus élevée et des performances 3D, supplémentaires aux modules vidéo intégrés des familles de chipsets 810 et 815. Deux chipsets, les 845G et 845GE, acceptent également des cartes vidéo AGP 4×.

Le 845E est une version mise à jour du 845, avec correction d'erreurs ECC et support pour FSB 533 MHz, alors que le 845PE prend en charge FSB 533 MHz, les mémoires DDR 266 et 333 MHz, mais pas ECC. Tous les modèles, à l'exception du 845 (845D), font appel au hub contrôleur d'entrées/sorties ICH4 82801DB, qui fournit six ports USB 2.0 ainsi que le réseau. De plus, tous les modèles, à l'exception du 845 et du 845GL, offrent l'audio 20 bits étendu.

La Figure 3.16 compare les diagrammes de blocs système des modèles 845 et 845GE.

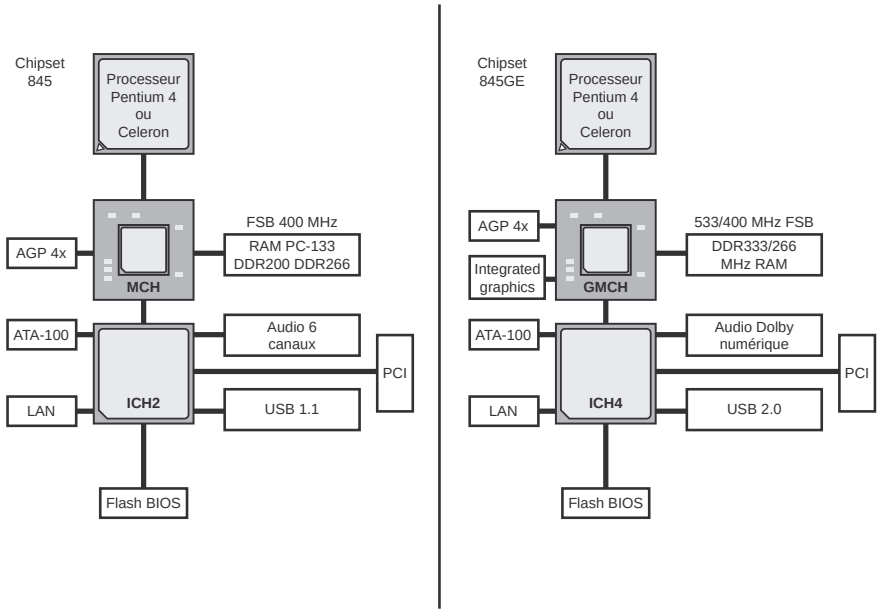


Figure 3.16
Le 845GE (à droite) supporte en plus des vitesses supérieures pour FSB, la mémoire, les fonctions graphiques intégrées et USB 2.0 à l'architecture de base du module 845 (à gauche).

La famille Intel 865

La famille des chipsets Intel 865, nom de code Springdale, a été mise sur le marché en mai 2003. Comme le nom le laisse entrevoir, les séries 865 sont conçues pour remplacer les séries 845, avec des chipsets assurant la prise en charge des mémoires à double canal, une nouvelle architecture CSA (*Communication Streaming Architecture*) offrant une connexion dédiée pour le contrôleur réseau

intégré, une plus grande rapidité et le support des dernières technologies (notamment Gigabit Ethernet et SATA). Les fonctionnalités des séries 865 et 875 sont résumées au Tableau 3.12.

La famille 865 est formée des modèles 865P, 865PE, 865G et 865GV. Les 865PE, 865G et 865GV acceptent des DDR266 en simple ou double canal, ainsi que des SDRAM DDR333 et DDR400 en double canal avec une vitesse de bus frontal jusqu'à 800 MHz. Les mémoires à double canal permettent une largeur de bande de mémoire plus élevée et des performances plus rapides. Le modèle 865P accepte des DDR266/333 et des vitesses de bus principal jusqu'à 333 MHz. Tous les modèles, à l'exception du GV, supportent AGP 8× et les modèles G et GV incluent Intel Extreme Graphics 2, une version plus rapide de la technologie graphique intégrée des versions G de la famille 845. Enfin, un port Gigabit Ethernet facultatif est connecté au MCH/GMCH et nécessite la présence d'une puce réseau 82547 d'Intel sur la carte mère.

Tous les membres de la famille 865 utilisent le nouveau hub contrôleur d'entrées/sorties ICH5 ou ICH5R.

Intel 848P

L'Intel 848P, nom de code Breeds Hill, a été présenté en février 2004 comme une version économique de la famille 865 (Springdale). Contrairement à celle-ci, il ne prend en charge que la mémoire simple canal et accepte une quantité de mémoire maximale de 2 Go. Par ailleurs, il ne prend pas en charge le Gigabit Ethernet.

Par rapport à la famille 845, le 848P reconnaît l'AGP 8x, la mémoire jusqu'à DDR400 et le hub contrôleur d'entrées/sorties ICH5 (South Bridge) ainsi que l'interconnexion MCH/ICH par Hub Link 1.5 (HL 1.5 ou HI 1.5). Cependant, si vous souhaitez construire un nouveau système ou mettre à niveau un système existant, il est préférable de dépenser votre argent dans un chipset et une carte mère plus modernes.

ICH5 et ICH5R

ICH5 et ICH5R (Raid) représentent la dernière génération de hubs contrôleurs d'entrées/sorties d'Intel, c'est-à-dire l'équivalent du South Bridge dans l'architecture à base de hubs introduite par Intel avec la série des chipsets 800.

Intel a sorti l'ICH5 et l'ICH5R pour ses chipsets à architecture hub AHA et HI 1.5. Ils offrent tous deux quatre contrôleurs USB 2.0 avec huit ports externes, deux ports ATA/100 et deux ports SATA/150. Les modèles ICH5R proposent en plus un support de RAID 0 (entrelacement) et RAID 1 (miroir) sur les ports SATA. ICH5/ICH5R prend également en charge le bus PCI 2.3 et intègre un contrôleur LAN Ethernet 10/100.

Infos

La prise en charge du RAID 1 sur les cartes mères équipées de l'ICH5R nécessite l'installation de la dernière version de l'Intel Matrix Storage Manager (précédemment appelé Intel Application Accelerator RAID Edition). Dans certains cas, vous devrez également commencer par installer la dernière version de l'Intel RAID Option ROM. Pour plus d'informations sur ce point et pour télécharger le pilote et la mise à jour de la ROM, allez sur le site **http://support.intel.com/support/chipsets/imsm/**. *L'Intel Matrix Storage Manager prend également en charge les cartes mères équipées des puces ICH6R et ICH7R.*

Intel 875P

Le chipset Intel 875P, nom de code Canterwood durant son développement, a été introduit en avril 2003. Il supporte la technologie HT (Hyper-Threading) d'Intel et prend de ce fait en charge tous les Pentium 4 en 3,06 MHz et plus, y compris les versions à noyau Prescott (0,09 µm).

Pour un accès mémoire plus rapide, le 875P supporte quatre modules de mémoire standard ou ECC (jusqu'à 4 Go au total) par des DDR333 ou DDR400 en mode double canal. Il offre également un nouveau mode Turbo utilisant un chemin plus rapide entre les mémoires DDR400 et le hub de contrôleur de mémoire (MCH) pour améliorer les performances. Comme les multiples modules de mémoire ne sont pas toujours forcément du même type, le 875P propose un nouveau mode dynamique optimisant la mémoire système lorsque des modules de mémoire différents sont utilisés simultanément. Le 875P prend aussi en charge SATA et RAID et fait appel au même hub de contrôleur ICH5/5R que la série 865.

La famille Intel 915

La famille de chipsets Intel 915, nom de code Grantsdale durant son développement, a été introduite en 2004. Elle se compose de six modèles (910GL, 915PL, 915P, 915G, 915GV et 915GL) qui prennent tous en charge le plus récent noyau Pentium 4 Prescott en 0,09 µm. Ces chipsets sont les premiers à accepter la nouvelle interface de processeur Socket 775 décrite précédemment. Ils sont destinés à remplacer la famille 865 Springdale.

Les modèles 915P, 915G, 915GV, 915GL et 915PL sont conçus pour prendre en charge la fonction HT intégrée dans les plus récents processeurs Pentium 4, ainsi que des vitesses de bus allant jusqu'à 800 MHz. Les cinq modèles acceptent des mémoires DDR à double canal jusqu'à 400 MHz ainsi que la nouvelle norme DDR2 à 533 MHz. Les trois connaissent PCI-Express x1 ainsi que les connecteurs d'extension PCI en version 2.3.

Les modèles 915P et 915PL utilisent un connecteur PCI-Express x16 pour les graphiques à grande vitesse, alors que le 915G offre un connecteur PCI-Express x16 et intègre la solution graphique intégrée Intel Graphics Media Accelerator 900 (précédemment appelée Intel Extreme Graphics 3). Les 915GV, 915GL, et 910GL font eux aussi appel à Intel Graphics Media Accelerator 900, mais n'ont pas de connecteur PCI-Express x16. Graphics Media Accelerator 900 est une mise en œuvre partielle de DirectX 9, mais sans les vertex shaders proposés par les unités de traitement graphique totalement compatibles DirectX 9 d'ATI et de NVIDIA.

Le modèle 910GL est celui d'entrée de gamme de la famille. Il ne prend pas en charge les mémoires RAM DDR2, les bus en 800 MHz et la vidéo PCI-Express x16. Ce modèle est conçu pour être associé aux processeurs Intel Celeron ou Celeron D en vue de la production de modèles à bas prix.

Tous les modules MCH/GMCH de la série 915 utilisent la nouvelle famille de South Bridge de remplacement ICH6 évoqués précédemment. Notez que les versions sans fil de l'ICH6 (ICH6W et ICH6WR) annoncées initialement ont été abandonnées par Intel avant même leur sortie. Seules les versions standard (ICH6) et RAID (ICH6R) sont disponibles.

La famille Intel 925X

La famille des chipsets Intel 925 est constituée de deux membres : le 925X et le 925XE. Le chipset Intel 925X, nom de code Alderwood, a été lancée en 2004. Il était destiné à remplacer le chipset 875P Canterwood. Contrairement aux séries 915, qui continuent de prendre en charge les anciennes mémoires DDR, le 925X n'accepte que les mémoires DDR2. Le 925X supporte également la mémoire EEC, offrant ainsi une plate-forme rapide et performante pour des applications critiques. Dans un but de performances accrues, la conception de son contrôleur de mémoire a été optimisée.

Le 925X est compatible avec les processeurs Pentium 4 Extreme Edition et Pentium 4 pour Socket 775. Il prend en charge PCI-Express x1 et PCI-Express x16 (vidéo) ainsi que les connecteurs d'extension PCI en version 2.3. Le hub contrôleur d'entrées/sorties utilise les puces de la famille ICH6.

Le 925XE est une mise à jour du 925X, qui ajoute la prise en charge du FSB à 1066 MHz. Cependant, il ne reconnaît plus le processeur Pentium 4 Extreme Edition ni la mémoire ECC.

La famille Intel 945 Express

La famille des chipsets Intel 945 Express, nom de code Lakeport, est arrivée en 2005, avec trois membres : le 945G, le 945P et le 945PL. Ces chipsets, avec les 955X et 975X, sont les premiers à prendre en charge les Pentium D, les nouveaux processeurs Intel à double cœur. Ils sont également compatibles avec les Pentium 4 à technologie HT sur Socket 775.

Le 945G et le 945P sont destinés au segment de marché des "PC performants", comme le désigne Intel. Ils acceptent un FSB à 1066 MHz et jusqu'à 4 Go de mémoire DDR2 double canal (deux paires) fonctionnant à 667 MHz. Tous deux gèrent le PCI-Express x16, mais le 945G intègre également un circuit graphique Intel Graphics Media Accelerator 950.

Le 945PL, destiné au segment de marché des "PC grand public", ne reconnaît que deux modules de mémoire (une paire de barrettes double canal) fonctionnant à 533 MHz, pour une taille maximale de 2 Go. Il prend également en charge le PCI-Express x16.

Tous les membres de la famille 945 sont compatibles avec les hubs contrôleurs d'entrées/sorties de type ICH7 (voir Tableau 3.15). Voici les différences entre l'ICH7 et l'ICH6 :

- prise en charge du SATA à 300 Mo/s;
- prise en charge des modes SATA RAID 5 et Matrix RAID (ICH7R uniquement);
- prise en charge de deux ports PCI-Express x1 supplémentaires (ICH7R uniquement).

La Figure 3.17 compare les caractéristiques des chipsets 945G et 915G.

La famille Intel 955X et 975X

La famille des chipsets Glenwood d'Intel a été lancée en 2005 et se compose de deux membres : le 955X et le 975X. Avec ceux de la famille 945, ils sont les premiers à prendre en charge les nouveaux processeurs Pentium D double cœur d'Intel, mais ils acceptent également les processeurs mono-

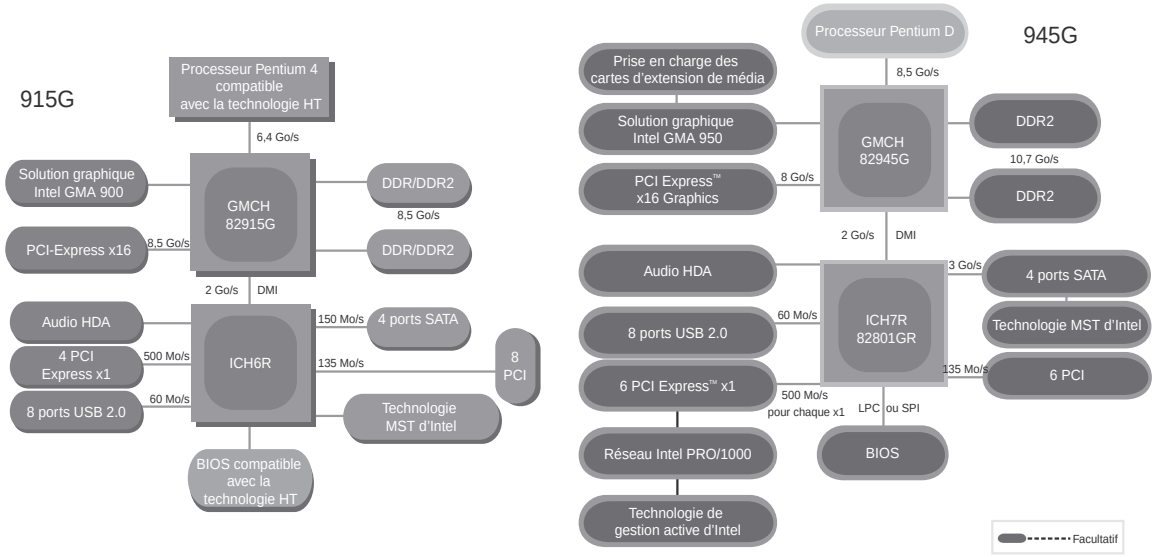


Figure 3.17

Le chipset 915G (à gauche) a été le premier chipset à prendre en charge le PCI-Express x16 et une solution graphique intégrée. Le chipset 945G (à droite) offre des caractéristiques semblables, mais il prend en charge des solutions graphiques intégrées plus rapides, des disques durs SATA plus rapides et un plus grand nombre de connecteurs PCI-Express x1.

cœurs Pentium Extreme Edition à hautes performances, ainsi que les Pentium 4 à technologie HT sur Socket 775. Pour Intel, ces chipsets sont destinés aux stations de travail d'entrée de gamme et aux PC performants.

Bien que leurs numéros appartiennent à des séries différentes, la plupart des caractéristiques de ces chipsets sont identiques. Ils gèrent tous deux un FSB à 800 MHz et 1066 MHz et acceptent jusqu'à quatre barrettes DDR2 à 667/533 MHz (deux paires de modules double canal) pour une mémoire système maximale de 8 Go. La mémoire ECC est également reconnue, une obligation pour les stations de travail, et les contrôleurs d'entrées/sorties ICH7 (voir Tableau 3.15) sont pris en charge.

Le 955X et le 975X diffèrent l'un de l'autre au niveau de la partie graphique. Le 955X accepte une seule carte vidéo PCI-Express x16, tandis que le 975X prend en charge des cartes PCI-Express configurées en CrossFire.

La famille Intel 96x

La famille 96x, nom de code Broadwater, a été introduite en juin 2006, pour la prise en charge des processeurs Core 2, y compris les variantes double et quadruple cœur. Plusieurs modèles composent cette famille, chacun avec des caractéristiques légèrement différentes. Le Q963 et le Q965 sont les

plus basiques. Ils incluent tous deux un composant graphique GMA 3000, mais le Q965 prend en charge un port PCIe x16 (pour mettre à niveau la carte vidéo) et accepte également la mémoire DDR2 à 800 MHz. Le P965 n'est pas équipé d'un circuit graphique, pour ceux qui souhaitent uniquement employer des cartes vidéo PCIe x16. Enfin, le G965 réunit toutes les caractéristiques des autres chipsets et dispose même d'un circuit graphique plus élaboré, le GMA X3000, avec prise en charge d'un port PCIe x16. Le Tableau 3.17 récapitule les caractéristiques principales de ces chipsets.

Tableau 3.17 : Chipsets Intel 96x pour Core 2

Caractéristique	Q963	Q965	P965	G965
Date de sortie	Juin 2006	Juin 2006	Juin 2006	Juin 2006
Processeurs reconnus	Core 2, Pentium D, Pentium 4	Core 2, Pentium D, Pentium 4	Core 2, Pentium D, Pentium 4	Core 2, Pentium D, Pentium 4
Socket	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775
Vitesse de bus processeur	1066/800/533 MHz	1066/800/533 MHz	1066/800/533 MHz	1066/800/533 MHz
Mémoire max.	8 Go	8 Go	8 Go	8 Go
Type de mémoire	DDR2 double canal	DDR2 double canal	DDR2 double canal	DDR2 double canal
Vitesse de mémoire	667/533 MHz	800/667/533 MHz	800/667/533 MHz	800/667/533 MHz
Vidéo intégrée	GMA 3000	GMA 3000	–	GMA X3000
Interface vidéo	–	PCI-Express x16	PCI-Express x16	PCI-Express x16
Compatibilité SATA	SATA (3 Go/s)/6, External SATA (eSATA)	SATA (3 Go/s)/6, External SATA (eSATA)	SATA (3 Go/s)/6, External SATA (eSATA)	SATA (3 Go/s)/6, External SATA (eSATA)
Compatibilité RAID	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10
Hub contrôleur d'E/S	ICH8	ICH8	ICH8	ICH8
Ports USB 2.0	10	10	10	10
Audio intégrée	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits

La famille Intel 3x

Présentés en juin 2007, les chipsets des familles 3x, nom de code Bearlake, sont conçus pour les processeurs Core 2, en version double et quadruple cœur, ainsi que pour les variantes Conroe en 65 nm et Penryn en 45 nm. Ils gèrent tous la mémoire DDR2 à 800 MHz, certains prenant également en charge la mémoire DDR3 jusqu'à 1333 MHz. Quelques modèles sont compatibles avec la technologie Intel Turbo Memory (mémoire flash utilisée comme cache), qui permet de charger plus rapidement les applications et d'accélérer le démarrage pour les systèmes Windows Vista.

Certains chipsets 3x intègrent un circuit graphique GMA 3100, avec ou sans la technologie Clear Video, qui peut améliorer la lecture des vidéos et prend en charge HDMI (*High Definition Media Interface*). La technologie Clear Video est également compatible avec les disques HD-DVD et Blu-

ray, en intégrant des fonctionnalités qui nécessiteraient sinon une carte graphique séparée. Le composant vidéo GMA 3100 détient le label "Vista Premium Ready", car il prend en charge l'interface Vista Aero.

Les familles 3x sont disponibles dans différentes versions, les modèles P31 et G31 constituant l'entrée de gamme. Ces deux chipsets diffèrent simplement par le circuit vidéo GMA 3100 intégré au G31. Le P35 est dépourvu de circuit vidéo, mais ajoute d'autres caractéristiques, telles que la prise en charge des processeurs quadruple cœur, des fréquences de bus de processeur plus élevées, d'un plus grand nombre de ports SATA et USB, ainsi que de la mémoire DDR3. Le G33 est identique, à l'exception du circuit vidéo GMA 3100, avec la technologie Clear Video, intégré. Le Tableau 3.18 recense les différents chipsets de la famille.

Tableau 3.18 : Chipsets Intel 3x pour Core 2

Caractéristique	P31	G31	P35	G33
Date de sortie	Juin 2006	Juin 2006	Juin 2006	Juin 2006
Processeurs reconnus	Core 2 Duo	Core 2 Duo	Core 2 Duo, Core 2 Quad	Core 2 Duo, Core 2 Quad
Socket	LGA775	LGA775	LGA775	LGA775
Vitesse de bus processeur	1066/800 MHz	1066/800 MHz	1333/1066/800 MHz	1333//1066/800 MHz
Mémoire max.	8 Go	8 Go	8 Go	8 Go
Type de mémoire	DDR2 double canal	DDR2 double canal	DDR2 double canal, DDR3	DDR2 double canal, DDR3
Vitesse de mémoire	DDR2 800 MHz	DDR2 800 MHz	DDR2 800 MHz, DDR3 1066 MHz	DDR2 800 MHz, DDR3 1066 MHz
Vidéo intégrée	–	GMA 3100	–	GMA X3100 avec technologie Clear Video
Interface vidéo	PCI-Express x16	PCI-Express x16	PCI-Express x16	PCI-Express x16
Compatibilité SATA	4 SATA (3 Go/s)	4 SATA (3 Go/s)	6 SATA (3 Go/s), eSATA	6 SATA (3 Go/s), eSATA
Compatibilité RAID	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10	RAID 0, 1, 5, 10
Hub contrôleur d'E/S	ICH7	ICH7	ICH9	ICH9
Ports USB 2.0	6	6	12	12
Audio intégrée	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits	HDA, audio AC'97/ 20 bits

Tableau 3.19 : Puces North Bridge SiS pour Pentium 4 en Socket 478 (vitesse de bus processeur jusqu'à 533 MHz)

Chipset	SiS650	SiS651	SiS645
Vitesse de bus	400 MHz	400/533 MHz	400 MHz
Support Hyper-Threading	Non	Oui*	Non
SMP (double CPU)	Non	Non	Non
Types de mémoires	PC133, DDR266	PC100/133, DDR200/266/333	PC133, DDR200/266
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	3 Go	3 Go	3 Go
Support PCI	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz32 bits
Slot AGP	4×	4×	4×
Vidéo intégrée	Oui	Oui	Non
South Bridge	SiS961	SiS962	SiS961
Vitesse MuTIOL	533 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s

* Uniquement B-Stepping.
^ PCI 2.2 avec SiS963, PCI 2.3 avec SiS964.

Chipsets tiers pour les processeurs Intel

SiS, ULi (aujourd'hui dans le giron de NVIDIA), ATI et VIA fabriquent tous des chipsets pour les processeurs Pentium 4/D et Core 2. Si les chipsets d'Intel ont dominé le marché jusqu'à ce jour, ceux fabriqués par les concurrents présentent tous des caractéristiques intéressantes et méritent d'être pris en considération.

Chipsets SiS

SiS propose plusieurs chipsets pour les processeurs Intel, notamment des chipsets intégrés, des chipsets utilisables avec des cartes vidéo accélératrices et un modèle supportant les RDRAM Rambus. Vous en trouverez tous les détails aux Tableaux 3.19 à 3.22 ; les chipsets pour le Pentium D sont donnés aux Tableaux 3.19 et 3.21. Contrairement à la plupart des chipsets créés par SiS pour les Pentium II/III/Celeron, les modèles pour Pentium 4 et Pentium D utilisent des équivalents à grande vitesse du South Bridge (puces Media I/O des séries SiS 96x) au lieu d'intégrer les fonctions North et South Bridge dans un module unique. Les puces North et South Bridge SiS pour Pentium 4 et Pentium D utilisent une connexion 16 bits à grande vitesse appelée MuTIOL (*Multi-Threaded I/O Link*) en remplacement du poussif bus PCI des anciens chipsets.

Le Tableau 3.20 présente la liste des puces North Bridge SiS pour les processeurs Pentium 4 avec un FSB à 800 MHz.

SiS645DX	SiS648	SiS655	SiS R658	SiS 661 GX
400/533 MHz	400/533 MHz	400/533 MHz	400/533 MHz	400/533 MHz
Oui*	Oui*	Oui*	Oui*	Oui
Non	Non	Non	Non	Non
PC133, DDR266/333	DDR200/266/333	DDR266/333 double canal	RDRAM 1066/800 MHz	DDR400/333/266
Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
3 Go	3 Go	4 Go	4 Go	3 Go
2.2	^	^	^	^
33 MHz32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
4×	8×	8×	8×	8×
Non	Non	Non	Non	Mirage DirectX 7.0, 64 Mo
SiS961	SiS963	SiS963	SiS963	SiS963, 964
533 Mo/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s

Tableau 3.20 : Puces North Bridge de SiS pour Pentium 4 (vitesse de bus processeur 800 MHz)

Chipset	SiS648FX	SiS655FX	SiS655TX	SiS656	SiS R659	SiS661FX
Vitesse de bus	800/533/ 400 MHz	800/533/ 400 MHz	800/533/ 400 MHz	800/533/ 400 MHz	800/533/ 400 MHz	800/533/ 400 MHz
Compatibilité Hyper-Threading	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR400/333	DDR400/333 double canal	DDR400/333 double canal	DDR400/333 double canal, DDRII	RDRMA quadruple canal PC1200	DDR400/222/ 266
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	ECC	ECC	Aucune
Mémoire max.	3 Go	3 Go	4 Go	4 Go	4 Go	3 Go
Compatibilité PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Connecteur vidéo	AGP 8×	AGP 8×	AGP 8×	PCI-Express x16	AGP 8×	AGP 8×
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	Non	Non	SiS Mirage Graphics 32/64 Mo
South Bridge	SiS963L	SiS964/964L	SiS964/964L	SiS965/965L	SiS964/964L	SiS964/964L
Vitesse MuTIOL	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s

Tableau 3.21 : Puces SiS Media I/O (South Bridge) pour processeurs Intel et AMD

Puce South Bridge	Support USB	Nombre de ports USB	Support ATA	Nombre de ports SATA	Niveaux RAID
SiS961	1.1	6	33/66/100	–	–
SiS961B	1.1	6	33/66/100/133	–	–
SiS962	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS962L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS963	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS963L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS964	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD
SiS964L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	–	–
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4	0, 1, 0+1, JBOD
SiS965L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4*	0, 1, 0+1, JBOD
SiS965L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD

* Prise en charge de deux ports AHCI.
HDA = *High Definition Audio.*
JBOD = *Just a Bunch Of Disk* (l'ensemble des disques constitue un seul disque virtuel).

Le Tableau 3.21 recense les puces Media I/O (South Bridge) de SiS.

Le Tableau 3.22 détaille les puces North Bridge de SiS qui prennent en charge les processeurs Pentium D double cœur ainsi que les processeurs Pentium 4 sur Socket 775.

Tableau 3.22 : Puces North Bridge de SiS pour Pentium D et Pentium 4 (Socket 775)

Chipset	SiS649	SiS649FX	SiS656	SiS656FX	SiS661FX
Vitesse de bus	800/533/400 MHz	1066 MHz	800/533/400 MHz	1066/800/533/ 400 MHz	800/533/400 MHz
Support Hyper-Threading	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR2 533/400 monocanal, DDR 400/222/266	DDR2 667 monocanal, DDR 400	DDR2 667/533/400 double canal	DDR2 667/533/400 double canal	DDR 400/222/266 monocanal
Parité/ECC	Aucune	Aucune	ECC	ECC	Aucune
Mémoire max.	2 Go	2 Go	4 Go	4 Go	3 Go
Compatibilité PCI	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits

Audio	Ethernet 10/100	Gigabit Ethernet	HomePNA 1.0/2.0	IEEE-1394	PCI-Express x1	Fréquence d'horloge MuTIOL
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Oui	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Oui	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.3, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	1 Go/s
AC'97 2.3, 5.1	Oui	Non	Oui	Non	Non	1 Go/s
AC'97, 7.1	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	1 Go/s
AC'97, 7.1	Oui	Non	Oui	Non	Oui	1 Go/s
AC'97, 7.1 HDA	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	1 Go/s
AC'97, 7.1 HDA	Oui	Non	Oui	Non	Oui	1 Go/s

Tableau 3.22 : Puces North Bridge de SiS pour Pentium D et Pentium 4 (Socket 775) (*suite*)

Chipset	SiS649	SiS649FX	SiS656	SiS656FX	SiS661FX
Connecteur vidéo	PCI-Express x16	PCI-Express x16	PCI-Express x16	PCI-Express x16	AGP 8×
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	Non	SiS Mirage Graphics 64 Mo
South Bridge	SiS965, 966	SiS965, 966	SiS965, 966	SiS965, 966	SiS964/964L
Vitesse MuTIOL	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s	1 Go/s

SiS650/651

Les chipsets SiS650 et 651 permettent aux constructeurs de Pentium 4 de créer des systèmes à bas prix avec vidéo intégrée, susceptibles d'être étendus par la suite avec des cartes vidéo AGP 4×. La vidéo intégrée supporte la lecture DVD en haute qualité et une passerelle optionnelle SiS301B pour sortie TV et écrans plats LCD-DVI.

Les deux chipsets offrent également la technologie MuTIOL de SiS pour la connexion des puces North et South Bridge par une autoroute de données rapide à trois couches (266 MHz/533 Mo/s de largeur de bande).

Les modèles 650 et 651 supportent tous deux des modules SDRAM et DDR SDRAM, le chipset 651 prenant également en charge les mémoires DDR333, le bus système en 533 MHz des plus récents processeurs Pentium 4 et l'Hyper-Threading dans sa version B-Stepping.

Le South Bridge SiS961 du chipset 650 supporte USB 1.1, ATA-100 (133 dans sa version 961B), l'audio six canaux AC'97 et intègre les fonctions réseau Ethernet/HomePNA/. Le 651 utilise également le tout récent South Bridge SiS96, avec ATA133 et USB 2.0.

SiS645/645DX

La famille 645 n'inclut pas les graphiques intégrés de la famille 650/651, mais pour le reste les deux séries sont semblables. Les 645 supportent les modules SDRAM et DDR SDRAM, AGP 4× et l'interface rapide North Bridge/South Bridge MuTIOL. Le 645DX prend également en charge les mémoires DDR333, le bus système en 533 MHz et la technologie HT des processeurs Pentium 4 les plus récents.

Les 645 et 645DX se fondent sur le South Bridge SiS961.

SiS648/648FX/655/655FX/655TX

Le chipset SiS648 est un développement sur la base du 645DX, avec les différences suivantes :

- supporte uniquement les mémoires DDR (jusqu'à DDR333);
- Slot AGP 8×;
- South Bridge SiS963 (USB 2.0, IEEE-1394a).

Le chipset 655 est essentiellement une version à double canal du 648, prenant en charge jusqu'à 4 Go de mémoire, exclusivement avec des DDR266/333.

Le SiS648FX se base sur le 648 avec une prise en charge du bus à 800 MHz du Pentium 4.

Le SiS655FX dérive du chipset SiS655 original avec les différences suivantes :

- support de la mémoire DDR400 double canal;
- prise en charge du bus à 800 MHz du Pentium 4;
- gestion de la technologie HyperStreaming de SiS, qui représente la méthode employée par SiS pour réduire la latence des données grâce à un pipeline amélioré et une décomposition des transactions;
- association avec le South Bridge SiS964 (huit ports USB 2.0, audio sur huit canaux, SATA, RAID).

Le SiS655TX se fonde sur le SiS655FX, mais utilise une technologie HyperStreaming avancée de deuxième génération.

SiS R658/R659

Le R658 est le premier chipset SiS à supporter les RDRAM Rambus. Ses autres caractéristiques sont :

- support des processeurs Pentium 4 avec 533 MHz et technologie HT (B-stepping uniquement);
- support double canal pour les RDRAM PC1066/PC800 (nécessite des paires de modules identiques);
- mémoire maximale de 4 Go;
- interface AGP 8×;
- interface MuTIOL 1G (fréquence d'horloge de 533 MHz offrant un taux de transfert de plus d'1 Go/s) avec le South Bridge SiS963.

Le R658 est essentiellement une version RDRAM du chipset 655 et, comme le 655, il fait appel au South Bridge SiS963.

Le R659 se base sur le R658, avec les différences suivantes :

- support du bus à 800 MHz pour le Pentium 4;
- technlogie HyperStreaming de SiS;
- RDRAM PC1200 à quatre canaux;
- South Bridge SiS964.

SiS661GX/SiS661FX

Le SiS661GX est un chipset intégré, dont voici les caractéristiques :

- support des processeurs Pentium 4, jusqu'au processeur à 533 MHz avec technologie HT;
- jusqu'à 2 Go de mémoire DDR400 (deux DIMM) ou 3 Go de DDR333/266 (trois DIMM);
- vidéo AGP 8×;
- composant SiS Mirage Graphics intégré (compatible avec DirectX 9 au niveau logiciel) avec support des écrans CRT, TV et LCD, accélération matérielle pour la lecture des DVD et mémoire partagée de 32 ou 64 Mo;
- South Bridge SiS964/964L.

Le SiS661FX est un chipset intégré semblable au SiS661GX, mais il prend en charge les processeurs Pentium D double cœur et les processeurs Pentium 4 à technologie HT et bus à 800 MHz.

SiS656/SiS656 FX

Le SiS656 est le premier chipset de SiS à gérer le PCI-Express et la mémoire DDR2. En cela, il est assez semblable à la famille des chipsets Intel 915 pour Pentium 4. Voici ses autres caractéristiques :

- support des processeurs Pentium 4 avec FSB jusqu'à 800 MHz, y compris le noyau Prescott et le Pentium D double cœur;
- mémoire DDR400/333 ou DDR2 double canal 533/400 MHz;
- mémoire maximale de 4 Go;

- mémoire ECC;
- PCI-Express x16;
- South Bridge SiS965/965L ou 966/966L.

Le SiS656FX se fonde sur le SiS656, mais il accepte une fréquence de FSB maximale de 1066 MHz.

SiS649/SiS649FX

Le SiS649 est une version monocanal du SiS656, dont voici les principales caractéristiques :

- support des processeurs Pentium 4 avec FSB jusqu'à 800 MHz, y compris le noyau Prescott et le Pentium D double cœur;
- mémoire double canal DDR400/333 ou DDR2 533/400 MHz;
- mémoire maximale de 2 Go;
- PCI-Express x16;
- South Bridge SiS965/965L ou 966/966L.

Le SiS649FX se fonde sur le SiS649, mais il accepte une fréquence de FSB maximale de 1066 MHz et prend en charge la mémoire DDR2 667 et DDR 400.

Chipsets ULi Electronics

ULi Electronics (anciennement ALi Corporation et Acer Laboratories, puis racheté par NVIDIA) a produit plusieurs chipsets pour Pentium 4 et Celeron 4. Le Tableaux 3.23 détaille ces chipsets, qui seront abordés dans les sections suivantes.

Tableau 3.24 : South Bridge ULi pour Pentium 4, Athlon XP et Athlon 64

Puce South Bridge	Support USB	Nombre de ports USB	Support ATA	SATA
M1535D	1.1	4	33/66	–
M1535D+	1.1	6	33/66/100/133	–
M1563*	2.0	6	66/100/133	–
M1567^	2.0	8	66/100/133	150 Mo/s
M1573^	2.0	8	66/100/133	150 Mo/s
M1575^	2.0	8	66/100/133	300 Mo/s

* Intègre aussi des interfaces pour Memory Stick et SD (*Secure Digital*) et prend en charge les processeurs Athlon 64/Opteron/Mobile Athlon 64.
^ Prend en charge les processeurs Pentium 4 et Athlon 64, ainsi que les puces North Bridge tierces, comme le Xpress 200 d'ATI.

Tableau 3.23 : Chipsets ULi pour Pentium 4

Chipset	ALADDIN-P4	M1681	M1683	M1685
Puce North Bridge	M1671	M1681	M1563	M1563
Vitesse de bus	400 MHz	400/533 MHz	800/533/400 MHz	800/533/400 MHz
Support Hyper-Threading	Non	Oui	Oui	Oui
SMP (double CPU)	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	PC100/133, DDR200 /266/333	PC100/133, DDR200 /266/333/400	PC133, DDR266/333 /400	DDR266/333/400, DDR2 400/533/667
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	3 Go	3 Go	4 Go	3,5 Go
Support PCI	2.2	2.3	2.3	2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Connecteur vidéo	AGP 4×	AGP 8×	AGP 8×	PCI-Express x16
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	Non
South Bridge	M1535	M1535	M1535	M1575
Liaison HyperTransport	N/A	400 Mo/s	400 Mo/s	80 Mo/s

* Supporte également les processeurs avec hyperthread.

Le Tableau 3.24 recense les puces South Bridge d'ULi employées dans les chipsets d'ULi pour le Pentium 4. Certaines de ces puces prennent également en charge les processeurs Athlon XP et Athlon 64 d'AMD.

RAID SATA	Audio	Soft Modem	Ethernet 10/100	Super E/S	PCI-Express
–	AC'97 stéréo	Oui	Non	Oui	Non
–	AC'97 six canaux	Oui	Non	Oui	Non
–	AC'97 six canaux, SPDIF	Oui	Oui	Oui	Non
–	canal 7.1 HDA	Oui	Oui	Oui	Oui
–	canal 7.1 HDA	Oui	Oui	Oui	Oui
0, 1, 0+1, 5, JBOD	canal 7.1 HDA	Oui	Oui	Oui	Oui

Aladdin P4 (M1671)

Le chipset Aladdin P4 est le premier chipset ULi compatible Pentium 4. Comme il utilise les mêmes puces South Bridge des séries M1535 que les anciens chipsets pour Pentium et Pentium II/III, le P4 est une solution traditionnelle de type North/South Bridge. Il repose sur la lente interface PCI (133 Mo/s) pour transporter les données entre les deux ponts.

Ses principales caractéristiques sont :

- bus système à 400 MHz;
- supports de mémoire PC100/133 et DDR200/266/333;
- support ATA 133 (en cas d'utilisation avec le South Bridge M1535D+) ;
- interface AGP 4×;
- port USB 1.1;
- gestion de l'alimentation ACPI.

Le P4 est également disponible en une version pour ordinateurs portables : ALADDIN-P4M, qui utilise le South Bridge D1535+.

M1681/M1683

Le chipset M1681 d'ULi utilise une connexion rapide directe HyperTransport entre les puces North et South Bridge, et non plus le bus PCI comme précédemment.

Ses principales caractéristiques sont :

- support de l'Hyper-Threading et du bus système en 533 MHz;
- support des mémoires DDR jusqu'à DDR400 et des SDRAM PC100/133;
- ATA-133;
- USB 2.0;
- interface AGP 8×;
- interfaces pour Memory Stick et SD (Secure Digital);
- gestion de l'alimentation ACPI;
- liens rapides HyperTransport entre North et South Bridge, avec une largeur de bande de plus de 400 Mo/s dans chaque direction (transfert total de 800 Mo/s);
- South Bridge M1563.

Le chipset M1683 se base sur le M1681, mais il accepte également un bus système à 800 MHz.

M1685

Bien que le chipset M1685 utilise un numéro dans la ligne de ceux des premiers chipsets ULi pour Pentium 4, il constitue un virage important par rapport à la génération M1681/M1683. Il s'agit du premier chipset d'ULi pour Pentium 4 à adopter le PCI-Express et la mémoire DDR2. Voici ses caractéristiques principales :

- support du bus système à 800 MHz ;
- support de l'Hyper-Threading ;
- mémoire DDR266/333/400 ou DDR2 ;
- connecteur vidéo PCI-Express x16 ;
- mémoire maximale de 3,5 Go ;
- South Bridge M1563, M1567 ou M1575.

Si, comme les derniers chipsets d'Intel et de SiS, le North Bridge M1685 prend en charge la mémoire DDR2 et les ports PCI-Express x16, son compagnon South Bridge M1653 n'affiche pas les mêmes caractéristiques pour les entrées/sorties, comme le SATA et le RAID ATA. Par conséquent, une carte mère équipée du couple M1685/M1563 n'acceptera pas les derniers modèles de disques durs, excepté si une carte d'extension hôte SATA y est enfichée. Certaines cartes mères basées sur le M1685 lui associent les nouveaux M1567 (SATA RAID) ou M1575 (SATA RAID à 300 Mo/s), qui sont plus performants que le M1563.

Chipsets ATI

Les chipsets ATI pour Pentium 4 intègrent les fonctions graphiques 3D de niveau Radeon VE, la lecture de DVD et des fonctions de double affichage avec une conception North Bridge et South Bridge à haute performance. ATI utilise son bus rapide A-Link pour connecter les puces North et South Bridge.

Les puces North Bridge Radeon IGP pour Pentium 4 sont :

- Radeon IGP 330 ;
- Radeon IGP 340.

La famille Radeon 9x00 IGP constitue la deuxième génération de chipsets ATI pour Pentium 4. Les puces North Bridge 9x00 IGP intègrent des fonctions graphiques Radeon de type 9200, avec une compatibilité DirectX 8.1 matérielle et la prise en charge de plusieurs moniteurs. La puce South Bridge IXP 300 correspondante gère le SATA et l'USB 2.0, ainsi que six canaux audio. Voici les membres de la famille Radeon 9x00 IGP :

- Radeon 9100 IGP ;
- Radeon 9100 Pro IGP ;
- Radeon 9000 Pro IGP.

Les modèles actuels d'ATI pour Pentium 4 sont le RC410 (avec puce graphique Radeon X300 3D) et le RS400 (avec puce graphique Radeon X300 3D et prise en charge des cartes vidéo PCI-Express x16). Ils sont tous deux vendus sous le nom Xpress 200. Même si ATI a déjà fabriqué des puces South Bridge par le passé, ses composants North Bridge actuels, les Radeon Xpress 200, peuvent être associés aux composants IXP 450 d'ATI ou M157x d'ULi.

Voici les puces South Bridge d'ATI :

- IXP 150;
- IXP 200;
- IXP 250;
- IXP 300;
- IXP 400;
- IXP 450.

Le Tableau 3.25 résume les principales caractéristiques des puces North Bridge et le Tableau 3.26 celles des puces South Bridge. Les chipsets Radeon IGP 330 et 340 n'ont jamais été vraiment utilisés dans les ordinateurs de bureau et sont aujourd'hui obsolètes.

Tableau 3.25 : Puces Radeon IGP (North Bridge) pour Pentium 4

Puce North Bridge	Radeon IGP 330	Radeon I GP 340	Radeon 9100 PRO[2] IGP	Radeon 9000 PRO IGP	Radeon Xpress 200 (RS 400)	Radeon Xpress 200 (RC 410)
Vitesse de bus	400 MHz	400/533 MHz	800/400/ 533 MHz	800/533/ 400 MHz	800/533/400 MHz	800/533/400 MHz
Support Hyper-Threading	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Types de mémoires	DDR200/266	DDR200/266 /333	DDR333/400 double canal	DDR333/400	DDR333/400, DDR2 400/533/667	DDR333/400, DDR2 400/533/667
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	1 Go	1 Go	4 Go	4 Go	4 Go	4 Go
Support PCI	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/ 32 bits	33 MHz/ 32 bits	33 MHz/ 32 bits	33 MHz/ 32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Slot AGP	4×	4×	8×	8×	Non	Non
PCI-Express x16	Non	Non	Non	Non	Oui	Non
Vidéo intégrée	Radeon VE[1]	Radeon VE[1]	Radeon 9200[3, 4]	Radeon 9200[3, 4]	Radeon X300	Radeon X300
Vitesse d'interconnexion NB/SB	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s
Type d'interconnexion NB/SB	A-Link	A-Link	A-Link	A-Link	HyperTransport	HyperTransport

1. Même noyau qu'ATI Radeon 7000, avec support du double affichage.
2. La version Pro affiche des performances AGP 8× améliorées, de meilleures performances mémoire et une compatibilité DDR400 améliorée.
3. Deux pipelines graphiques seulement. Le GPU Radeon 9200 indépendant en a quatre.
4. Prise en charge de l'ATI SurroundView, qui permet une configuration à trois écrans lorsqu'une carte graphique ATI double affichage est connectée au port AGP. Certaines cartes mères ne prennent pas en charge cette fonction.

Tableau 3.26 : Puces South Bridge ATI pour Pentium 4

Puce South Bridge	Support USB	Nombre de ports USB	Support ATA	Audio	Ethernet 10/100	Connexion HyperTransport
IXP 150	2.0	6	ATA100	AC'97 2.3, 6 canaux	3Com	A-Link
IXP 200/250[1]	2.0	6	ATA100	AC'97 2.3, 6 canaux	3Com	A-Link
IXP 300	2.0	6	ATA133, 2 SATA	AC'97 2.3, 6 canaux	3Com	A-Link
IXP 400 (SB400)	2.0	6	ATA133, 4 SATA	AC'97 2.3, 6 canaux	3Com	A-Link
IXP 450	2.0	6	ATA133, 4 SATA	AC'97 2.3, 8 canaux	Realtek 8101L	HyperTransport 800 MHz

1. IXP250 a les mêmes caractéristiques que l'IXP200, plus support de WOL (*Wake On Lan*), DMI (*Desktop Management Interface*), MBA (*Manage Boot Agent*) et le mécanisme ASF (*Alert Standards Forum*).

Chipsets VIA

Bien que VIA Technologies produise une série de chipsets pour Pentium 4, il ne dispose pas de licence d'Intel pour l'interface Socket 478. Les fabricants de cartes mères ne se sont donc pas précipités sur les chipsets de VIA, tant qu'un accord avec Intel n'était pas signé; ce fut chose faite en avril 2003. Auparavant, VIA utilisait sa VIA Platform Solutions Division (VPSD) pour produire des cartes mères compatibles Pentium 4 et vendues sous différentes marques. Grâce à son accord avec Intel, ses puces pour Pentium 4 sont à présent utilisées par la plupart des fabricants de cartes mères.

Les Tableaux 3.27 et 3.28 recensent les chipsets de VIA pour Pentium 4, y compris les modèles ProSavage avec partie graphique intégrée.

Tableau 3.27 : Chipsets VIA pour Pentium 4 (bus système jusqu'à 533 MHz)

Chipset	P4X266	P4X266A	P4X266E	P4M266	P4X400 (P4X333)	P4X400A	P4X533
Puce North Bridge	VT8753	VT8753A	VT8753E	VT8751	VT8754	VT8754CE	P4X533
Vitesse de bus	400 MHz	400 MHz	400/533 MHz	400 MHz	400/533 MHz	400/533 MHz	400/533 MHz
Compatibilité technologie HT	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
SMP (double CPU)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	PC100/133, DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266/333	DDR266/333/400	DDR200/266/333
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	ECC	ECC	ECC
Mémoire maximale	4 Go	4 Go	4 Go	4 Go	16 Go	16 Go	16 Go

Tableau 3.27 : Chipsets VIA pour Pentium 4 (bus système jusqu'à 533 MHz) (*suite*)

Chipset	P4X266	P4X266A	P4X266E	P4M266	P4X400 (P4X333)	P4X400A	P4X533
Support PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*
Slot AGP	4×	4×	4×	4×	8×	8×	8×
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	S3 Graphics ProSavage8 3D	Non	Non	Non
South Bridge	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A VT8235	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8235	VT8235	VT8237
Vitesse V-Link	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s

* Supporte PCI 66 MHz/64 bits si la puce optionnelle VPX-64 (VT8101) est employée.

Tableau 3.28 : Chipsets VIA pour Pentium 4 (bus système 800 MHz)

Chipset	PT800	PM800	P4M800Pro	PT880	PT880Ultra	PT894	PT894Pro
Puce North Bridge	PT800	PM800	P4M800 Pro	PT800	PT880 Ultra	PT894	PT894 Pro
Vitesse de bus	400/533/ 800 MHz	400/533/ 800 MHz	400/533/ 800 MHz	400/533/ 800 MHz	1066/800/533/ 400 MHz	1066/800/533/ 400 MHz	1066/800/533/ 400 MHz
Compatibilité technologie HT	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
SMP (double processeur)	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR266/333/ 400	DDR266/333/ 400	DDR266/333/ 4000, DDR2 533/400	DDR266/333/ 400 double canal	DDR266/333/ 400 double canal, DDR2 533/400	DDR266/333/ 400 double canal, DDR2 533/400	DDR266/333/ 400 double canal, DDR2 533/400
Parité/ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC	ECC
Mémoire max.	16 Go	16 Go	16 Go	16 Go	16 Go	16 Go	16 Go
Compatibilité PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*	33 MHz/ 32 bits*
Connecteur AGP	8×	8×	8×	8×	8×	Non	Non
Vidéo PCI-Express	Non	Non	Non	Non	x4	x16	x16, x4
Vidéo intégrée	Non	S3 UniChrome Pro#	S3 UniChrome Pro#	Non	Non	–	–

Tableau 3.28 : Chipsets VIA pour Pentium 4 (bus système 800 MHz) (*suite*)

Chipset	PT800	PM800	P4M800Pro	PT880	PT880Ultra	PT894	PT894Pro
Pro# Pro#							
South Bridge	VT8237	VT8237	VT8237R	VT8237	VT8237R	VT8237R	VT8237R
Vitesse V-Link	533 Mo/s	533 Mo/s	1066 Mo/s	1066 Mo/s	1066 Mo/s	1066 Mo/s	1066 Mo/s

* L'UniChrome Pro gère le mode double écran, un RAMDAC à 350 MHz, une lecture DVD améliorée et les graphiques 3D DirectX 7/8/9.
# Prend en charge le PCI 66 MHz/64 bits avec la puce facultative VPX-64 (VT8101).

Le Tableau 3.29 présente les principales caractéristiques des puces South Bridge de VIA utilisées dans les chipsets VIA pour Pentium 4. Il est à noter que les mêmes puces sont également utilisées par les chipsets VIA pour les processeurs Athlon d'AMD. Tous les chipsets utilisant des puces South Bridge emploient également l'interface rapide V-Link entre les puces North et South Bridge. Ces chipsets sont reliés au module Super E/S BVT1211 LPC (*Low Pin Count*) ou son équivalent pour prendre en charge les périphériques tels que les ports série et parallèle ou le lecteur de disquettes.

Tableau 3.29 : Puces South Bridge VIA pour Pentium 4

Puce South Bridge	Support USB	Nbre de ports USB	Support ATA	Support SATA	Support RAID	SATA PCI-Express	Audio	Ethernet 10/100	Home PNA	Taux de transfert AV-Link
VT8233	1.1	6	33/66/100	Non	–	Non	AC'97, 6 canaux[1]	Oui	Oui	266 Mo/s
VT8233A	1.1	6	33/66/100/133	Non	–	Non	AC'97, 6 canaux[1]	Oui	Non	266 Mo/s
VT8233C	1.1	6	33/66/100	Non	–	Non	AC'97, 6 canaux[1]	Oui[2]	Non	266 Mo/s
VT8235	2.0	6	33/66/100/133	Non	–	Non	AC'97, 5.1 canaux[1]	Oui	Non	533 Mo/s
VT8237R[5, 6]	2.0	8	33/66/100/133	SATA 150	0, 1[7]		AC'97, 5.1 canaux[1, 4]	Oui	Non	1066 Mo/s
VT8251	2.0	8	33/66/100/133	SATA 300[8]	0, 1, 0+1, 5	X2 ou x1x2	AC'97, 7.1 canaux	Oui	Non	1066 Mo/s

1. L'audio intégré nécessite une puce codec audio distincte sur la carte mère ; prend également en charge MC'97 Soft Modem.
2. 10/100 Ethernet 3Com.
3. 4 ports SATA avec l'interface SATALite facultative.
4. Audio 8 canaux (7.1) avec le contrôleur audio PCI VIA Envy 24PT.
5. Peut également être utilisé avec les puces North Bridge prenant en charge l'interconnexion à 533 Mo/s.
6. Connu initialement sous le nom VT8237.
7. Prise en charge du RAID 0+1 avec l'interface SATALite facultative.
8. Prise en charge de NCQ (*Native Command Queuing*).

VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) pour Pentium 4

Les puces North et South Bridge de VIA pour Pentium 4 supportent sa technologie V-MAP, qui permet aux concepteurs de cartes mères de passer rapidement à des versions plus avancées d'un chipset du fait de la similitude au niveau du brochage. Les puces North Bridge utilisées dans tous les chipsets VIA pour Pentium 4 sont toutes compatibles entre elles au niveau des broches, de même que les séries de puces South Bridge 8233/8235/8237.

Ainsi, les cartes mères utilisant ces chipsets peuvent être construites en une multitude de configurations. Tous ces chipsets supportent également la connexion rapide V-Link de VIA entre les puces North et South Bridge.

La famille VIA Apollo P4X266

Le VIA Apollo P4X266 est le premier chipset pour Pentium 4 et Celeron 4 supportant AGP 4×, 4 Go de RAM et le bus système en 400 MHz utilisé par les premiers Pentium 4/Celeron 4. Le P4X266A améliore l'interface mémoire et place en file d'attente un plus grand nombre d'instructions (jusqu'à 12) dans l'interface du bus de processeur pour réduire les temps de latence et améliorer les performances. Le P4X266E offre en plus la prise en charge du bus 533 MHz des processeurs Pentium 4 en 2,53 GHz (et plus). Il supporte également les séries VT8233 et VT8235 de puces South Bridge.

ProSavage P4M266

Le ProSavage P4M266 de VIA allie les fonctions d'accélération graphiques 2D/3D du S3 Graphics ProSavage8 aux fonctionnalités du chipset P4X266. Contrairement aux autres chipsets avec fonctions graphiques intégrées, le P4M266 conserve un slot AGP 4× pour permettre à l'utilisateur de passer dans le futur à AGP 4×, plus rapide.

Le noyau ProSavage8 utilise 32 Mo de RAM système pour son tampon, supporte la largeur de bande d'AGP 8× en interne, avec des chemins de données en 128 bits, et offre la technologie DVD DXVA Motion Compensation pour améliorer la qualité de lecture des DVD. De plus, il supporte tous les membres de la famille 8233 de puces South Bridge.

Apollo P4X400 et P4X400A et P4X533

Le chipset Apollo P4X400 est une version améliorée du P4X333, qui n'a connu qu'une courte durée de vie. Il est adapté aussi bien aux serveurs qu'aux stations de travail et aux ordinateurs de bureau grâce à son support de mémoire pouvant aller jusqu'à 32 Go de RAM et de la mémoire ECC. Il prend également en charge le bus système en 400 MHz et 533 MHz ainsi que les modules de mémoire DDR jusqu'à 333 MHz. Il fait appel à un South Bridge VT8235 et accepte les plus récents standards d'entrées/sorties (USB 2.0 et ATA-133).

Le chipset P4X400A offre des cadences améliorées. Il prend en charge les mémoires DDR400, les processeurs à technologie HT et utilise un South Bridge VT8235.

Le P4X533 est identique au P4X400A, mais son module South Bridge est un VT8237, avec support SATA et RAID. Il propose huit ports USB 2.0 et en option l'audio 7.1.

Les trois processeurs mettent en œuvre V-Link 8× (533 Mo/s) entre les puces North et South Bridge.

PT800/PM800/PT880/PM880

Les chipsets des séries PT8xx sont les premiers de VIA Technologies à prendre en charge les versions Pentium 4 à bus de processeur cadencé à 800 MHz. Ils font appel à des puces South Bridge VT8237 (huit ports USB 2.0, SATA, RAID et en option audio 7.1) ou au nouveau VT8251 (SATA 300 avec NCQ, RAID 5 et audio 7.1 intégré).

Les principales différences entre ces chipsets sont les suivantes :

- Le modèle PT800 utilise une mémoire DDR 400 monocanal et port vidéo AGP 8×, avec V-Link 8× (533 Mo/s).
- Le modèle PM800 ajoute aux fonctionnalités du PT800 l'IGP S3 Graphics Unichrome Pro.
- Le modèle PT880 est une version double canal du PT800 ; il utilise Ultra V-Link (1066 Mo/s).
- Le modèle PM880 ajoute l'IGP S3 Graphics Unichrome Pro aux fonctionnalités du PT880.

PT880 Ultra/PT894/PT894 Pro

Les chipsets PT880 Ultra, PT894 et PT894 Pro de VIA se fondent sur le modèle PT880, avec les différences suivantes :

- Ils prennent en charge la mémoire DDR2 jusqu'à 533 MHz, tout en restant compatibles avec la mémoire DDR.
- Le PT880 Ultra gère les ports graphiques de type AGP 8× et PCI-Express x4.
- Les PT894 et PT894 Pro remplacent l'AGP 8× par le PCI-Express x16 ; le PT894 Pro ajoute également le support du PCI-Express x4.
- Les PT894 et PT894 Pro acceptant un FSB de 1066 MHz.

Ils s'associent aux puces South Bridge VT8237R (huit ports USB 2.0, SATA, RAID et, en option, l'audio 7.1) ou aux plus récents VT8251 (SATA 300 avec NCQ, RAID 5 et audio 7.1 intégré).

Chipsets pour l'Athlon d'AMD

Les processeurs originaux Athlon d'AMD étaient des modèles Slot A. Les versions suivantes ont fait appel au Socket A, comme les processeurs Duron, les Athlon XP et quelques versions du Sempron. Malgré leur similitude avec les Pentium III et Celeron, les processeurs AMD utilisent une interface différente et nécessitent d'autres chipsets. Au départ, AMD était le seul fournisseur de chipsets Athlon mais VIA Technologies, ULi Electronics, SiS et NVIDIA proposent aujourd'hui eux aussi une vaste gamme de chipsets pour ces processeurs. Nous allons les passer en revue.

Chipsets AMD

AMD construit deux chipsets pour les processeurs Athlon et Duron : l'AMD-750 et l'AMD-760/MP/MPX. Le Tableau 3.30 est un comparatif des fonctionnalités de ces deux modèles. Nous y reviendrons en détail dans les sections suivantes.

Tableau 3.30 : Chipsets AMD Athlon/Duron en architecture North/South Bridge

Chipset	AMD-750	AMD-760
Nom de code	Irongate	Aucun
Date d'introduction	Août 1999	Octobre 2000
Code article	AMD-751	AMD-761
Vitesse bus	200 MHz	200/266 MHz
Processeurs supportés	Athlon/Duron	Athlon/Duron
SMP (double processeur)	Non	Oui
Type mémoire	SDRAM	SDRAM DDR
Vitesse mémoire	PC100	PC1600/PC2100
Parité/ECC	Les deux	Les deux
Maximum mémoire	768 Mo	2 Go en tampon, 4 Go enregistrés
Support PCI	2.2	2.2
Support AGP	AGP 2×	AGP 4×
South Bridge	AMD-756	AMD-766
Support ATA/IDE	ATA-66	ATA-100
Support USB	1C/4P	1C/4P
CMOS/Horloge	Oui	Oui
Support ISA	Oui	Non
Support LPC	Non	Oui
Gestion énergie	SMM/ACPI	SMM/ACPI

AGP = *Accelerated Graphics Port*, port graphique accéléré.
ATA = *AT Attachment (IDE) Interface*, interface de connexion AT.
ECC = *Error Correcting Code*, code de correction d'erreurs.
ISA = *Industry Standard Architecture*, architecture standard.
LPC = *Low Pin Count*, à petit nombre de broches.
PCI = *Peripheral Component Interconnect*, interconnexion de composants périphériques.
SMP = *Symmetric Multi-Processing*, multitraitement symétrique (double processeur).
SDRAM = *Synchronous Dynamic RAM*, RAM synchrone dynamique.
SDRAM DDR = *Double Data Rate SDRAM*, SDRAM à double débit de données.
USB = *Universal Serial Bus*, bus série universel.

AMD-750

Le premier chipset d'AMD pour ses propres processeurs Slot A et Socket A, appelé AMD-750, est un chipset traditionnel en architecture North/South Bridge conçu pour les modèles Athlon et Duron. Il est formé d'un North Bridge AMD-751 et d'un South Bridge AMD-756.

Le contrôleur système North Bridge AMD-751 connecte le bus de processeur Athlon au processeur et contient le contrôleur de mémoire, le contrôleur AGP 2× et le contrôleur de bus PCI. La puce South Bridge AMD-756 inclut un pont PCI-ISA, une interface de contrôleur USB et un contrôleur ATA 33/66.

Voici les principales caractéristiques de ce chipset :

- bus processeur AMD Athlon 200 MHz ;
- bus PCI 2.2 jusqu'à six maîtres ;
- AGP 2× ;
- SDRAM PC100 avec ECC ;
- mémoire jusqu'à 768 Mo ;
- gestion d'énergie ACPI ;
- support ATA 33/66 ;
- contrôleur USB ;
- support bus ISA ;
- RAM CMOS 256 octets intégré avec horloge ;
- contrôleur clavier/souris intégré.

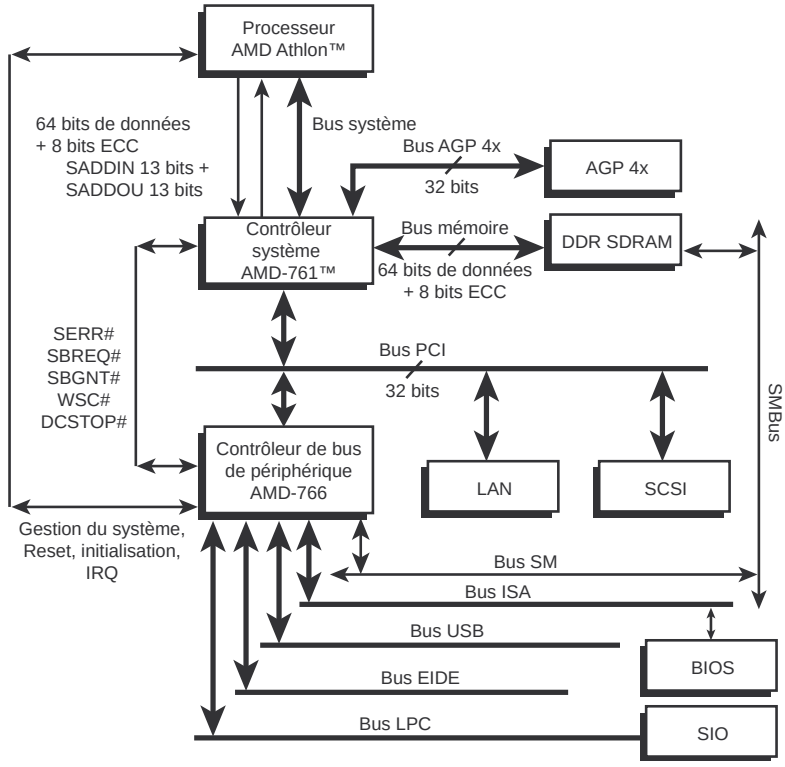
AMD-760

Le chipset AMD-760 a été introduit en octobre 2000, c'est le premier chipset d'AMD supportant la mémoire SDRAM DDR. Il se présente sous la forme d'un boîtier PBGA à 569 broches et est composé d'un contrôleur système North Bridge AMD-761 et d'un contrôleur de bus de périphérique AMD-766 (South Bridge) dans un boîtier PBGA à 272 broches. La Figure 3.18 présente le diagramme de bloc du 760.

La puce North Bridge AMD-761 comprend le bus de processeur Athlon, le contrôleur de mémoire SDRAM DDR avec support PC1600 et PC2100, le contrôleur AGP 4× et le contrôleur de bus PCI. Elle supporte les opérations de bus de processeur en 200 et 266 MHz ainsi que les nouveaux modules Athlon utilisant un FSB à 266 MHz.

La puce South Bridge AMD-766 inclut un contrôleur USB, deux interfaces UDMA/100 ATA/IDE et le bus LPC pour les nouveaux composants Super I/O et ROM BIOS.

Figure 3.18
Schéma du chipset AMD-760.



Voici les principales caractéristiques de ce chipset :

- bus processeur AMD Athlon 200/266 MHz ;
- support double processeur ;
- bus PCI 2.2 jusqu'à six maîtres ;
- interface AGP 2.0 supportant le mode 4× ;
- SDRAM DDR PC1600 ou PC2100 avec ECC ;
- mémoire SDRAM DDR d'un maximum de 2 Go en tampon ou 4 Go enregistrés ;
- gestion d'énergie ACPI ;
- support ATA 100 ;
- contrôleur USB ;
- bus LCP pour support Super I/O.

Le chipset AMD-760MP, qui utilise la puce North Bridge AMD-762, est un développement de l'AMD-760 de base prenant en charge les systèmes à double processeur Athlon MP. Il diffère du 760 standard par les caractéristiques suivantes :

- support de deux processeurs AMD Athlon MP avec des vitesses de bus de processeur de 200/266 MHz ;
- jusqu'à 4 Go de DDR PC2100 (modules enregistrés) ;
- support de slots PCI 33 MHz et 64 bits de largeur.

L'AMD-760MPX utilise la même puce North Bridge AMD-762 que l'AMD-760MP pour prendre en charge des processeurs Athlon MP multiples, mais il fait appel au contrôleur de bus de périphérique (South Bridge) AMD-768. Voici ce qui le distingue du 760MP :

- Le North Bridge AMD-762 est utilisé pour supporter deux connecteurs PCI 66 MHz 32/64 bits.
- Le South Bridge AMD-768 est utilisé pour supporter les connecteurs PCI 33 MHz/32 bits.

Le chipset 760MPX est un meilleur choix pour les serveurs car il prend en charge les connecteurs PCI 66 MHz et 64 bits, alors que le 760MP est la bonne solution pour les stations de travail.

Aucun de ces chipsets ne prend en charge USB 2.0, ATA-133 ou DDR333 (ou plus rapide). Si vous achetez un système de bureau Athlon, Duron ou Athlon XP, il est probable qu'il contienne un chipset fabriqué par un autre constructeur qu'AMD. Toutefois, les chipsets 760MP et 760MPX sont des choix courants pour des stations de travail ou des serveurs à base de processeurs AMD. Les sections suivantes abordent les chipsets conçus par d'autres constructeurs pour les processeurs Athlon, Duron et Athlon XP.

Chipsets VIA

VIA Technologies, Inc. est le plus grand fournisseur de chipsets et de processeurs, hormis Intel et AMD. Fondé en 1987, VIA est basé à Taipei (Taïwan). C'est la plus grande entreprise de conception de circuits intégrés de l'île. VIA est une entreprise sans usine, elle sous-traite l'ensemble de la fabrication. Si la réputation de VIA est principalement liée à ses chipsets, rappelons qu'en 1999 VIA a racheté la division des processeurs Cyrix à National Semiconductor et la division des processeurs Centaur d'IDT, devenant ainsi fournisseur de processeurs. VIA a également formé un joint-venture avec SONICblue (précédemment S3) pour intégrer les fonctions graphiques dans ses divers chipsets. Ce joint-venture est connu sous le nom de S3 Graphics, Inc.

VIA fabrique des chipsets pour les processeurs Intel, AMD et Cyrix (VIA). Le Tableau 3.31 liste les chipsets pour Athlon/Duron proposés par VIA en architecture North Bridge/South Bridge.

Plus récemment, VIA s'est converti à une architecture appelée V-Link, qui utilise une connexion dédiée rapide entre le North Bridge et le South Bridge. V-Link ressemble à l'architecture hub d'Intel, ainsi qu'aux architectures HyperTransport (employée par ALi, NVIDIA et ATI), MuTIOL (employée par SiS) et A-Link (employée par ATI). V-Link est également utilisée avec les chipsets Pentium 4 de VIA. Les Tableaux 3.32 et 3.33 recensent les chipsets V-Link, qui prennent également en charge V-MAP (*VIA Modular Architecture Platform*). Comme pour les chipsets Pentium 4 de VIA, V-MAP utilise un brochage identique pour plusieurs modèles de puces North Bridge et South

Tableau 3.31 : Chipsets VIA pour Athlon/Duron/Athlon XP en architecture North/South Bridge

Chipset	Apollo KX133	Apollo KT133	Apollo KT133A	Apollo KLE133	ProSavage KM133
Date de sortie	Août 99	Juin 00	Déc. 00	Mars 01	Sept. 00
North Bridge	VT8371	VT8363	VT8363A	VT8361	VT8365
Processeurs	Athlon	Athlon/Duron	Athlon/Duron	Athlon/Duron	Athlon/Duron
Interface processeur	Slot A	Socket A (462)	Socket A (462)	Socket A (462)	Socket A (462)
FSB processeur	200 MHz	200 MHz	200/266 MHz	200/266 MHz	200/266 MHz
AGP	4×	4×	4×	Non	4×
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	Oui	S3 Savage 4
PCI	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Type mémoire	SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM	SDRAM
Vitesse mémoire	PC133	PC133	PC100/133	PC100/133	PC100/133
Mémoire maximale	1,5 Go	1,5 Go	1,5 Go	1,5 Go	1,5 Go
South Bridge	VT82C686A	VT82C686A	VT82C686B	VT82C686B	VT8231
ATA/IDE	ATA-66	ATA-66	ATA-100	ATA-100	ATA-100
Ports USB	1C4P	1C4P	1C4P	1C4P	1C4P
Gestion d'énergie	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI	SMM/ACPI
Super-entrées/sorties	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
CMOS/Horloge	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Nombre de broches	552	552	552	552	552

Tableau 3.32 : Chipsets VIA pour Athlon XP/Duron utilisant l'architecture V-Link

Chipset	Apollo KT266	Apollo KT266A	Apollo KT333	ProSavage KM266
Puce North Bridge	VT8366	VT8633A	VT8753E	VT8375
Vitesse de bus	200/266 MHz	200/ 266 MHz	200/266/333 MHz	200/266 MHz
SMP (double CPU)	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	PC100/133, DDR200/266	PC100/133, DDR200/266	DDR200/266/333	PC100/133, DDR200/266
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	4 Go	4 Go	4 Go	4 Go
Support PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Slot AGP	4×	4×	4×	4×
Vidéo intégrée	Non	Non	Non	S3 Graphics ProSavage8 3D
South Bridge	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A	VT8233, VT8233C, VT8233A
Vitesse V-Link	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s	266 Mo/s
Nombre de broches	552	552	552	552

Bridge afin que les fournisseurs puissent réutiliser la conception d'une carte mère avec des chipsets plus élaborés lorsqu'ils existeront.

Ces deux types de chipsets sont présentés dans les sections suivantes.

Tableau 3.33 : Puces South Bridge VIA pour Athlon/Duron/Athlon XP

Puce South Bridge	Support USB	Nbre de ports USB	Support ATA	Audio	Ethernet 10/100	HomePNA	Taux de transfert V-Link (RAID SATA, broches)
VT8233	1.1	6	33/66/100	AC'97, 6 canaux[1]	Oui	Oui	266 Mo/s (376)
VT8233A	1.1	6	33/66/100/133	AC'97, 6 canaux[1]	Oui	Non	266 Mo/s (376)
VT8233C	1.1	6	33/66/100	AC'97, 6 canaux[1]	Oui[2]	Non	266 Mo/s (376)
VT8235CE	2.0	6	33/66/100/133	AC'97, 5.1 canaux[1]	Oui	Non	533 Mo/s (539)
VT8237R[6]	2.0	8	33/66/100/133	AC'97, 5.1 canaux[1, 5]	Oui	Non	1066 Mo/s (0, 1, JBOD[4], 539)

1. L'audio intégré nécessite une puce codec audio distincte sur la carte mère ; prend également en charge MC'97 Soft Modem.
2. 10/100 Ethernet 3Com.
3. 4 ports SATA avec l'interface SATALite facultative.
4. Prise en charge du RAID 0+1 avec l'interface SATALite facultative. JBOD (*Just a Bunch Of Disk*) signifie que l'ensemble des disques constitue un seul disque virtuel.
5. Audio 8 canaux (7.1) avec le contrôleur audio PCI VIA Envy 24PT facultatif.
6. Peut également être utilisée avec les puces North Bridge prenant en charge l'interconnexion à 1066 Mo/s (connue initialement sous le nom VT8237).

Apollo KT400	UniChrome KM400	Apollo KT400A	VIA KT600	KT880
VT8377	KM400	VT8377A	KT600	KT800
200/266/333 MHz	200/266/333 MHz	200/266/333 MHz	200/266/333 MHz	333/400 MHz
Non	Non	Non	Non	Non
DDR200/266/333	DDR200/266/333	DDR200/266/333/400	DDR200/266/333/400	DDR 333/400 double canal
Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
4 Go	4 Go	4 Go	4 Go	8 Go
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
8×	8×	8×	8×	8×
Non	S3 Graphics UniChrome	Non	Non	Non
VT8235	VT8235CE ou VT8237	VT8235CE ou VT8237	VT8237	VT8237
533 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s	533 Mo/s
664	552	664	664	806

VIA Technologies Apollo KX133

Le chipset VIA Apollo KX133 apporte les technologies AGP 4×, PC133, un FSB en 200 MHz et ATA-66 à la plate-forme des processeurs Athlon d'AMD, dépassant ainsi les performances du chipset 750 d'AMD. Il a été le premier chipset à prendre en charge AGP 4×.

En voici les principales caractéristiques :

- bus processeur à 200 MHz ;
- bus graphique AGP 4× ;
- mémoire SDRAM PC133 ;
- 2 Go de RAM au maximum ;
- support ATA-66 ;
- quatre ports USB ;
- lien AC'97 pour audio et modem ;
- contrôle matériel ;
- gestion de l'alimentation.

Le VIA Apollo KX133 est formé de deux puces : un contrôleur North Bridge VT8371 et un contrôleur South Bridge VT82C686A.

VIA Technologies Apollo KT133 et KT133A

Les chipsets VIA Apollo KT133 et KT133A sont conçus pour prendre en charge les processeurs AMD Athlon et Duron en Socket A (462). Basés sur le chipset antérieur KX133, les KT133 et KT133A en diffèrent essentiellement au niveau du support du Socket A (462).

Les KT133 et KT133A sont formés de deux puces : un contrôleur North Bridge VT8363 et un contrôleur South Bridge VT82C686A pour le KT133 ou un contrôleur North Bridge VT8363A et un contrôleur South Bridge VT82C686B pour le KT133A.

Les deux possèdent les caractéristiques standard suivants :

- processeurs Athlon/Duron sur Socket A (462) ;
- bus processeur (FSB) à 200 MHz ;
- AGP 4× ;
- 2 Go de RAM au maximum ;
- SDRAM PC100/PC133 MHz ;
- PCI 2.2 ;
- ATA-66 ;
- support USB ;
- audio AC'97 ;

- Super I/O intégré;
- contrôle matériel intégré;
- gestion de l'alimentation ACPI.

Le KT133A (avec North Bridge VT8363A et South Bridge VT82C686B) offre en plus :

- bus processeur (FSB) à 266 MHz;
- ATA-100.

Pro Savage KM133

Le chipset VIA Pro Savage KM133 associe les moteurs graphiques 2D et 3D des S3 Savage 4 et S3 Savage 2000 de S3 Graphics avec le chipset Apollo Pro KT133. Les caractéristiques principales de ce chipset sont les mêmes que celles du KT133, avec les adjonctions suivantes :

- architecture de mémoire partagée de 2 à 32 Mo intégrée à la vidéo Savage 4 3D et Savage 2000 2D;
- Z-Buffering, rendu 32 bits True Color, textures massives 2K par 2K, textures multiples, lissage sprite et autres fonctions 3D;
- support diffusion DVD, affichage DVI-LCD et sortie TV;
- compatibilité PCI 2.2.

Une interface AGP 4× optionnelle permet la mise à niveau de la vidéo AGP 4× par une carte. Ce chipset est formé de deux puces : un North Bridge VT8365 et un South Bridge VT8231. Le South Bridge VT8231 intègre Super I/O et l'interface LPC.

Apollo KT266 et KT266A

L'Apollo KT266 est le premier chipset VIA pour les systèmes à base d'Athlon à prendre en charge l'architecture système rapide V-Link de VIA. V-Link connecte la puce North Bridge VT8366 à 552 broches à la puce South Bridge VT8233 à 376 broches avec un chemin de données à 266 MHz, soit deux fois plus rapide que les traditionnelles connexions PCI.

Parmi les principales caractéristiques du KT266 : des vitesses de bus système de 200/266 MHz, des interfaces AGP 2×/4×, et jusqu'à 4 Go de SDRAM DDR DDR200/266 ou SDRAM PC100/133. Les autres fonctionnalités varient en fonction du module South Bridge (VT8233, VT8233A ou VT8233C) utilisé avec le VT8366.

Le KT266A est compatible au niveau du brochage avec le North Bridge du KT266 original. La puce VT8366A du KT266A inclut ce que VIA appelle la conception pilotée par les performances (*Performance Driven Design*) qui n'est nullement un terme technique, mais tout simplement une expression "marketing" désignant la fréquence de mémoire améliorée et la file d'attente des commandes plus profondes. Les fonctions de base du KT266A sont pour le reste analogues à celles du KT266.

ProSavage KM266

Le ProSavage KM266 combine les caractéristiques du KT266 avec le noyau graphique de l'accélérateur S3 Graphics ProSavage8 2D/3D. Contrairement à certains autres chipsets avec fonctions vidéo intégrées, le KM266 conserve un connecteur AGP 4× pour permettre aux utilisateurs une mise à jour en AGP 4× ultérieurement.

Le noyau ProSavage8 utilise 32 Mo de la RAM système pour son tampon, prend en charge en interne la largeur de bande AGP 8× avec des chemins de données en 128 bits et offre la technologie DVD DXVA Motion Compensation pour améliorer la qualité de lecture des DVD. Il supporte tous les membres de la famille de puces South Bridge VT8233 et dispose d'une connexion V-Link 4× à 266 Mo/s entre les puces North et South Bridge.

Apollo KT333

L'Apollo KT333 est un développement compatible au niveau du brochage du KT266A, avec en plus le support du bus système à 333 MHz, du bus mémoire à 333 MHz et des mémoires DDR333. Contrairement au KT266A, le KT333 ne prend pas en charge les mémoires PC100/133 mais utilise la même famille KT8233 de puces South Bridge.

Apollo KT400/KM400

L'Apollo KT400 est le premier chipset VIA pour processeur Athlon XP à offrir AGP 8× et une connexion V-Link de 533 Mo/s de deuxième génération pour le South Bridge. Il utilise le nouveau South Bridge VT8235, première puce de ce type fabriquée par VIA à supporter USB 2.0 et ATA-133.

La combinaison de vitesses d'affichage, de mémoire et de système, plus élevées ainsi que la connexion V-Link rapide font du KT400 le chipset Athlon XP le plus rapide.

Le KM400 offre les mêmes fonctionnalités de base que le KT400, mais y ajoute l'IGP Unichrome 2D/3D développée par S3 Graphics. Le KM400 peut être doté de la puce South Bridge VT8235CE ou de la puce haut de gamme VT8237 introduite par le KT400A (voir section suivante).

Apollo KT400A/KT600

Dans les précédentes séries "A" de chipsets VIA, le composant North Bridge était remplacé par une puce améliorée et le composant South Bridge était conservé. Néanmoins, le KT400A offre une nouvelle conception aussi bien au niveau du North Bridge (VT8377A) que du South Bridge (VT8237). En voici les principales caractéristiques :

- support du bus système jusqu'à 333 MHz;
- support de la mémoire DDR jusqu'à DDR400;
- jusqu'à 4 Go de mémoire;
- un tableau étendu de tampons de préchargement pour réduire les latences de mémoire et améliorer le débit (FastStream64);
- interface AGP 8×.

Certains fournisseurs de cartes mères utilisent l'ancienne puce South Bridge VT8235CE avec le North Bridge VT8377A. Cependant, en utilisant le South Bridge VT8237, KT400A offre en plus les fonctionnalités suivantes :

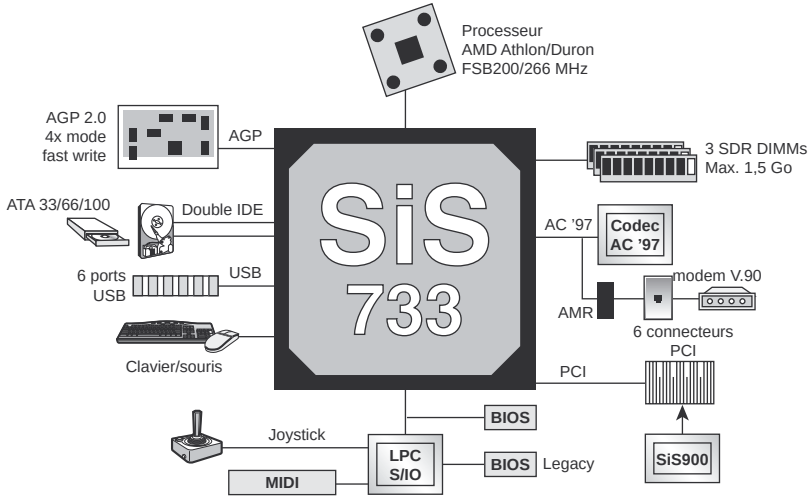
- audio intégré Surround AC'97 à six canaux;
- audio huit canaux en option;
- huit ports USB 2.0;
- modem MC'97 intégré;
- Ethernet 10/100 intégré;
- SATA;
- ATA RAID 0, 1 (0+1 avec l'interface SATAlite facultative de VIA pour deux ports SATA supplémentaires);
- ATA 33/66/100/133;
- gestion de l'alimentation ACPI/OnNow;
- Velocity Gigabit Ethernet facultatif de VIA (contrôleur PCI).

La technologie FastStream64 du KT400A permet au système une vitesse de transfert en mémoire de 3,2 Go/s sans nécessité d'un support de mémoire à double canal.

La Figure 3.19 illustre l'architecture du chipset KT400A (avec VT8237).

Figure 3.19

L'architecture du chipset KT400A.



Le KT600 est une version améliorée du couple KT400A/VT3237. Il ajoute la prise en charge des versions de l'Athlon XP avec un bus à 400 MHz. Même si quelques cartes mères associent le North

Bridge du KT600 avec le South Bridge VT8235CE plus ancien, la plupart des fabricants combinent le KT600 et le VT8237 pour offrir le SATA, SATA RAID et d'autres fonctionnalités avancées.

KT880

Le KT880 est le premier chipset double canal de VIA pour l'Athlon XP. La mémoire double canal permet au système d'atteindre des taux de transfert en mémoire très élevés. Voici les caractéristiques de ce chipset :

- support du bus système jusqu'à 400 MHz ;
- support de la mémoire DDR à double canal jusqu'à la DDR400 ;
- jusqu'à 8 Go de mémoire ;
- DualStream 64, le terme publicitaire de VIA pour désigner la combinaison de timings mémoire améliorés, d'une table de branchements plus vaste et des améliorations du protocole de préchargement des données et de la prévision de la marque de la mémoire ;
- interface AGP 8× ;

Tableau 3.34 : Chipsets SiS pour Athlon/Duron/Athlon XP

Chipset	SiS730S	SiS740	SiS733	SiS735
Vitesse de bus	200/266 MHz	266 MHz	200/266 MHz	200/266 MHz
SMP (double CPU)	Non	Non	Non	Non
Types de mémoires	PC133/SDRAM	DDR266/PC133	PC133	PC133/DDR266
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	1,5 Go	1,5 Go	1,5 Go	1,5 Go
Support PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Slot AGP	4×	Aucun	4×	4×
Vidéo intégrée	Oui[1]	Oui[2]	Non	Non
South Bridge	N/A[3]	Séries SiS96x	N/A[3]	N/A[3]
Vitesse MuTIOL	N/A	533 Mo/s	N/A	N/A
Support ATA	ATA-100	Variable[4]	ATA-100	ATA-100
Support USB	1.1/6 ports	Variable[4]	1.1/6 ports	1.1/6 ports
Support audio	AC'97	Variable[4]	AC'97	AC'97
Ethernet 10/100	Oui	Variable[4]	Non	Oui
IEEE-1394a	Non	Variable[4]	Non	Non

1. Accélérateur 2D/3D avec lecture DVD matérielle et en option, Video Bridge SiS301 vers TV et second moniteur.
2. Fonctions conformes DirectX 7, y compris deux pipelines de rendu de pixel et quatre unités de texture.
3. Conception en puce unique (combinant N/S Bridge).
4. Variable selon le module South Bridge MuTIOL utilisé.
5. Le chipset utilise la technologie HyperStreaming, une version améliorée de MuTIOL.

- audio six canaux Surround Sound AC'97 intégré, avec audio huit canaux en option;
- huit ports USB 2.0;
- modem MC'97 intégré;
- Ethernet 10/100 intégré;
- SATA et SATA RAID 0, 1 (0+1 avec l'interface SATAlite facultative de VIA pour deux ports SATA supplémentaires);
- ATA 33/66/100/133;
- gestion de l'alimentation ACPI/OnNow.

Chipsets SiS

SiS propose plusieurs chipsets pour les processeurs AMD Athlon, Duron et Athlon XP. Les Tableaux 3.34 et 3.35 présentent les divers modèles dont certains utilisent la conception en une puce unique propre à SiS et d'autres faisant appel à une conception rapide en deux puces semblables à celles des autres fabricants. Ces chipsets sont repris en détail dans les sections suivantes.

SiS745	SiS746	SiS746FX	SiS741GX	SiS748	SiS741
266 MHz	266 MHz	266/333 MHz	266/333 MHz	266/333/400 MHz	266/333/400 MHz
Non	Non	Non	Non	Non	Non
DDR266/333	DDR266/333	DDR266/333/400	DDR266/333	DDR266/333/400	DDR266/333/400
Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
3 Go	3 Go	3 Go	3 Go	3 Go	3 Go
2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	2.3
33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
4×	8×	8×	8×	8×	8×
Non	Non	Non	SiS Mirage Graphics	Non	SiS Mirage Graphics
N/A[3]	Séries SiS963	Séries SiS963	Séries SiS964	Séries SiS963	Séries SiS964
N/A	1 Go/s	1 Go/s[5]	1 Go/s[5]	1 Go/s[5]	1 Go/s[5]
ATA-100	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]
1.1/6 ports	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]
AC'97	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]
Non	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]
Oui	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]	Variable[4]

Tableau 3.35 : Puces South Bridge MuTIOL pour Athlon XP

Puce South Bridge	Support USB	Nombre de ports USB	Support ATA	Nombre de ports SATA	Niveaux RAID
SiS961	1.1	6	33/66/100	–	–
SiS961B	1.1	6	33/66/100/133	–	–
SiS962	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS962L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS963	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS963L	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	–	–
SiS964	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD
SiS964L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	–	–
SiS965	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	4	0, 1, 0+1, JBOD
SiS965L	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	2	0, 1, JBOD

JBOD (*Just a Bunch Of Disk*) signifie que l'ensemble des disques constitue un seul disque virtuel.

Connexion rapide SiS MuTIOL entre North Bridge et South Bridge

La série SiS96x de puces South Bridge utilise un bus rapide appelé MuTIOL pour établir la connexion avec les puces North Bridge compatibles. La version originale de MuTIOL (prise en charge par les séries SiS961 et 962) est une connexion en 266 MHz de 16 bits de large offrant une largeur de bande de 533 Mo/s, soit le double de l'architecture hub d'Intel employée par les chipsets des séries 800 d'Intel.

Les séries SiS963, 964 et 965 et les North Bridge correspondants utilisent une deuxième génération de MuTIOL appelée MuTIOL 1G, qui supporte une connexion en 533 MHz et 16 bits pour arriver à une largeur de bande dépassant 1 Go/s.

Connectées à un North Bridge SiS746FX, SiS741GX, SiS748 ou SiS741 et les modèles plus récents, les séries SiS963/964 utilisent un autre développement de MuTIOL, appelé *HyperStreaming*, qui intègre les quatre technologies suivantes pour accélérer encore les transferts de données :

- **Un flux unique avec une technologie de faible latence.** Améliore les performances de 5 à 43 % selon l'activité.
- **Des flux multiples avec technologie de pipelines et exécution concurrente.** Utilise des pipelines parallèles concurrents de données et le traitement simultané des données non séquentielles. Dans les opérations de copie de fichier, par exemple, les performances augmentent proportionnellement à la taille des fichiers.
- **Des flux spécifiques avec technologie de gestion des priorités des canaux.** Améliore la lecture de la musique et de la vidéo sur Internet ainsi que les applications telles que la téléphonie IP ou les vidéoconférences.
- **Technologie Smart Stream Flow.** Analyse les caractéristiques des diverses interfaces et augmente les performances.

Audio	Ethernet 10/100	Gigabit Ethernet	HomePNA 1.0/2.0	IEEE-1394	PCI-Express x1	Vitesse d'horloge MuTIOL
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Oui	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Oui	Non	533 Mo/s
AC'97 2.2, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	533 Mo/s
AC'97 2.3, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	1 Go/s
AC'97 2.3, 5.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Non	1 Go/s
AC'97, 7.1 canaux	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	1 Go/s
AC'97, 7.1 canaux	Oui	Non	Oui	Non	Oui	1 Go/s

SiS730S

Le chipset SiS730S est un modèle à hautes performances, à faible coût de production, se présentant sous forme d'une puce unique avec graphique 2D/3D intégré et support pour les versions Socket A des processeurs Athlon et Duron.

La vidéo intégrée est fondée sur une interface d'affichage graphique 128 bits avec performances AGP 4×. En plus d'une interface analogique standard pour les moniteurs CRT, le SiS730S offre également un port numérique (DFP) pour les écrans plats. Un pont vidéo optionnel SiS7301 supporte les sorties TV NTSC/PAL. Le SiS730S supporte un connecteur AGP 4× permettant à l'utilisateur une mise à niveau avec une carte AGP séparée dans le futur.

Ce chipset inclut un support 10/100 Mo Fast Ethernet intégré et une interface AC'97 comprenant un moteur numérique audio avec accélérateur 3D matériel, un convertisseur intégré de taux d'échantillonnage et une table d'ondes professionnelle avec contrôleur modem DMA séparé. Il contient également l'interface LPC pour connecter les nouvelles puces Super I/O et un contrôleur hôte USB double avec six ports. Avec un pont LPC-Isa en option, le SiS730S peut également être utilisé avec des connecteurs ISA.

En voici les principales caractéristiques :

- support pour les processeurs AMD Athlon/Duron avec bus système 200 MHz ;
- support SDRAM PC133 ;
- conforme à la spécification PC99 ;
- compatible PCI 2.2 ;

- quatre maîtres PCI;
- support Ultra-DMA100;
- accélérateur graphique AGP 2× 2D/3D vidéo intégré;
- support écran plat;
- décodage DVD matériel;
- contrôleur CRT secondaire intégré pour sorties numériques indépendantes CRT, LCD ou TV;
- interface LPC;
- Advanced PCI H/W Audio (conforme à SoundBlaster 16 et DirectSound 3D) et Modem;
- compatible ACPI 1.0 et APM 1.2;
- interface de gestion d'énergie du bus PCI version 1.0;
- contrôleur clavier/souris intégré;
- contrôleur USB double avec six ports;
- contrôleur intégré Ethernet 10/100 Mo/s.

SiS733 et SiS735

Il s'agit de chipsets à hautes performances à une seule puce supportant les processeurs Socket A Athlon et Duron d'AMD. Comme les autres chipsets SiS, les modèles SiS733 et SiS735 intègrent les fonctionnalités traditionnelles North Bridge, South Bridge et Super I/O en une seule puce.

Le chipset SiS733 supporte les mémoires SDRAM PC133 et se présente sous la forme d'un boîtier BGA à 682 broches. Le chipset SiS735 supporte les mémoires SDRAM PC133 ou DDR266 et intègre des interfaces 10/100 Fast Ethernet et HomePNA 1 Mo/s/10 Mo/s. Le chipset SiS735 utilise également un boîtier BGA à 682 broches.

Voici les caractéristiques communes aux deux modèles :

- support AGP 4×;
- jusqu'à six maîtres PCI;
- adaptateurs hôtes doubles UDMA/100 IDE;
- RAM maximale 1,5 Go;
- six ports USB;
- support AC'97 audio et AMR;
- RTC intégré;
- interface LPC pour support MIDI, joystick et périphériques BIOS anciens;
- compatible PC2001.

SiS740

Le SiS740 est un module double offrant une solution de vidéo intégrée rapide pour les processeurs de la classe Athlon. Les puces North et South Bridge sont reliées par une connexion rapide MuTIOL pour le transfert des données. En voici les principales caractéristiques :

- noyau graphique intégré Real256 2D/3D avec compatibilité totale DirectX 7;
- jusqu'à 128 Mo de mémoire partagée;
- lecture DVD matérielle;
- support de mémoire DDR266.

Il est conçu pour les puces South Bridge des séries SiS961 ou 962.

SiS745

Le SiS745 est la première solution à puce unique pour intégrer IEEE-1394a (FireWire) comme composant d'entrées/sorties. Il est conçu pour offrir des performances élevées. En voici les principales caractéristiques :

- support de mémoire DDR266/333 jusqu'à 3 Go;
- support du processeur Athlon XP ainsi que des modèles plus anciens;
- six ports USB 1.1;
- trois ports IEEE-1394a;
- interfaces souris, clavier, disquette, MIDI et joystick;
- ATA-100;
- support audio AC'97 et AMR (*Audio Modem Riser*) pour modem logiciel V.90.

SiS746 et SiS746FX

Le SiS746 est le premier chipset compatible Athlon/Duron/Athlon XP à proposer une interface AGP 8×. Il s'agit d'une conception en deux puces, conçue pour la connexion avec les South Bridge des séries SiS963.

Parmi ses principales caractéristiques :

- bus système à 266 MHz;
- support de mémoires DDR266/333;
- interface AGP 8×;
- connexion MuTIOL de deuxième génération avec le South Bridge (1 Go/s);
- South Bridge SiS963 ou SiS963L.

Le module South Bridge SiS963L ajoute les fonctionnalités suivantes : support ATA-133, six ports USB 2.0, audio AC'97b à six canaux et une interface MII pour HomePNA ou Ethernet 10/100.

Le South Bridge SiS963 ajoute le support d'IEEE-12394a (FireWire).

Le North Bridge SiS746FX est une version étendue du SiS746, ajoutant le support du bus système à 333 MHz et de la mémoire DDR400. Il utilise également les séries SiS963 des puces South Bridge, ainsi que la technologie HyperStreaming de SiS pour réduire la latence dans l'interface MuTIOL.

SiS748

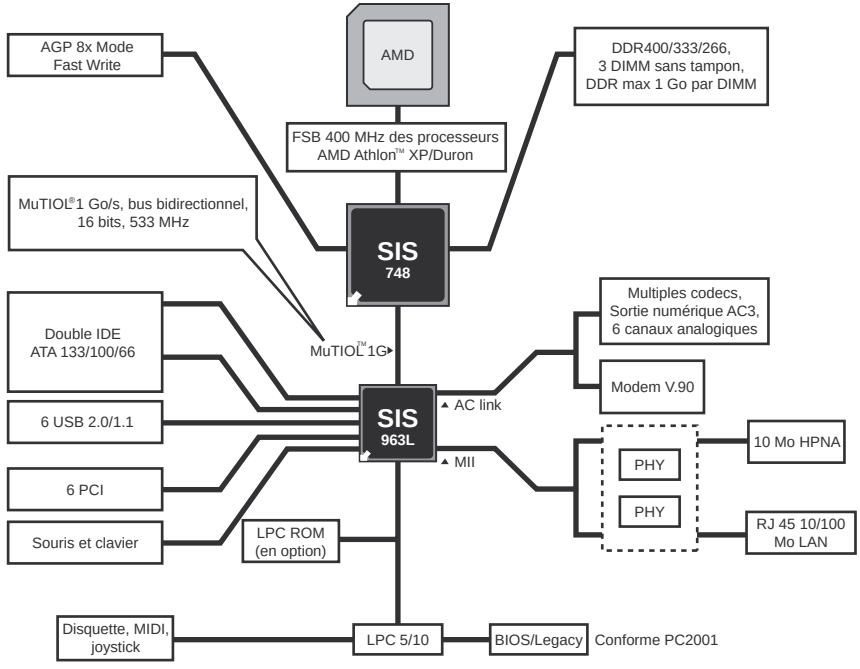
Comme le SiS746FX, le SiS748 utilise les puces South Bridge SiS963, mais il fait appel à la toute récente technologie HyperStreaming pour une connexion plus rapide et plus intelligente entre les puces. Parmi ses principales caractéristiques :

- bus système jusqu'à 400 MHz ;
- support des mémoires DDR266/333/400 ;
- interface AGP 8×.

La Figure 3.20 illustre l'architecture système du chipset SiS748 avec une puce South Bridge SiS963L. Si la puce SiS963 est utilisée à la place de la puce SiS963L, trois ports IEEE-1394a sont également disponibles.

Figure 3.20

L'architecture du chipset SiS748 avec South Bridge SiS963L.



SiS741/741GX

Le chipset SiS741 intègre le composant graphique SiS Mirage Graphics. Ses autres caractéristiques sont semblables à celles du SiS748. En voici les principales :

- bus système jusqu'à 400 MHz;
- support des mémoires DDR400;
- jusqu'à 3 Go de mémoire;
- interface AGP 8×;
- SiS Mirage Graphics intégré, compatible DirectX 8.1 et 32 ou 63 Mo de mémoire partagée;
- South Bridge des famillles SiS963 ou 964.

Le SiS741GX intègre également le composant SiS Mirage Graphics. Ses autres caractéristiques sont semblables à celles du SiS746FX, mais il est généralement combiné au South Bridge SiS964, ce qui lui confère les caractéristiques supplémentaires suivantes :

- SATA (deux ports, 964 uniquement);
- SATA RAID (964 uniquement);
- PCI version 2.3;
- jusqu'à huit ports USB 2.0.

Chipsets ULi (ALiMagik1)

ALi Corporation (aujourd'hui ULi Electronics) n'a créé qu'un seul chipset pour les processeurs AMD Athlon et Duron : le modèle ALiMagik1.

Le chipset ALiMagik1 est formé de deux puces utilisant le Super North Bridge M1647 et le South Bridge M1535D+ (utilisé également pour les Pentium III/Celeron). Le Super North Bridge M1647 est un boîtier BGA à 528 broches.

Le Super North Bridge M1647 supporte la mémoire SDRAM ou SDRAM DDR en 200 et 266 MHz, jusqu'à 3 Go de mémoire mais pas ECC. Le timing de la mémoire est X-1-1-1-1-1-1-1 en lecture SDRAM dos à dos. Comme cette puce accepte à la fois les modules SDRAM et SDRAM DDR, les constructeurs peuvent ainsi utiliser le même chipset pour les deux types de mémoires.

Le Super North Bridge M1647 supporte la vidéo AGP 4×, le PCI 2.2, jusqu'à six maîtres PCI derrière le pont North Bridge et PCI, la gestion d'énergie ACPI et Legacy Green, ainsi que PCI Mobile CLKRUN# et AGP Mobile BUSY#STOP#.

Combiné avec la puce South Bridge M1535+, le chipset est appelé MobileMagik1 et est utilisable sur les portables basés sur Athlon ou Duron.

Puisque ce chipset, contrairement aux autres compatibles avec la mémoire DDR, utilise une connexion *via* le traditionnel bus PCI à 133 Mo/s, ses performances sont parmi les plus faibles du marché. Il est désormais obsolète.

Chipsets NVIDIA nForce

NVIDIA, célèbre pour sa gamme GeForce de chipsets graphiques, est devenu un fabricant reconnu de chipsets pour les processeurs AMD Athlon/Duron/Athlon XP avec ses familles nForce et nForce2.

Les fonctionnalités avancées de la série nForce sont :

- Le lien HyperTransport à 400 Mo/s entre les composants du chipset. nForce est le premier chipset pour PC à employer la technologie HyperTransport.
- Le contrôleur de mémoire double canal pour permettre des accès à grande vitesse à la mémoire lorsque des paires de mémoires identiques sont utilisées. Utilise des contrôleurs de mémoire 64 bits indépendants.
- Les composants matériels nView multiaffichage (chipset 420 avec vidéo intégrée) supportent le double affichage avec vidéo intégrée.
- L'interface AGP 4×.
- Le préprocesseur dynamique adaptatif et spéculatif (DASP) pour réduire les temps de latence et améliorer le préchargement des données.

Tableau 3.36 : Puces IGP/SPP (North Bridge) nForce/nForce2

Chipset	nForce 420	nForce 425	nForce2 IGP
Vitesse de bus	200/266 MHz	200/266 MHz	200/266/333 MHz
SMP (double CPU)	Non	Non	Non
Types de mémoires	DDR200/266 MHz, PC100/133	DDR200/266 MHz, PC100/133	DDR200/266/333/400[1]
Parité/ECC	Aucune	Aucune	Aucune
Mémoire maximale	4 Go	4 Go	3 Go
Mode double canal	Oui[2]	Oui[2]	Oui
Support PCI	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
Slot AGP	4×	4×	8×
Vidéo intégrée	GeForce2 MX	Non	GeForce4 MX
Vitesse HyperTransport	400 Mo/s	400 Mo/s	800 Mo/s
Puce South Bridge	nForce MCP, MCP-D	nForce MCP, MCP-D	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP

1. Nécessite une carte AGP externe pour le support des mémoires DDR400.
2. Utilisez exclusivement deux modules de mémoire identiques pour permettre ce mode.

- L'architecture StreamThru pour améliorer les transferts de données isochrones (dépendant du temps) pour le travail en réseau et les communications à large bande au travers du port Ethernet 10/100 intégré au chipset.
- La vidéo GeForce 2 MX intégrée (chipset 420 avec vidéo intégrée) supportant les écrans plats DVI LCD.
- Un véritable traitement audio matériel avec support de l'audio Dolby Digital 5.1 (AC-3) [chipset SoundStorm].

Parmi les plus de nForce2 par rapport au chipset nForce :

- Une connexion HyperTransport à 800 Mo/s ;
- un contrôleur de mémoire double canal DualDDR amélioré, supportant des mémoires jusqu'à DDR400 et permettant des opérations en double canal avec deux ou trois DIMM ;
- un support optionnel IEEE-1394a ;
- une vidéo intégrée GeForce4 MX en option ;
- une interface AGP 8×.

Le Tableau 3.36 est un panorama des puces North Bridge des familles nForce et nForce2. Le Tableau 3.37 détaille les puces South Bridge nForce/nForce2. Le nForce est le descendant du chipset personnalisé que NVIDIA a créé pour la console de jeu Microsoft XBox.

nForce2 SPP	nForce2 400	nForce2Ultra 400	nForce2Ultra 400R	nForce2Ultra 400 Gb
200/266 MHz	200/266/333/400 MHz	200/266/333/400 MHz	200/266/333/400 MHz	200/266/333/400 MHz
Non	Non	Non	Non	Non
DDR200/266/333/400[1]	DDR200/266/333/400[1]	DDR200/266/333/400[1]	DDR200/266/333/400[1]	DDR200/266/333/400[1]
Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
3 Go	3 Go	3 Go	3 Go	3 Go
Oui	Non	Oui	Oui	Oui
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits	33 MHz/32 bits
8×	8×	8×	8×	8×
Non	Non	Non	Non	Non
800 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s
nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce2 MCP, MCP-T, Gigabit MCP	nForce	nForce2 Gigabit MCP

Tableau 3.37 : Puces MCP (South Bridge) nForce/nForce2

Puce South Bridge	Support USB	Nombre de ports USB	Support ATA	Support SATA	Support RAID ATA/SATA
nForce MCP	1.1	6	33/66/100	Non	Non
nForce MCP-D[1]	1.1	6	33/66/100		Non
nForce2 MCP	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	Non	Non
nForce2 MCP-T[1]	1.1, 2.0	6	33/66/100/133	Non	Non
nForce2 Gigabit MCP	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	Oui	Oui
nForce2 RAID MCP	1.1, 2.0	8	33/66/100/133	Oui	Oui

1. Appelé aussi NVIDIA SoundStorm.
2. Supporte également HomePNA.

Les puces North Bridge nForce avec graphique intégré sont appelées IGP (*Integrated Graphics Processor*), alors que celles qui nécessitent une vidéo AGP distincte sont appelées SPP (*System Platform Processor*). Toutes les puces South Bridge sont appelées processeurs de média et de communication (MCP ou *Media and Communication Processor*). Les puces IGP/SPP et MCP communiquent par une connexion HyperTransport en 800 Mo/s.

La combinaison des contrôleurs de mémoire avancés, du préchargement, de la connexion rapide HyperTransport et du traitement audio matériel des puces MCP-D et MCP-T font de la deuxième génération des chipsets nForce2 des produits parmi les plus rapides pour les processeurs Athlon XP. Les nouvelles puces Gigabit MCP et RAID MCP apportent huit ports USB 2.0 et la prise en charge du RAID SATA/ATA. Le Gigabit MCP est la première puce nForce2 MCP à proposer le Gigabit Ethernet.

La Figure 3.21 montre l'architecture de la combinaison nForce2 IGP et MCP-T, qui offre la plus grande souplesse. Si le North Bridge SPP est utilisé en lieu et place du module IGP, il n'y a pas de vidéo intégrée. Si le South Bridge MCP est utilisé à la place du module MCP-T, il n'y a pas d'IEEE-1394a, d'audio Dolby Digital ni de doubles ports réseau.

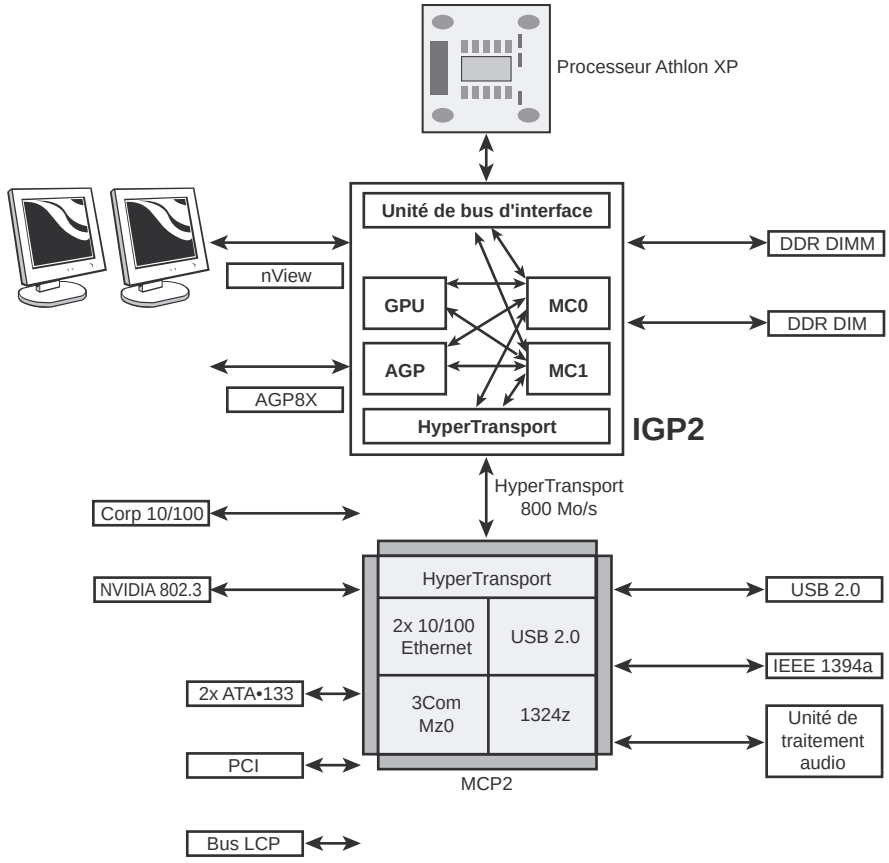
Chipsets IGP ATI Radeon

La famille ATI de chipsets pour les processeurs Athlon intègre les fonctions graphiques 3D Radeon VE-Level, la lecture DVD et des fonctions de double affichage avec des conceptions North et South Bridge à hautes performances. ATI utilise son bus rapide A-Link pour connecter les puces North et South Bridge, mais supporte également les connexions à des puces South Bridge d'autres constructeurs *via* le bus PCI. Ainsi, les concepteurs de systèmes peuvent créer des solutions entièrement ATI ou des solutions mixtes. Beaucoup des premiers systèmes à base d'IGP Radeon utilisaient des puces South Bridge ALi ou VIA.

Audio	Ethernet 10/100[2]	Gigabit Ethernet	IEEE-1394	Pare-feu matériel	Utilisé avec
AC'97, 5.1 canal	Oui	Non	Non	Non	nForce IGP, SPP
AC'97, 5.1 canal	Oui	Non	Non	Non	nForce IGP, SPP
AC'97, 6 canaux, 20 bits, sortie SPDIF	Oui	Non	Non	Non	nForce2 IGP, SPP, 400, Ultra 400
Toutes les fonctions du MCP, plus unité de traitement audio, Dolby Digital 5.1 et audio 3D DirectX 8	Double NVIDIA et 3Com	Non	Oui	Non	nForce2 IGP, SPP, 400, Ultra 400
AC'97, 6 canaux, 20 bits, sortie SPDIF	Oui	Oui	Non	Oui	nForce2 Ultra 400 Gb
AC'97, 6 canaux, 20 bits, sortie SPDIF	Oui	Non	Non	Non	nForce2 Ultra 400R

Figure 3.21

L'architecture du chipset NVIDIA nForce2 IGP/MCP2.



Les puces North Bridge IGP Radeon pour la série Athlon incluent le Radeon IGP 320. Pour créer une solution entièrement ATI, il est possible que l'IGP 320 s'adapte aux autres puces South Bridge d'ATI : les IXP 200 et IXP 250. Les deux modules prennent en charge six ports USB 2.0 et ATA33/66/100.

Le Tableau 3.38 résume les principales caractéristiques de l'IGP 320 et le Tableau 3.39 celles des IXP 200 et 250.

Tableau 3.38 : Puce IGP (North Bridge) Radeon pour Athlon

Puce North Bridge	Radeon IGP 320
Vitesse de bus	200/266 MHz
SMP (double CPU)	Non
Types de mémoires	DDR200/266
Parité/ECC	Aucune
Mémoire maximale	1 Go
Support PCI	2.2
Vitesse/largeur PCI	33 MHz/32 bits
Slot AGP	4×
Vidéo intégrée	Radeon VE*
Vitesse A-Link	266 Mo/s

* Même noyau qu'ATI Radeon 7000, avec support du double affichage.

Tableau 3.39 : Puces South Bridge ATI

Puce South Bridge	IXP 200/250*
Support USB	6 ports USB 2.0
Support ATA	AYA 100
Support audio	AC'97, S/PDIF
Ethernet LAN	3Com 10/100
Super E/S	Oui
Interconnexion à grande vitesse	A-Link

* Le module IXP 250 a les mêmes caractéristiques que l'IXP 200, mais il supporte en plus WOL (*Wake On Lan*), DMI (*Desktop Management Interface*), MBA (Manage *Boot Agent*) et le mécanisme ASF (*Alert Standards Forum*).

Chipsets Intel pour stations de travail

Intel a développé plusieurs chipsets pour les stations de travail basées sur les processeurs Pentium 4 et Xeon. Les sections suivantes en détaillent les fonctionnalités. Le Tableau 3.40 est une référence rapide de leurs caractéristiques.

Tableau 3.40 : Les chipsets pour stations de travail

Chipset	860	E7205	E7505	E7525
Nom de code	Colusa	Granite Bay	Placer	Tumwater
Date de lancement	Mai 2001	Déc. 2002	Déc. 2002	2004
Numéro de pièce détachée	82860	E7205	E7505	E7525
Vitesse de bus	400 MHz	533/400 MHz	533/400 MHz	800 MHz
Processeur pris en charge	Xeon	Pentium 4[5]	Xeon 533 MHz FSB et 512 Mo de cache L2[5]	Xeon 800 MHz FSB
SMP (double processeur)	Oui (2)	Non	Oui (2)	Oui (2)
Types de mémoires	4 RDRAM PC800[1]	SDRAM DDR200/266 (sans tampon)	DDR200/266 (double canal)	DDR333 ou DDR2 400 (double canal)
Parité/ECC	Les deux	Les deux	Les deux	Les deux
Mémoire maximale	4 Go (avec deux puces MPHP)	4 Go	16 Go	16 Go
Bancs de mémoire	Jusqu'à 43	Jusqu'à 4	Jusqu'à 6 (mémoire enregistrée) ou 4 (sans tampon)	Jusqu'à 8
Compatibilité PCI	2.2	2.2	2.2	2.2
Vitesse/largeur PCI	32 bits/33 MHz[2]	32 bits/33 MHz	32 bits/33 MHz[4]	32 bits/33 MHz[6]
Connecteur vidéo	AGP 4×/2×	AGP8× -1×	AGP8× -1×	PCI-Express x16
Vidéo intégrée	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune
South Bridge (hub)	ICH2	ICH4	ICH4	ICH5R ou 6300ESB[7]

1. Jusqu'à huit sur une carte mère avec puces MRHR.
2. 64 bits 33/66 MHz sur les cartes mères avec puces P64H.
3. Deux bancs si une puce MRHR est présente.
4. 64 bits 33/66 MHz et PCI-X sur les cartes mères avec puces P64H.
5. Support de la technologie HT.
6. 64 bits 33/66 MHz et PCI-X sur les cartes mères avec puces 6700PXH.
7. Le 6300ESB inclut deux adaptateurs RAID SATA 0 et 1, quatre ports USB 2.0 et un bus PCI-X 64 bits/66 MHz avec prise en charge jusqu'à quatre interfaces PCI-X 64/66.

Intel 860

L'Intel 860 est un chipset à haute performance conçu pour les processeurs Xeon en Socket 602 (à base de Pentium 4) destiné aux stations de travail à biprocesseurs. Le 860 utilise le même ICH2 que le modèle 850, mais avec un MCH différent : le 85860, qui supporte un ou deux processeurs Xeon sur Sockets 602 ("Foster"). Les autres principales caractéristiques du 82860 sont identiques à celles du 85850, notamment le support pour des canaux doubles de mémoire RDRAM en 400 MHz avec une largeur de bande de 3,2 Go/s et un bus système en 100 MHz. Le 82860 MCH prend également en charge les cartes vidéo 1,5 V AGP 4× avec une largeur de bande de plus d'1 Go/s.

Le chipset 860 est de conception modulaire, dans laquelle les deux puces noyaux peuvent être complétées par le hub contrôleur 82860AA (P64H) en 66 MHz et le 82803AA MRHR. Le 82860AA soutient les connecteurs PCI 64 bits en 33 ou 66 MHz et le 82803AA dédouble chaque canal de mémoire RDRAM, d'où un doublement de la capacité mémoire. Ainsi, une carte mère à base de 860 proposera des connecteurs PCI 64 bits en 33 ou 66 MHz et une mémoire RDRAM double canal si ces puces supplémentaires sont en place.

Intel E7205

Le chipset Intel E7205, appelé Granite Bay au cours de son développement, est conçu pour prendre en charge les stations de travail et les applications à hautes performances pour PC. Il supporte des modules de mémoire SDRAM DDR200/266 avec une vitesse de bus système allant jusqu'à 533 MHz. Il fait appel au hub contrôleur d'entrée/sortie ICH4, comme certaines versions du chipset 845. Néanmoins, le E7205 supporte des mémoires avec ECC et contrôle de parité pour une fiabilité accrue, ainsi que toutes les vitesses standard d'AGP, de 1× à 8×, avec un connecteur AGP Pro (les versions non standard en 3,5 V proposées par certains fabricants tels que 3dfx ne fonctionnent pas). Il prend également en charge l'Hyper-Threading pour les processeurs Pentium 4 en 3,06 GHz ou plus.

Intel E7505

Le chipset E7505, nom de code Placer durant le développement, est d'une certaine manière une version mise à jour du chipset 860, avec en complément un support pour des processeurs plus rapides et des matériels plus avancés.

Le E7505 prend en charge le bus système jusqu'à 533 MHz pour s'adapter aux processeurs Xeon uniques ou doubles avec FSB 533 MHz et cache L2 de 512 Ko. Il supporte également la technologie HT de ces processeurs, des paires de mémoire DDR200/266 jusqu'à 16 Go au total, soit quatre fois plus que le Z7205 et le 860. Il sait travailler avec six modules de mémoire enregistrée ou quatre modules de mémoire sans tampon et avec ECC. Sa technologie Intel SDDC 4× (*Single Device Data Correction*) sait corriger jusqu'à quatre erreurs par module de mémoire pour une meilleure fiabilité.

Son connecteur AGP Pro supporte toutes les vitesses d'AGP de 1× à 8× (sauf les versions non standard en 3,5 V proposées par certains fabricants tels que 3dfx). Il fait appel à un hub contrôleur d'entrées/sorties ICH4. Pour la prise en charge de PCI en 66 MHz/864 bits ou PCI-X 133 MHz, le

E7505 peut être utilisé avec jusqu'à trois puces optionnelles P64H2 (82870P2), une version améliorée de la puce P64H qui peut être employée en option avec le chipset 860.

Intel E7525

Le chipset Intel E7525, nom de code Tumwater, combine des caractéristiques issues de la série 9xx des chipsets Intel pour machines de bureau à la prise en charge des dernières versions 800 MHz du processeur Intel Xeon et du processeur Xeon 64 bits avec un cache L2 de 2 Mo. Le E7525 gère jusqu'à 16 Go de mémoire double canal DDR-2 400 (quatre DIMM par canal) ou DDR333 (trois DIMM par canal) et protège le contenu de la mémoire grâce à l'ECC, l'Intel x4 SDDC (*Single-Device Data Correction*) et les technologies Memory Sparing (ou Memory Mirroring) et Memory Scrubbing. La technique Memory Sparing réserve un banc de mémoire qui est utilisé automatiquement si l'un des bancs principaux affiche un trop grand nombre d'erreurs de 1 bit. La technique Memory Scrubbing teste la mémoire pendant les périodes d'inactivité. La technique Memory Mirroring utilise un banc pour conserver une copie de l'autre.

Le E7525 est le premier chipset d'Intel destiné aux stations de travail qui prend en charge les cartes graphiques PCI-Express x16. Il est compatible avec les puces contrôleur d'entrées/sorties ICH5R et ESB6300. Pour obtenir les bus PCI 66 MHz/64 bits et PCI-X 133 MHz, il est possible d'associer le E7525 à deux puces 6700 PXH.

Chipsets pour l'Athlon 64 d'AMD

Le processeur Athlon 64 demande une nouvelle génération de chipsets, à la fois pour gérer son architecture de processeur 64 bits et pour permettre l'intégration du contrôleur mémoire dans le processeur (le contrôleur mémoire est traditionnellement situé dans la puce North Bridge ou équivalent). C'est pourquoi certains fournisseurs n'utilisent pas le terme North Bridge pour faire référence au composant du chipset qui connecte le processeur au bus vidéo AGP.

AMD, VIA Technologies, NVIDIA, ATI, SiS et ULi Electronics (précédemment ALi Corporation) ont développé des chipsets pour l'Athlon 64.

Chipset AMD-8000 (8151)

L'AMD-8000 est le premier chipset AMD conçu pour les familles Athlon 64 et Opteron. Son architecture est significativement différente des architectures North Bridge/South Bridge et hub que nous connaissons et de celle des chipsets prévus pour les Pentium II/III/4/Celeron et AMD Athlon/Athlon XP/Duron.

Le chipset AMD-8000 est souvent appelé AMD-8151 car ce dernier se charge de la connexion entre le processeur Athlon 64 ou Opteron et le connecteur vidéo AGP – tâche généralement confiée au North Bridge ou au hub MCH dans les autres chipsets. Le nom de la puce North Bridge ou hub MCH est d'habitude repris pour le chipset. Cependant, AMD fait référence au module AMD-8151

en tant que module AGP Graphics Tunnel car sa seule tâche est d'offrir une connexion à grande vitesse au connecteur AGP sur la carte mère. Les autres composants du chipset AMD-8000 incluent le hub d'entrées/sorties HyperTransport AMD-8111 (South Bridge) et la puce PCI-X Tunnel AMD-8131.

En raison du retard apporté dans le développement du module AGP Graphics Tunnel AMD-8151, la plupart des constructeurs ont fait appel fin 2003 au hub d'entrées/sorties HyperTransport AMD-8111 seul ou combiné au module PCI-X Tunnel AMD-8131. Il est ainsi possible d'offrir un mélange de connecteurs PCI et PCI-X sur les cartes mères optimisées comme serveurs. Certains systèmes récents ont incorporé l'AMD-8151 pour la vidéo AGP, mais le chipset AMD-8000 est toujours employé de base comme chipset serveur/station de travail et non comme chipset pour ordinateur de bureau.

Les principales caractéristiques du module AGP Graphics Tunnel AMD-8151 sont les suivantes :

- support des cartes graphiques AGP 2.0/3.0 (AGP 1×-8×);
- connexion HyperTransport 16 bits dans les deux sens avec le processeur;
- connexion HyperTransport 8 bits dans les deux sens avec les modules en aval.

Les principales caractéristiques du hub d'entrées/sorties HyperTransport AMD-8111 (South Bridge) sont les suivantes :

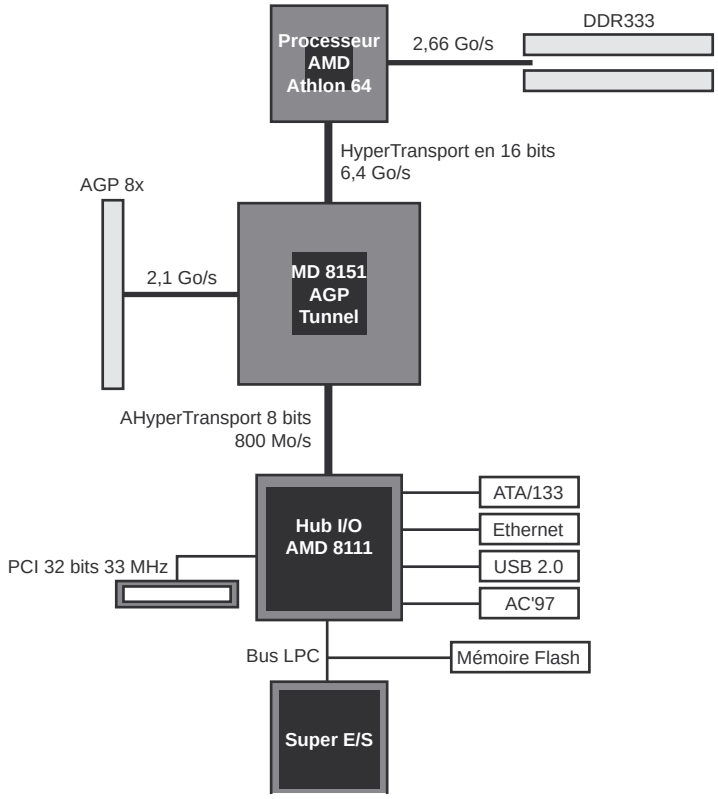
- bus PCI compatible PCI 2.2 (32 bits, 33 MHz) pour un maximum de huit périphériques;
- audio AC'97 2.2 (six canaux);
- six ports USB 1.1/2.0 (trois contrôleurs);
- deux adaptateurs hôtes ATA/IDE supportant des vitesses jusqu'à ATA-133;
- RTC;
- bus LPC (*Low Pin Count*);
- Ethernet 10/100 intégré;
- connexion HyperTransport 8 bits dans les deux sens avec les modules en amont.

Les principales caractéristiques du module PCI-X Tunnel AMD-8131 sont les suivantes :

- deux ponts PCI-X (A et B) supportant chacun jusqu'à cinq maîtres de bus PCI;
- taux de transfert PCI-X jusqu'à 133 MHz;
- taux de transfert PCI 2.2 33 MHz et 66 MHz;
- modes optionnels et taux de transfert indépendants pour chaque pont;
- connexion HyperTransport 8 bits dans les deux sens avec les modules en amont et en aval.

La Figure 3.22 présente l'architecture du chipset AMD-8151 pour l'Athlon 64.

Figure 3.22
Diagramme de bloc du chipset AMD-8000 pour l'Athlon 64.



ATI (à présent AMD)

ATI propose quatre chipsets formés de deux puces pour les processeurs Athlon 64 : le RS480 (avec solution graphique intégrée Radeon X300), le RX480 et le RD580. Le RS480 et le RX480 font appel au South Bridge SB400 (appelé aussi IXP400) ou au SB450. Parallèlement à la solution graphique intégrée du RS480, les deux modèles proposent les fonctionnalités suivantes :

- connexion HyperTransport 16 bits/800 MHz entre le processeur et le North Bridge;
- support des cartes graphiques PCI-Express x16;
- connexion A-Link II entre North et South Bridge;
- quatre connecteurs PCI-Express x1.

La solution graphique intégrée au RS480 ajoute les caractéristiques suivantes :

- composant graphique intégré Radeon X300 avec prise en charge de Vertex/Pixel Shader 2.0 de DirectX 9.0;

- en option, mémoire dédiée ou partagée (jusqu'à 128 Mo de RAM);
- jusqu'à trois moniteurs reconnus avec une carte vidéo ATI séparée;
- sortie DVI.

La version CrossFire du Radeon Express 200 – le RD482 – gère les connecteurs d'extension PCI-Express 2 x8 pour l'utilisation de deux cartes vidéo PCI-Express; le RD580 prend en charge deux connecteurs d'extension PCI-Express x16.

Voici les principales caractéristiques du South Bridge SB400 :

- deux adaptateurs hôtes ATA-133;
- quatre adaptateurs hôtes SATA compatibles SATA RAID 0, 1;
- huit ports USB 2.0;
- audio AC'97 2.3 à six canaux.

Le South Bridge SB450 employé par le RD482 ajoute l'audio HDA et le RAID 0+1 aux caractéristiques du SB400. Le SB600 est conçu pour une utilisation avec le RD580. Certains fournisseurs de cartes mères remplacent les puces South Bridge d'ATI par celles d'autres fabricants, comme les modèles M1573 ou M1575 d'ULi.

Chipsets ULi pour Athlon 64

Bien qu'absent du développement de chipsets pour l'Athlon XP, ULi propose trois chipsets pour les processeurs Athlon 64 et Opteron : le M1687, le M1689 et le M1695. Le M1687 et le M1695 sont de conception traditionnelle, avec deux puces, alors que le M1689 est composé d'un seul module, suivant en cela les traces de SiS et depuis peu NVIDIA.

ULi M1687

Le M1687 utilise le M1563 comme South Bridge; ses fonctionnalités sont analogues à celles des AMD-8151 et AMD-8111 :

- support des cartes graphiques AGP 2.0/3.0 (AGP 1×-8×);
- connexion HyperTransport 16 bits dans les deux sens avec le processeur;
- connexion HyperTransport 8 bits dans les deux sens entre le North Bridge M1687 et le South Bridge M1563;
- bus PCI compatible PCI 2.2 (32 bits, 33 MHz) pour un maximum de six périphériques;
- audio AC'97 2.2 (6 canaux);
- six ports USB 1.1/2.0 (trois contrôleurs);
- deux adaptateurs hôtes ATA/IDE supportant des vitesses jusqu'à ATA-133;
- RTC;
- bus LPC (*Low Pin Count*);
- Ethernet 10/100 intégré.

Comparé aux AMD-8151 et AMD-8111, le chipset ULi M1687 a pour avantage d'offrir des interfaces Secure Digital et Sony Memory Stick intégrées au M1563.

ULi M1689

Le M1689 est un chipset à une seule puce pour les processeurs Athlon 64 et Opteron, mais il peut aussi intervenir avec un Mobile Athlon 64. Il intègre plusieurs technologies très récentes, dont SATA, le support de huit ports USB 2.0/1.1 et l'audio AC'97 2.3 20 bits à six canaux. Ses principales fonctionnalités sont les suivantes :

- AGP 1.5/3.0 (AGP 1×-8×);
- PCI 2.3 avec support d'un maximum de sept maîtres;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133 avec support de lecteurs LBA 48 bits;
- quatre adaptateurs hôtes USB et huit ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100;
- audio AC'97 avec échantillonnage 20 bits;
- deux adaptateurs hôtes SATA.

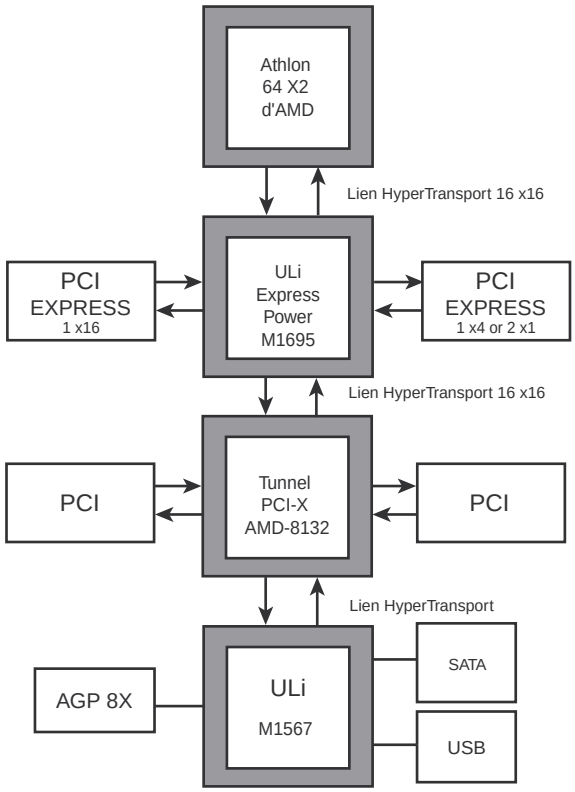
ULi M1695

Le M1695 est un chipset de deuxième génération pour l'Athlon 64 qui prend en charge les connecteurs vidéo PCI-Express x16 et AGP 8× à pleine vitesse (lorsqu'il est associé au South Bridge M1567). Sa triple interface graphique (TGI, *Triple Graphics Interface*) gère également le bus PCI. Lorsque des cartes graphiques PCI-Express, AGP et PCI (toutes acceptant deux écrans) sont installées, il est possible de brancher six moniteurs. Le M1695 reconnaît également deux connecteurs PCI-Express x8, ce qui permet de constituer des configurations semblables au SLI bicarte de NVIDIA. Le M1695 peut être associé au South Bridge M1567 d'ULi ou à une autre puce compatible Athlon 64. Voici ses principales caractéristiques :

- PCI-Express x16 ou deux x8; prise en charge de l'AGP 8× par le M1567;
- deux PCI-Express x1;
- PCI 2.3 avec support d'un maximum de sept maîtres;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133 avec support de lecteurs LBA 48 bits;
- quatre adaptateurs hôtes USB et huit ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100;
- audio AC'97 2.3 avec échantillonnage 20 bits;
- deux adaptateurs hôtes SATA compatibles SATA RAID 0, 1 et JBOD.

La Figure 3.23 présente le diagramme de bloc du ULi M1695/M1567. Vous le constatez, il peut également utiliser des tunnels PCI-X tiers comme l'AMD-8132.

Figure 3.23
Le couple ULi M1695/M1567 permet au système de prendre en charge les cartes vidéo PCI-Express x16 et AGP 8×. Le tunnel AMD-8132 PCI-X est facultatif.



Chipsets VIA pour Athlon 64

VIA Technologies a longtemps été l'un des principaux développeurs de chipsets pour les processeurs AMD et il en va de même pour l'Athlon 64 et l'Opteron. VIA propose cinq chipsets pour ces processeurs :

- K8T800 Pro;
- K8T800;
- K8M800;
- K8T890;
- K8M890.

Les sections suivantes traitent en détail de ces chipsets.

K8T800, K8T800 Pro et K8M800

Le K8T800, appelé au départ K8T400, a été le premier chipset de VIA pour l'Athlon 64 et l'Opteron. Il se distingue des modèles de chipsets d'AMD et d'ALi en utilisant ses propres interconnexions V-Link 8× (533 MHz) entre les North Bridge et South Bridge à la place d'HyperTransport (ce dernier est bien sûr employé pour la connexion au processeur). Le K8T800 utilise le module South Bridge VT8237. Voici ses principales fonctionnalités :

- liaison HyperTransport 16 bits/800 MHz entre le processeur et le North Bridge;
- support des cartes vidéo AGP 4×/8× ;
- PCI 2.23 avec support d'un maximum de six maîtres;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133;
- huit ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100;
- audio AC'97 5.1;
- deux adaptateurs hôtes ATA/SATA RAID (RAID 0, 1, JBOD).

La famille des chipsets K8T800 inclut également des composants optionnels utilisables pour adjoindre de nouvelles fonctionnalités au chipset :

- SATAlite SATA (deux ports supplémentaires, permettant RAID 0+1);
- pont d'extension VPX2 (ajoute deux bus PCI-X);
- VIA Vinyl Gold (son surround 7.1 *via* le bus PCI);
- contrôleur Gigabit Ethernet (*via* le bus PCI).

Le chipset K8T800 Pro est fondé sur le K8T800, mais apporte les améliorations suivantes :

- liaison HyperTransport 1 GHz entre le processeur et le North Bridge;
- fonctionnement asynchrone des connecteurs PCI et AGP;
- connexion Ultra V-Link (1 Go/s) entre North Bridge et South Bridge.

La plus importante de ces possibilités est sans conteste le fonctionnement asynchrone des connecteurs PCI et AGP. Cela permet à l'utilisateur de verrouiller la fréquence de ces connecteurs quels que soient le bus de processeur et le multiplicateur d'horloge employés par le processeur, d'où un overclocking plus fiable. Beaucoup de chipsets Athlon 64 ne proposent pas cette option.

Le K8M800 est fondé sur le K8T800, mais en y adjoignant l'IGP S3 Graphics Unichrome Pro. Unichrome Pro offre un moteur 2D/3D en 128 bits, un double pipeline de pixels, une accélération matérielle pour les vidéos MPEG-2 et MPEG-4 et le support HDTV jusqu'à 1 080p et des standards TV, ainsi que des écrans LCD et CRT.

K8T890, K8M890 et K8M890

Les K8T890 et K8M890 sont les premiers chipsets pour Athlon 64/Opteron à prendre en charge le connecteur PCI-Express x16. Ces chipsets utilisent une connexion HyperTransport 1 GHz entre le processeur et le North Bridge et des connexions Ultra V-Link entre le North Bridge et le South Bridge. Ces puces North Bridge disposent d'une interface PCI-Express de 20 voies, laissant quatre voies disponibles pour les cartes PCI-Express x1.

Ces chipsets sont également prévus pour utiliser le nouveau South Bridge VT8251, lequel offre plusieurs fonctionnalités qui nécessitaient auparavant l'adjonction de modules complémentaires :

- Quatre adaptateurs hôtes SATA pour le support de SATA RAID 0, 1 et 0+1.
- Support de la nouvelle norme High Definition Audio d'Intel (HDA ; nom de code Azalia). HDA permet le son Dolby Digital surround compatible IIfx (7.1) et des taux d'échantillonnage de 24 bits/192 kHz pour un son de qualité CE.
- Deux connecteurs PCI-Express x1 pour un total de six possibles (quatre connectés au North Bridge et deux au South Bridge).

En raison de retards de production, certains systèmes basés sur le K8T890 et le K8M890 utilisent le South Bridge VT8237R à la place du VT8251. Vérifiez bien les spécifications de la carte mère pour connaître la puce installée.

En plus des fonctionnalités du K8T890, le K8M890 intègre l'IGP Deltachrome 2D/3D de S3 Graphics avec support de DirectX 9.

Le K8T900 se fonde sur le K8T890 et lui ajoute la vidéo double PCI-Express x8 pour prendre en charge deux cartes graphiques PCI-Express.

Chipsets NVIDIA pour Athlon 64

NVIDIA propose plus de 14 variantes de chipsets pour les processeurs Athlon 64, Sempron et Opteron. Sept d'entre eux sont des modèles monopuces pour l'Athlon 64 :

- nForce3 150 ;
- nForce3 250 ;
- nForce3 250Gb ;
- nForce3 250 Ultra ;
- nForce4 ;
- nForce4 Ultra ;
- nForce 4 SLI.

Il dispose également de trois chipsets à deux puces et vidéo intégrée pour le Sempron :

- nForce 410 avec GeForce 6100 ;
- nForce 430 avec GeForce 6100 ;
- nForce 430 avec GeForce 6150.

Le constructeur propose également quatre chipsets monopuces pour l'Opteron :

- nForce3 Pro 150;
- nForce3 Pro 250;
- nForce Professional 2050;
- nForce Professional 2200.

NVIDIA appelle ces chipsets des MCP (*Media and Communication Processors*, processeurs média et de communication) car la puce unique combine les fonctions des modules types North et South Bridge. Les sections suivantes abordent en détail ces chipsets.

nForce3 150 et nForce3 Pro 150

Le MCP NVIDIA nForce3 150 a été l'un des premiers chipsets disponibles pour le processeur Athlon 64. Bien qu'il s'éloigne du standard des chipsets à deux puces utilisé par la plupart des Athlon 64, en combinant les fonctions du North Bridge et du South Bridge, le chipset nForce3 150 n'a qu'un jeu de fonctions limité. La brève liste de ces fonctions est le reflet de son développement précoce et de son positionnement comme chipset d'entrée de gamme :

- Connexion HyperTransport entre le processeur et le chipset. Il ne propose cependant la vitesse standard de 16 bits/800 MHz que pour le flux descendant (du processeur au chipset). Les données partant du chipset vers le processeur (flux montant) fonctionnent en 8 bits/600 MHz.
- Support des cartes vidéo AGP 1×-8×.
- Adaptateurs hôtes de disques durs Dual ATA-133.
- RAID 0, 1 et 0+1.
- Audio AC'97 (six canaux) avec 20 bits de sortie et support SPDIF.
- Six ports USB 1.1/2.0.
- Ethernet 10/100.

Le chipset nForce3 Pro 150 dispose des mêmes fonctions, mais est conçu pour le processeur Opteron et ceux des stations de travail graphiques NVIDIA Quadro.

Infos

Bien que certaines cartes mères nForce3 150 et Pro 150 proposent SATA et SATA RAID, cette fonction ne relève toutefois pas du chipset; elle est liée à l'emploi d'un module SATA RAID additionnel.

nForce3 250, 250Gb, 250 Ultra et nForce3 Professional 250

La famille nForce3 250 est composée de quatre membres qui incluent tous plusieurs fonctions améliorées par rapport aux chipsets nForce3 150 et 150 Pro. Les caractéristiques du modèle de base, le chipset nForce3 250, sont les suivantes :

- connexions HyperTransport 16 bits/800 MHz dans les deux sens entre le processeur et le MCP;

- support des cartes vidéo AGP 8×;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133 ATA/IDE indépendants avec RAID 0, 1 et 0+1;
- SATA et SATA RAID 0, 1 et 0+1;
- huit ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100 avec pare-feu matériel intégré;
- audio AC'97 2.1 (six canaux) avec sortie 20 bits et support SPDIF.

Le modèle 250Gb est doté des mêmes fonctions que le nForce3 250, avec en complément le support d'Ethernet 10/100/1000 doté d'un pare-feu matériel intégré. Le 250 Pro offre les mêmes fonctions que le 250Gb mais prend en charge les processeurs Opteron pour stations de travail, ainsi que l'Athlon 64FX. Il est optimisé pour travailler avec le processeur des solutions graphiques NVIDIA Quadro.

Le modèle 250 Ultra offre les mêmes possibilités que le 250, plus le support d'Ethernet 10/100/1000 avec pare-feu matériel intégré et une connexion Advanced HyperTransport 16 bits/1 GHz dans les deux sens entre le processeur et le chipset.

Infos

Le pare-feu intégré dans tous les chipsets de série nForce3 250 et les chipsets nForce4 est largement configurable et protège l'ordinateur dès sa mise sous tension. Les pare-feu logiciels, à l'inverse, ne protègent pas l'ordinateur tant qu'ils ne sont pas chargés en mémoire, ce qui est souvent trop tard pour le processus de démarrage.

nForce4 et nForce4 Professional

La famille nForce4 de NVIDIA combine la prise en charge du PCI-Express à la conception monopuce réussie des nForce3. Elle est composée de quatre modèles : nForce4, nForce Ultra, nForce4 SLI et nForce4 SI x16.

Voici les caractéristiques principales du modèle de base, le nForce4 :

- connexions HyperTransport 16 bits/800 MHz dans les deux sens entre le processeur et le MCP;
- support des cartes vidéo PCI-Express x16;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133 ATA/IDE indépendants avec RAID 0, 1 et 0+1;
- SATA et SATA RAID 0, 1 et 0+1;
- dix ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100/1000 avec pare-feu matériel intégré;
- audio AC'97 2.1 (six canaux) avec sortie 20 bits et support SPDIF.

Le nForce4 Ultra ajoute la prise en charge des lecteurs SATA à 3 Go/s et d'ActiveArmor (sécurité du réseau).

Le nForce4 SLI propose une conception souple du PCI-Express, qui permet d'employer une seule carte vidéo PCI-Express x16 ou deux cartes x8 de NVIDIA. Il ajoute également la prise en charge du RAID 5 amorçable aux caractéristiques du nForce4 Ultra.

Le nForce4 SLI x16 accepte une ou deux cartes NVIDIA PCI-Express x16 fonctionnant à pleine vitesse et gère jusqu'à 38 voies PCI-Express. Ses autres caractéristiques sont celles du nForce4 SLI.

Les chipsets nForce4 Professional, destinés aux processeurs Opteron, sont issus de la famille nForce4, mais présentent les différences suivantes :

- Le nForce Professional 2050 dispose du PCI-Express x16 et de quatre voies x1, du Gigabit Ethernet et de quatre ports SATA 3 Go/s avec prise en charge des RAID 0, 1 et 0+1. Cependant, il ne gère pas les lecteurs PATA, le bus PCI 32 bits, l'audio et le bus LPC des périphériques anciens.
- Le nForce Professional 2200 dispose d'une implémentation souple du bus PCI-Express à 20 voies, du Gigabit Ethernet et du SATA 3 Go/s avec RAID 0, 1 et 0+1. Il reconnaît également le bus PCI 32 bits, dix ports USB 2.0, le bus LPC, l'audio AC'97 2.3 et quatre lecteurs PATA. Le 2200 est conçu pour les stations de travail. Les deux chipsets sont compatibles avec les systèmes à multiples processeurs Opteron.

Les familles nForce 410 et 430

Les nForce 410 et 430 sont les premiers chipsets NVIDIA à vidéo intégrée pour le processeur Sempron d'AMD; ce processeur est une version 32 bits de l'Athlon 64. Ces chipsets utilisent la puce graphique GeForce 6100, et le 430 peut également opter pour le GPU GeForce 6150.

Le Tableau 3.41 (voir page suivante) recense les principales caractéristiques des chipsets de la famille 4xx.

Chipsets SiS pour l'Athlon 64

SiS propose huit chipsets pour les processeurs 64 bits d'AMD. Trois modèles n'intègrent pas de solution graphique :

- 755;
- 755FX;
- 756.

Par contre, cette solution graphique est intégrée sur les cinq autres modèles suivants :

- 760;
- 760GX;
- 761;
- 761GX;
- 761GL.

Nous allons les examiner en détail.

Tableau 3.41 : Chipsets nForce 4xx pour processeurs Sempron d'AMD

Modèle du chipset	Modèle de GPU	Support vidéo	Connecteurs PCI-Express x1	Support ATA/ SATA	RAID	Support USB (nb ports)	Audio
410	GeForce 6100	PCI-Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3 Go/s (2)	0,1	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97
430	GeForce 6100	PCI-Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3 Go/s (4)	0,1, 0+1, 5	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97
430	GeForce 6150	PCI-Express x16	1	ATA-133 (4), SATA 3 Go/s (4)	0,1, 0+1, 5	1.1/2.0 (8)	HDA, AC'97

HDA = *High-Definition Audio* (nom de code Azalia). Supporte l'audio de qualité CE (192 kHz, 32 bits multicanaux), avec prise en charge de Dolby Pro Logic IIx (7.1 surround) et des codecs multiples opérant indépendamment.
* Inclut également le moteur de sécurité du réseau ActiveArmor.

SiS755 et SiS755FX

Le 755 est le premier chipset SiS à prendre en charge les processeurs Athlon 64, Opteron et AthlonFX d'AMD. Il est formé de deux puces dont une South Bridge SiS964. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- connexion HyperTransport 16 bits/800 MHz entre le processeur et le North Bridge avec HyperStreaming ;
- support AGP 8×;
- connexion MuTIOL 1G entre le North Bridge et le South Bridge avec HyperStreaming ;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133 ;
- deux ports SATA avec SATA RAID 0 et 1 ;
- huit ports USB 1.1/2.0 ;
- Ethernet 10/100 ;
- audio AC'97 version 2.3, huit canaux.

Le modèle North Bridge 755FX est compatible au niveau de ses broches avec le modèle 755, mais le South Bridge préféré pour le 755FX – le SiS965 – utilise un socket à 588 broches, plus large que le socket à 505 broches employé par la famille 964. Le chipset 755FX/965 apporte les améliorations suivantes par rapport au 755/964 :

- connexion HyperTransport 16 bits/1 GHz entre le processeur et le North Bridge avec HyperStreaming ;
- support de deux connecteurs PCI-Express x1 ;
- quatre ports SATA avec SATA RAID 0, 1, 0+1 et JBOD (archivage multidisque) ;
- Ethernet 10/100/1000.

Réseau	DiectX 9.0 Shader Model 3	Encodeur TV	Sortie TDM S/DVI	Vitesse d'horloge GPU	Redimensionnement vidéo	MPEG-2 1080i/p, lecteur WMA
Ethernet 10/100	Oui	Non	Non	425 MHz	2 x 2 (basique)	Non
Ethernet 10/100/1000*	Oui	Non	Non	425 MHz	2 x 2 (basique)	Non
Ethernet 10/100/1000	Oui	Oui	Oui	475 MHz	5 x 4 (haute qualité)	Oui

SiS756

Le chipset SiS756 est conçu spécialement pour le processeur de bureau Athlon 64FX à haute performance. Il s'agit du premier chipset SiS à prendre en charge l'interface graphique PCI-Express x16. Il est en général accompagné du South Bridge SiS965. Parmi ses principales fonctionnalités, notons les suivantes :

- connexion HyperTransport 16 bits/1 GHz entre le processeur et le North Bridge avec HyperStreaming;
- support PCI-Express x16;
- deux connecteurs PCI-Express x1;
- huit ports USB 1.1/2.0;
- quatre ports SATA avec SATA RAID 0, 1, 0+1 et JBOD;
- Ethernet 10/100/1000;
- audio AC'97 version 2.3, huit canaux.

Si le SiS965L est utilisé en lieu et place du SiS965, seuls deux ports SATA avec SATA RAID 0 et 1 seront disponibles. Les autres fonctionnalités restent identiques.

Le PCI-Express x16 remplace le support vidéo AGP 8× des chipsets SiS plus anciens.

La Figure 3.24 présente l'architecture du chipset SiS756 avec le South Bridge SiS965.

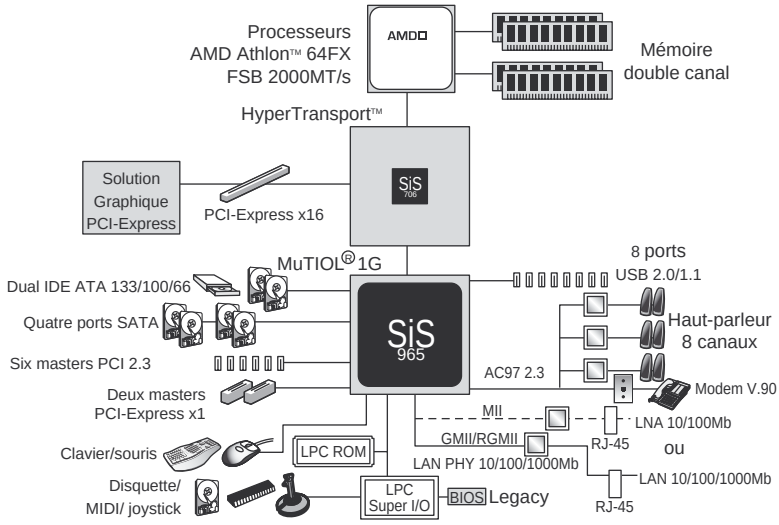
SiS760 et SiS760GX

Le SiS760 est le premier chipset de SiS avec solution graphique intégrée pour l'Athlon 64 et l'Opteron. Cela mis à part, il dispose des mêmes fonctionnalités que le SiS755. Les deux font appel à la puce South Bridge SiS964. Parmi ses fonctionnalités, on trouve :

- connexion HyperTransport 16 bits/800 MHz entre le processeur et le North Bridge avec HyperStreaming;

Figure 3.24

Comme pour la plupart des chipsets pour Athlon 64, le North Bridge SiS756 n'est utilisé que pour la connexion à une solution graphique indépendante (PCI-Express dans ce cas de figure) alors que la grande majorité des travaux est exécutée par le South Bridge.



- support AGP 8×;
- connexion MuTIOL 1G entre le North Bridge et le South Bridge avec HyperStreaming;
- adaptateurs hôtes Dual ATA-133;
- deux ports SATA avec SATA RAID 0 et 1;
- huit ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100;
- audio AC'97 version 2.3, huit canaux.

La solution graphique SiS Mirage 2 (Ultra 256) intégrée au SiS760 présente les caractéristiques suivantes :

- fonctions graphiques 3D compatibles DirectX 8.1;
- interface 3D double canal 256 bits;
- fonctions graphiques 2D 128 bits;
- support optionnel d'une sortie TV et d'un second écran CRT ou LCD;
- mémoire partagée jusqu'à 128 Mo.

Par ailleurs, le SiS760GX fait appel à la solution graphique Mirage 1 monocanal (128 bits).

Le South Bridge SiS966 est le compagnon de prédilection du SiS760GX, ajoutant les fonctions suivantes :

- quatre connecteurs PCI-Express x1;
- SATA, SATA RAID 0, 1 et 0+1;

- dix ports USB 1.1/2.0;
- audio AC'97 2.3 avec support de la solution HDA (audio haute définition) d'Intel;
- Ethernet 10/100/1000.

SiS761GL et SiS761GX

Les chipsets à solution graphique intégrée SiS761 et SiS761GX reposent sur le SiS760 et supportent tous les processeurs Athlon 64, l'Opteron et le Sempron, la version 32 bits de l'Athlon 64. Les deux chipsets font appel au South Bridge SiS966.

Infos

Les SiS966, SiS965 et SiS965L sont compatibles au niveau des broches, ce qui explique que certains fabricants préfèrent mettre en place des SiS965 ou SiS965L à la place des SiS966.

Le North Bridge SiS761GX propose les fonctions suivantes :

- connexion HyperTransport 16 bits/800 MHz entre le processeur et le North Bridge avec HyperStreaming;
- support PCI-Express x16;
- connexion MuTIOL 1G entre le North Bridge et le South Bridge avec HyperStreaming;
- solution graphique intégrée Mirage, compatible DirectX 7.0, avec au maximum 128 Mo de mémoire vidéo.

Le SiS761GL diffère par les caractéristiques suivantes :

- connexion HyperTransport 16 bits/800 MHz;
- pas de connecteur PCI-Express x16;
- solution graphique intégrée Mirage 1, compatible DirectX 7.0, avec au maximum 128 Mo de mémoire vidéo.

Avec le South Bridge SiS966, les deux offrent également :

- quatre connecteurs PCI-Express x1;
- SATA, SATA RAID 0, 1 et 0+1;
- dix ports USB 1.1/2.0;
- Ethernet 10/100/1000;
- audio AC'97 2.3 à six canaux avec support de la solution HDA (audio haute définition) d'Intel.

Infos

La solution audio HDA (nom de code Azalia) supporte l'audio de qualité CE (192 kHz, 32 bits multicanaux) avec prise en charge de Dolby Pro Logic IIx (7.1 surround).

Puces de Super-entrées/sorties

Le troisième type de puce commun à la plupart des cartes mères de PC est la puce de Super-entrées/sorties (*Super I/O*). Cette puce intègre des circuits qui se présentaient auparavant sous forme de cartes d'extension distinctes sur les ordinateurs de génération antérieure.

La plupart des puces de Super-entrées/sorties contiennent au minimum les composants suivants :

- un contrôleur de lecteur de disquettes;
- un ou deux contrôleurs de ports série;
- un contrôleur de port parallèle.

Le contrôleur de lecteur de disquettes de la plupart des puces de Super-entrées/sorties permet de gérer deux lecteurs mais certains ne peuvent en gérer qu'un. Les vieux modèles d'ordinateurs nécessitaient souvent une carte distincte pour le contrôleur de lecteurs de disquettes.

Le port série est un autre élément qui se présentait sous la forme d'une ou de plusieurs cartes. La plupart des puces de Super-entrées/sorties implémentent une architecture de ports série à tampon appelée UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*, récepteur-transmetteur universel asynchrone). Chaque port est pris en charge par une puce UART. Les puces de Super-entrées/sorties reproduisent en général le fonctionnement de la puce autonome à haut débit UART NS16550A, inventée par la société National Semiconductor. En incorporant les fonctions de deux puces de ce type à une puce de Super-entrées/sorties, les fabricants sont parvenus à incorporer ces ports à la carte mère.

Presque toutes les puces de Super-entrées/sorties incluent également un port parallèle multimode à haute vitesse. Sur les puces les plus performantes, ce port parallèle peut fonctionner en trois modes : les modes standard (bidirectionnel), EPP (*Enhanced Parallel Port*, port parallèle amélioré) et ECP (*Extended Capabilities Port*, port à capacités étendues). Le mode ECP est le plus rapide et le plus puissant. Toutefois, quand il est sélectionné, le port utilise un canal DMA 8 bits pour bus ISA. Il s'agit généralement du canal DMA 3. Si vous n'oubliez pas ce fait et si vous n'attribuez pas ce canal à un autre périphérique (tel qu'une carte son, etc.), le mode parallèle ECP devrait fonctionner parfaitement sur votre ordinateur. Certaines imprimantes et certains scanners nécessitent que le port parallèle soit configuré en mode ECP, qui fut inventé par Hewlett-Packard.

La puce de Super-entrées/sorties peut également contenir d'autres composants. À titre d'exemple, la carte mère VC820 ATX d'Intel utilise la puce de Super-entrées/sorties LPC47M102 de SMC (*Standard Microsystems Corp.*) qui incorpore les fonctions suivantes :

- une interface de lecteur de disquettes;
- deux ports série à haute vitesse;
- un port parallèle multimode ECP/EPP;
- un contrôleur de clavier et de souris de type 8042.

Cette puce est représentative des puces de Super-entrées/sorties récentes en cela qu'elle intègre un contrôleur de clavier et de souris. Les modèles plus anciens n'en disposaient pas.

Au fil du temps, l'importance de la puce de Super-entrées/sorties tend à diminuer sur les nouveaux modèles de cartes mères. Cela s'explique principalement par le fait qu'Intel a déplacé les fonctions de Super-entrées/sorties, telle l'interface IDE, pour les incorporer directement au circuit South Bridge ou le composant ICH. Dans ce circuit, ces fonctions peuvent être reliées directement au bus PCI (architecture North/South Bridge) ou à l'interface hub rapide (architecture hub) plutôt qu'au bus ISA. L'un des inconvénients de la puce de Super-entrées/sorties est que son interface passe par le bus ISA. En matière de rapidité et de performances, elle est donc soumise aux limites de ce bus cadencé à 8 MHz. Le fait que l'interface IDE soit repositionnée au niveau du bus PCI permet de concevoir des disques durs IDE plus rapides pouvant atteindre une vitesse de transfert égale au débit du bus PCI standard, à savoir 33 MHz.

Les nouvelles puces de Super-entrées/sorties sont connectées au système *via* le bus LPC, une interface conçue par Intel pour offrir une connexion affichant une vitesse égale à la moitié de celle du bus PCI (jusqu'à 16,67 Mo/s), en n'utilisant que 13 signaux. Ce bus est beaucoup plus efficace que le bus ISA.

Puisque les périphériques à haut débit, comme les lecteurs IDE/ATA, sont désormais connectés au travers du South Bridge, du bus PCI ou d'une architecture hub, plus aucun dispositif interfacé par l'intermédiaire d'une puce de Super-entrées/sorties n'a besoin d'une bande passante plus importante.

Au fur et à mesure que les constructeurs intégreront de nouvelles fonctions à leur chipsets, que les périphériques USB et IEEE-1394 remplaceront les périphériques série et parallèle ainsi que les périphériques qui utilisaient jusqu'à présent le contrôleur de lecteur de disquettes, la puce de Super-entrées/sorties devrait disparaître des futures cartes mères. Il existe d'ores et déjà au moins des chipsets combinant à la fois le circuit South Bridge et la puce de Super-entrées/sorties dans un seul et même composant (appelé *Super South Bridge*), ce qui permet de gagner de la place et de réduire le nombre de composants des cartes mères. Plusieurs chipsets conçus par SiS et NVIDIA intègrent même les trois puces (North Bridge, South Bridge et Super-entrées/sorties) au sein du même composant.

Adresses de RAM CMOS de la carte mère

Sur l'ordinateur AT original, les fonctions d'horloge RTC (*Real Time Clock*, horloge en temps réel) et de RAM CMOS (*Complementary Metal-Oxyde Semiconductor*, semi-conducteur à oxyde de métal complémentaire) étaient prises en charge par une puce de type Motorola 146818. Il s'agissait là d'une puce spéciale comprenant une horloge numérique et qui stockait 64 octets de données. L'horloge utilisait 14 octets de la RAM et les 50 octets restants étaient disponibles pour stocker des informations. Les concepteurs de l'IBM AT avaient décidé d'utiliser ces 50 octets supplémentaires pour stocker la configuration du système.

Sur la plupart des PC modernes, la puce Motorola a disparu. Ses fonctions sont généralement incorporées au chipset de la carte mère (South Bridge), à la puce de Super-entrées/sorties ou encore à un module de NVRAM (*Non-Volatile RAM*, RAM non volatile) fabriqué par une société telle que Dallas ou Benchmarq et alimenté par une batterie spéciale.

Connecteurs d'interface de carte mère

Les cartes mères actuelles comprennent un large éventail de connecteurs. La Figure 3.25 présente une carte mère type. Plusieurs des connecteurs, par exemple les connecteurs d'alimentation, les ports série ou parallèle et les connecteurs de clavier/souris, sont abordés dans d'autres chapitres.

Cette section propose des illustrations et des tableaux montrant les configurations et les brochages des principaux connecteurs d'interface et d'E/S.

- ✔ Voir les sections "Ports série", p. 817 et "Ports parallèles", p. 826.
- ✔ Voir la section "USB", p. 800.
- ✔ Voir la section "Connecteurs d'alimentation AT/LPX", p. 934.
- ✔ Voir la section "Connecteurs d'interface de clavier et de souris", p. 837.
- ✔ Voir la section "Présentation de l'interface IDE", p. 395.

L'un des principaux problèmes que bien des personnes passent sous silence lors de la construction ou de la mise à jour de leur système est celui des connexions de panneau frontal. Des connecteurs inadaptés à la carte mère ou au boîtier sont des soucis peu importants mais extrêmement frustrants. L'existence de normes bien établies faciliterait grandement les choses, mais malheureusement jusqu'en octobre 2000 il n'existait aucun standard définissant les connexions de panneau frontal. C'est à cette date qu'Intel a publié le *Front Panel I/O Connectivity Design Guide*. Ce guide est consultable, avec les spécifications de facteurs d'encombrement des cartes mères, sur le site **www.formfactors.org**.

Avant la publication de ce standard, aucune norme officielle n'existait (et l'anarchie régnait). De plus, même si la plupart des boîtiers disposaient de petits connecteurs individuels pour chaque fonction, certains gros constructeurs, tels que Dell, Gateway, MicronPC (aujourd'hui MPC) et d'autres, ont commencé à installer des connecteurs spécialisés combinant plusieurs fonctions, de manière à gagner en temps et en efficacité lors de la construction de leurs systèmes. Par coïncidence, la plupart de ces fournisseurs utilisaient des cartes Intel, d'où le développement d'une norme par celui-ci.

Le guide de panneau frontal détaille un connecteur à 10 broches avec détrompeur pour les principales fonctions d'interrupteur et de diode du panneau avant, ainsi qu'un connecteur USB, un connecteur IEEE-1394 (FireWire/i.Link) et audio, tous trois à 10 broches et détrompeur, et enfin un connecteur IR à six broches et détrompeur. Les brochages et configurations de ces connecteurs et des autres connecteurs de la carte mère sont présentés dans les illustrations et tableaux suivants. La Figure 3.26 détaille le connecteur de commutateurs/diodes du panneau frontal.

Le Tableau 3.42 présente le brochage de ce connecteur.

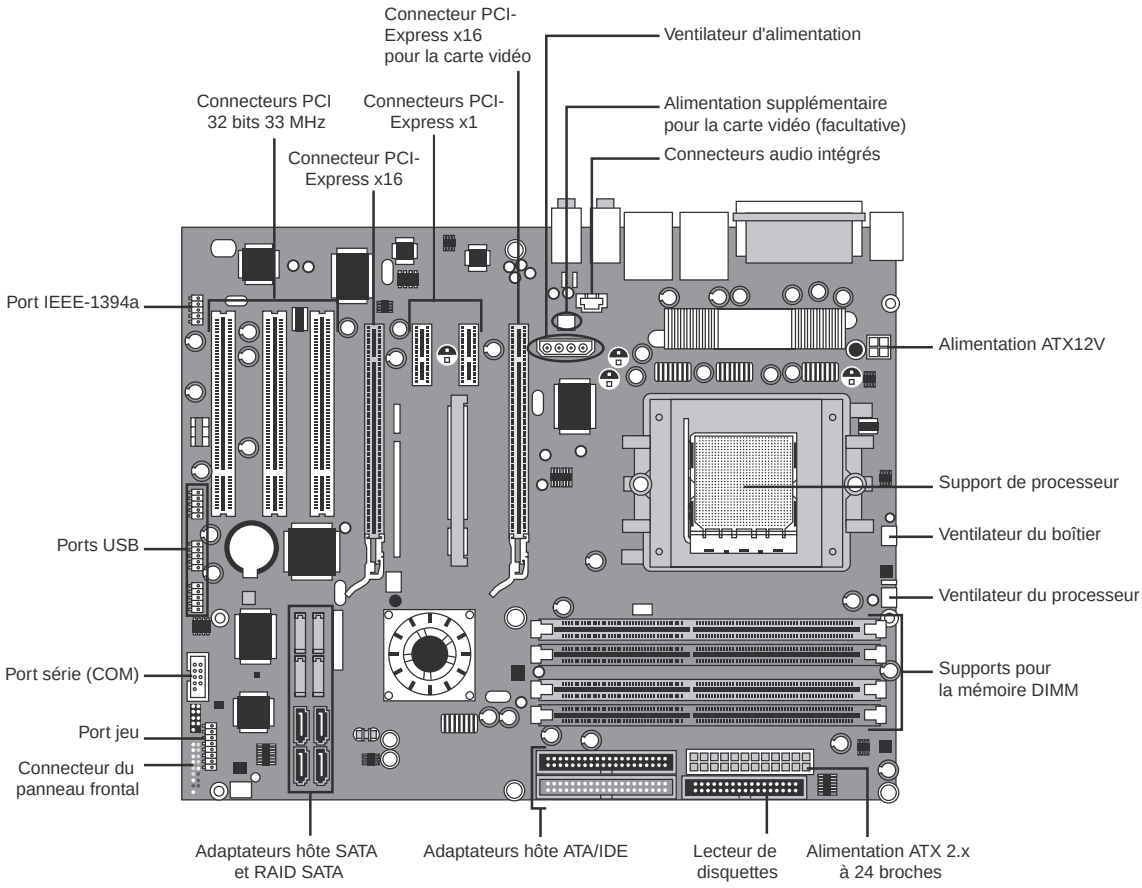


Figure 3.25

Les connecteurs d'une carte mère type.

Certains boîtiers proposent un connecteur à 10 broches unique pour les connexions commutateurs/diodes du panneau frontal, mais la plupart disposent de connecteurs individuels à deux broches pour les diverses fonctions. Dans ce dernier cas, ces connecteurs sont reliés comme l'illustre la Figure 3.27. Vous pouvez facilement remplacer les multiples connecteurs à deux broches par un seul connecteur à 10 broches, certains boîtiers proposant même un adaptateur à cet effet.

La correspondance entre les connecteurs à deux broches et le connecteur standard à 10 broches est présentée au Tableau 3.43.

Figure 3.26
Le connecteur de commutateurs/diodes du panneau frontal.

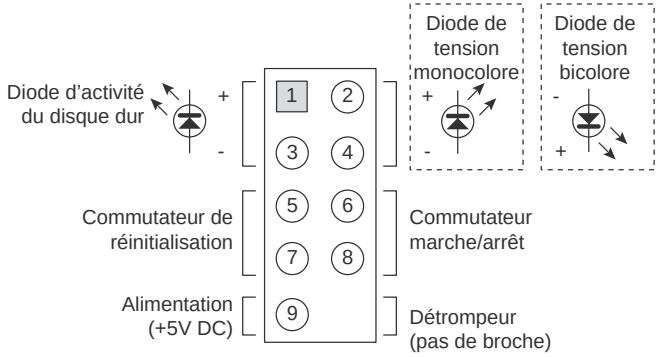


Figure 3.27
Les connexions commutateurs/diodes de panneau frontal à l'aide de connecteurs à deux broches.

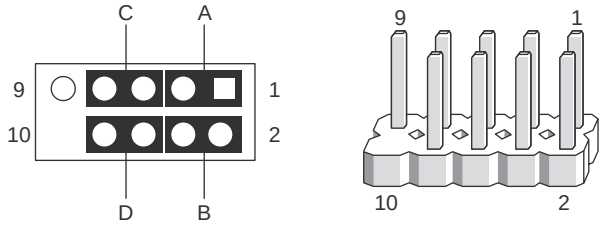


Tableau 3.42 : Brochage du connecteur de commutateurs/diodes du panneau frontal

Signal	Description	Broche	Broche	Signal	Description
Diode d'activité du disque dur			**Diode marche/veille/messages**		
HD_LED+	Diode disque dur+	1	2	PWR_LED GRN+	Diode+ monocolore
HD_LED–	Diode disque dur–	3	4	PWR_LED_YEL+	Diode+ bicolore
Bouton réinitialisation			**Bouton marche/arrêt**		
GND	Masse	5	6	FP_PWR	Commutateur marche/arrêt
FP_RESET	Commutateur réinitialisation	7	8	GND	Masse
Alimentation			**Non connecté**		
+5 V	Alimentation	9	10	N/C	Non connecté

Tableau 3.43 : Connexions commutateurs/diodes de panneau frontal à partir de connecteurs multiples

Connecteur	Broches	Description
A	1 et 3	Diode d'activité du disque dur
B	2 et 4	Diode de tension
C	5 et 7	Commutateur de réinitialisation
D	6 et 8	Commutateur marche/arrêt

Pour la diode de tension, un boîtier peut faire appel à un modèle monocolore ou bicolore. Une diode bicolore livre plus d'informations sur les divers états de tension et de message que peut connaître le système, y compris des indications de type marche ou arrêt, veille ou attente de message. Le Tableau 3.44 recense les différents états et la signification des diodes de tension monocolore et bicolore.

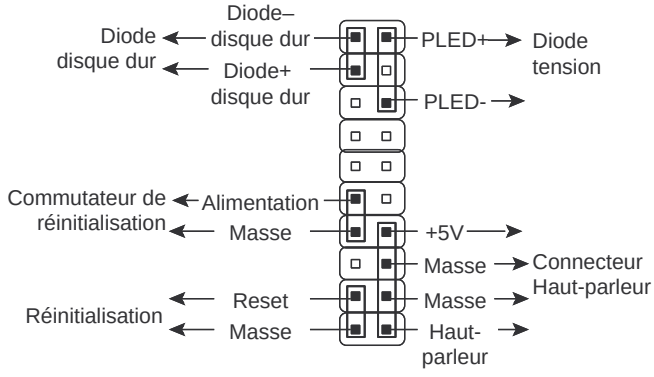
Tableau 3.44 : Indications de la diode de tension

Type de diode	État de la diode	Description	État ACPI
Monocolore	Éteinte	Hors tension ou en veille	S1, S3, S5
	Vert fixe	En marche	S0
	Vert clignotant	En marche, attente message	S0
Bicolore	Éteinte	Hors tension	S5
	Vert fixe	En marche	S0
	Vert clignotant	En marche, attente message	S0
	Jaune fixe	Veille	S1, S3
	Jaune clignotant	Veille, attente message	S1, S3

De nombreuses cartes mères ne suivent pas ces lignes directrices pour les connexions de leurs panneaux frontaux, et nombre d'entre elles recourent à des solutions alternatives dont la Figure 3.28 montre un exemple.

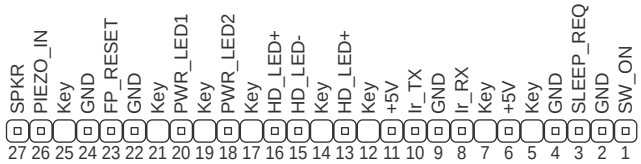
Figure 3.28

Configuration alternative d'un connecteur de commutateurs/diodes de panneau frontal.



Certaines anciennes cartes mères Intel, ainsi que quelques-unes provenant d'autres constructeurs, ont utilisé des connecteurs organisés en une seule rangée pour les connexions du panneau frontal. La Figure 3.29 en donne un exemple.

Figure 3.29
Configuration d'un connecteur en ligne.



Le Tableau 3.45 répertorie les désignations des connecteurs de panneau frontal utilisés par certaines cartes mères.

Tableau 3.45 : Configuration d'un connecteur en ligne de panneau frontal

Connecteur	Broche	Nom du signal
Haut-parleur	27	SPKR
	26	PIEZO_IN
	25	Détrompeur (aucune broche)
	24	GND
Réinitialisation	23	FP_RESET
	22	GND
Aucun	21	Détrompeur (aucune broche)
Diode marche/veille	20	PWR_LED1 (vert)
	19	Détrompeur (aucune broche)
	18	PWR_LED2 (jaune)
Aucun	17	Détrompeur (aucune broche)
Diode disque dur	16	HD_LED+
	15	HD_LED–
	14	Détrompeur (aucune broche)
	13	HD_LED+
Aucun	12	Détrompeur (aucune broche)
IrDA	11	+5 V
	10	Ir_TX
	9	GND
	8	Ir_RX
	7	Détrompeur (aucune broche)
	6	+5 V
Aucun	5	Détrompeur (aucune broche)
Veille/reprise	4	GND

Tableau 3.45 : Configuration d'un connecteur en ligne de panneau frontal (*suite*)

Connecteur	Broche	Nom du signal
	3	SLEEP_REQ
Marche	2	GND
	1	SW_ON

Pour adapter les connecteurs de votre boîtier à ceux de la carte mère, vous devrez dans certains cas remplacer les extrémités des connecteurs en retirant l'embout et en le réinstallant à une position différente. Ainsi, nous avions un boîtier utilisant une connexion de diode marche/arrêt à trois broches alors que la carte mère ne proposait qu'une connexion à deux broches. Nous avons retiré l'un des embouts, l'avons réinstallé en position médiane sur le connecteur à trois broches puis avons enfiché ce connecteur sur la carte mère de manière que les deux câbles soient en bonne position, la troisième position, désormais vide, dépassant du connecteur de la carte mère. Les embouts sont faciles à retirer grâce au petit loquet placé sur le côté du connecteur, qui permet de faire glisser le câble. Une fois dans sa nouvelle position, l'embout est automatiquement bloqué par le loquet.

Beaucoup de cartes mères incluent des connecteurs USB, conçus pour être reliés à des connecteurs USB montés en façade ou à l'arrière du boîtier. Le standard utilise à cet effet un connecteur à 10 broches avec détrompeur pour deux connexions USB. Le brochage de ce connecteur USB double de carte mère est présenté à la Figure 3.30 et au Tableau 3.46.

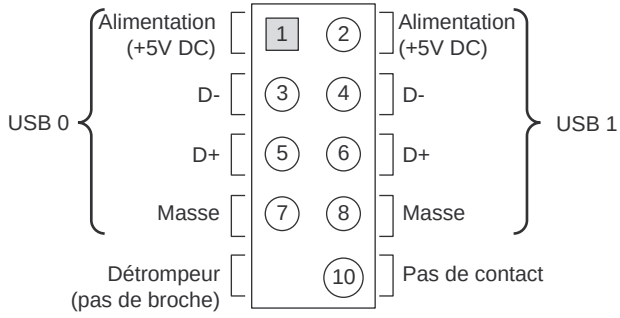


Figure 3.30
Configuration d'un connecteur USB double en façade.

Tableau 3.46 : Configuration d'un connecteur USB double en façade

Description	Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal	Description
Port 0 +5 V	USB0_PWR	1	2	USB1_PWR	Port 1 +5 V
Port 0 Données–	USB_D0–	3	4	USB_D1–	Port 1 Données–
Port 0 Données+	USB_D0+	5	6	USB_D1+	Port 1 Données+

Tableau 3.46 : Configuration d'un connecteur USB double en façade (*suite*)

Description	Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal	Description
Port 0 Masse	GND	7	8	GND	Port 1 Masse
Pas de broche	Détrompeur	9	10	NC/Protégé	Pas de contact/ Protégé

À la place d'un connecteur à détrompeur unique, de nombreux boîtiers disposent de plusieurs connecteurs USB en ligne pour la connexion en frontal ou à l'arrière. La Figure 3.31 en est un exemple.

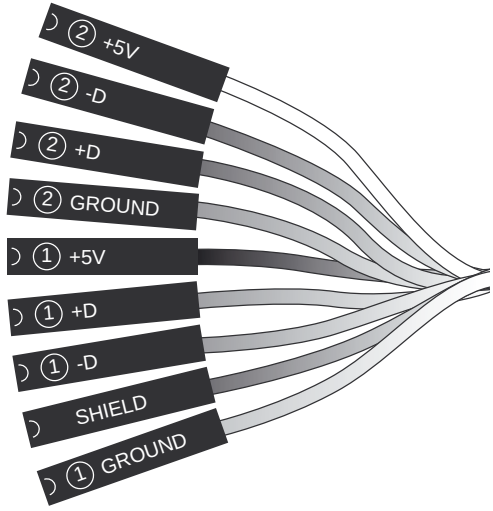


Figure 3.31
Câble USB de façade utilisant des connecteurs multiples sans détrompeur.

Avec les multiples connecteurs individuels de la figure précédente, chaque connecteur individuel doit être relié aux broches adéquates. Certains câbles USB internes au boîtier utilisent des connecteurs en ligne à cinq broches, auquel cas il vous faudra veiller au sens de raccordement. Si vous n'êtes pas sûr de votre affaire, consultez le manuel de votre carte mère ou de votre boîtier, vous y trouverez sans doute de plus amples informations.

Attention

Si votre châssis est équipé de multiples connexions individuelles sans détrompeur, assurez-vous de les connecter correctement à la carte mère. En cas d'erreur, vous risquez de provoquer un court-circuit et d'endommager la carte mère ou les périphériques USB que vous brancherez sur les connecteurs en façade. Les cartes mères de qualité font souvent appel à des fusibles permettant d'éviter les dégâts en cas de problème de ce type.

Bien que toutes les cartes mères n'incluent pas IEEE-1394 (FireWire/i.LINK), certaines proposent cette fonctionnalité ou l'offrent en option. FireWire peut être ajouté *via* une carte d'extension et ces cartes sont souvent dotées de connecteurs pour des connexions en façade ou à l'arrière, identiques à ceux en place sur la carte mère. La Figure 3.32 et le Tableau 3.47 montrent le brochage du connecteur FireWire standard.

Figure 3.32
Configuration du connecteur de façade IEEE-1394 (FireWire/i.LINK).

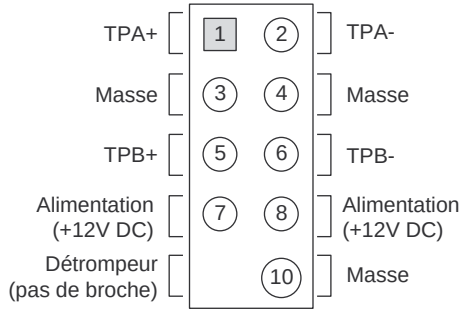


Tableau 3.47 : Configuration du connecteur de façade IEEE-1394 (FireWire/i.LINK)

Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal
TPA+	1	2	TPA–
Masse	3	4	Masse
TPB+	5	6	TPB–
+12 V (à fusible)	7	8	+12 V (à fusible)
Détrompeur (pas de broche)	9	10	Masse

Il est à noter que le connecteur de façade FireWire a la même configuration physique et le même détrompeur que le connecteur USB. C'est malheureux car cette solution permet de brancher par mégarde un câble USB de façade sur le connecteur FireWire et inversement, avec les risques de court-circuit que cela présente.

Attention

Ne branchez pas un câble USB sur le connecteur FireWire ou inversement. En cas d'erreur, vous risquez de provoquer un court-circuit et d'endommager la carte mère ou les périphériques USB que vous brancherez sur les connecteurs en façade. Les cartes mères de qualité font souvent appel à des fusibles permettant d'éviter les dégâts en cas de problème de ce type.

Les cartes mères intégrant des solutions audio proposent en principe sur le panneau frontal un connecteur audio. Le brochage normalisé de ce connecteur est présenté à la Figure 3.33 et au Tableau 3.48.

Certaines cartes mères incluent un connecteur IrDA (*Infrared Data*, données infrarouges) relié à un émetteur-récepteur optique à infrarouge installé sur le panneau frontal. Il permet de communiquer par infrarouge avec des téléphones mobiles, des PDA, des portables, des imprimantes ou d'autres périphériques IrDA. Le brochage normalisé de ces connecteurs sur la carte mère est présenté à la Figure 3.34 et au Tableau 3.49.

Figure 3.33
Configuration du connecteur de façade audio.

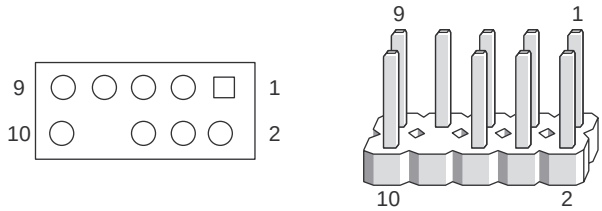


Tableau 3.48 : Configuration du connecteur de façade audio

Description	Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal	Description
Entrée micro	AUD_MIC	1	2	AUD_GND	Masse audio analogique
Alimentation micro	AUD_MIC_BIAS	3	4	AUD_VCC	+5 V pour audio analogique
Canal audio droit	AUD_FPOUT_R	5	6	AUD_RET_R	Retour canal droit
Masse ou contrôle ampli casque	GND/HP_ON	7	8	Détrompeur	Pas de broche
Canal audio gauche	AUD_FPOUT_L	9	10	AUD_RET_L	Retour canal gauche

Figure 3.34
Configuration du connecteur de façade IrDA.

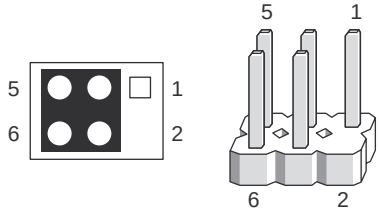


Tableau 3.49 : Connecteur IrDA (*Infrared Data*, données infrarouges)

Description	Signal	Broche	Broche	Signal	Description
Pas de contact	NC	1	2	Détrompeur	Pas de broche
IR_power	+5 V	3	4	GND	Masse
Sortie série IrDA	IR_TX	5	6	IR_RX	Entrée série IrDA

Vous risquez de rencontrer encore bien d'autres connecteurs sur votre carte mère. Nous allons vous présenter les configurations de brochage de certains d'entre eux aux Tableaux 3.50 à 3.58.

Tableau 3.50 : Connecteur de pile

Broche	Signal	Broche	Signal
1	Masse	3	Détrompeur
2	Non utilisé	4	+6 V

Tableau 3.51 : Connecteur de LED et de verrouillage de clavier

Broche	Signal	Broche	Signal
1	Alimentation des LED (+5 V)	4	Inhibition du clavier
2	Détrompeur	5	Masse
3	Masse		

Tableau 3.52 : Connecteur de haut-parleur

Broche	Signal	Broche	Signal
1	Masse	3	Haut-parleur monté sur la carte
2	Détrompeur	4	Sortie du haut-parleur

Tableau 3.53 : Connecteur de détection d'intrusion dans le boîtier (sécurité)

Broche	Nom du signal
1	Masse
2	CHS_SEC

Tableau 3.54 : Connecteur de réveil pour LAN

Broche	Nom du signal
1	+5 VSB
2	Masse
3	WOL

Tableau 3.55 : Connecteur de réveil par sonnerie

Broche	Nom du signal
1	Masse
2	RINGA

Tableau 3.56 : Connecteur audio pour CD

Broche	Nom du signal	Broche	Nom du signal
1	CD_IN gauche	3	Masse
2	Masse	4	CD_IN droite

Tableau 3.57 : Connecteur de téléphonie

Broche	Nom du signal	Broche	Nom du signal
1	Sortie audio (mono)	3	Masse
2	Masse	4	Entrée audio (mono)

Tableau 3.58 : Connecteur d'entrée ligne ATAPI

Broche	Nom du signal	Broche	Nom du signal
1	Entrée gauche	3	Masse
2	Masse	4	Entrée ligne droite

Infos

Certaines cartes mères sont équipées d'un haut-parleur piézoélectrique. Pour l'activer, il faut placer un cavalier sur les broches 3 et 4, ce qui dirige la sortie du son vers le haut-parleur monté sur la carte. Pour le désactiver et brancher un haut-parleur classique, il suffit d'ôter ce cavalier.

La plupart des cartes mères modernes disposent de trois ou quatre connecteurs de ventilateur pour des ventilateurs de processeur, un ventilateur pour l'arrière et l'avant du boîtier, et le ventilateur du régulateur de tension (alimentation). Ils sont présentés au Tableau 3.59. En général, ces connecteurs utilisent trois broches, la troisième livrant un signal de sonde de vitesse pour un contrôle optionnel de vitesse. Si la carte mère est en mesure de piloter la vitesse de ventilateur, elle peut émettre un signal d'alarme lorsque le ventilateur commence à ralentir en raison d'une panne ou d'une usure. Le son émis est variable mais, en général, il est émis par le haut-parleur interne et peut ressembler à une sirène d'ambulance.

Attention

Ne placez en aucun cas un cavalier sur ce connecteur. La carte mère risque d'être sévèrement endommagée si vous reliez le signal de +12 V à la masse.

Tableau 3.59 : Connecteur d'alimentation du ventilateur pour processeur

Broche	Nom du signal
1	Masse
2	+12 V
3	Sonde de vitesse

Fonctions et caractéristiques des bus système

Le cœur de toute carte mère est représenté par les bus qui la composent. Un *bus* est un chemin commun emprunté par les données qui circulent au sein d'un ordinateur. Ce chemin est l'élément grâce auquel l'ordinateur peut établir des communications entre ses différents composants.

Le PC repose sur un système de bus organisés hiérarchiquement. La plupart des ordinateurs modernes possèdent au moins trois bus différents; certains en comptent même quatre ou plus. Ils sont organisés hiérarchiquement, car chaque bus est relié à un bus plus rapide situé au-dessus de lui. Chaque composant de l'ordinateur est connecté à l'un de ces bus, et certains (dont le chipset, pour l'essentiel) font office de ponts entre les différents bus.

Voici les principaux bus d'un ordinateur moderne :

- **Bus de processeur**. Également nommé FSB (*Front-Side Bus*), ce bus est le plus rapide de l'ordinateur. Il est situé au cœur du chipset et de la carte mère. Il est utilisé essentiellement par le processeur pour faire circuler des informations à destination ou en provenance de la mémoire cache, de la mémoire vive et du North Bridge. Sur un ordinateur moderne, le bus de processeur fonctionne à 66, 100, 133, 200, 266, 400, 533, 800 ou 1066 MHz, et sa largeur est normalement de 64 bits (8 octets).
- **Bus AGP** (Acce*lerated Graphics Port*, port graphique accéléré). Ce bus 32 bits est conçu exclusivement pour les cartes vidéo. Il fonctionne à 66 MHz (AGP 1×), 133 MHz (AGP 2×), 266 MHz (AGP 4×) ou 533 MHz (AGP 8×), ce qui permet une largeur de bande de 2133 Mo/s. Il est relié au circuit North Bridge du chipset ou au hub contrôleur de mémoire. Sur la carte mère, il se manifeste par la présence d'un seul et unique connecteur AGP. Les systèmes récents délaissent le connecteur AGP au profit du PCI-Express.
- **Bus PCI-Express**. Le bus PCI-Express correspond à la troisième génération du bus PCI. Il s'agit d'un bus à signaux différentiels qui peut être géré par le North Bridge ou le South Bridge. La rapidité du PCI-Express s'exprime en nombre de lignes. Chaque ligne bidirectionnelle offre un taux de transfert de 2,5 Go/s ou de 5 Go/s dans chaque direction (pour une vitesse réelle de 250 Mo/s ou de 500 Mo/s). Les cartes vidéo PCI-Express s'insèrent généralement dans un connecteur x16, qui offre 4000 Mo/s ou 8000 Mo/s dans chaque direction.
- **Bus PCI-X**. Le bus PCI-X est la deuxième génération du bus PCI. Il offre un débit plus important que le PCI, mais reste compatible avec ce bus. On le trouve principalement dans les stations de travail et les serveurs. Le bus PCI-X prend en charge des connecteurs 64 bits qui sont compatibles avec les cartes PCI 32 ou 64 bits. La version 1 PCI-X fonctionne à 133 MHz, tandis que PCI-X 2.0 peut aller jusqu'à 533 MHz. En général, la bande passante du PCI-X 2.0 est répartie entre plusieurs connecteurs PCI-X et PCI. Bien que quelques puces South Bridge puissent gérer le bus PCI-X, la plupart des chipsets qui le prennent en charge utilisent une puce PCI-X séparée.

- **Bus PCI** (*Peripheral Component Interconnect*, interconnexion de composants périphériques). Le bus PCI est un bus 32 bits cadencé à 33 MHz. Il équipe la plupart des ordinateurs depuis le processeur 486. Certains systèmes plus récents, principalement des stations de travail ou des serveurs, disposent d'une version 64 bits à 66 MHz de ce bus. Ce bus est généré par le circuit North Bridge ou le hub contrôleur d'entrées/sorties, selon l'architecture employée par le chipset. Sur la carte mère, il se manifeste par la présence d'une série de connecteurs 32 bits, généralement blancs et numérotés de 1 à 6 sur la plupart des cartes mères. Les connecteurs de bus PCI permettent de connecter des périphériques à haut débit tels que des cartes SCSI, des cartes réseau, des cartes vidéo, etc. Les bus PCI-X et PCI-Express sont des versions plus rapides du bus PCI. Les cartes mères équipées d'un bus PCI-Express ont commencé à apparaître à la mi-2004.
- **Bus ISA** (*Industry Standard Architecture*, architecture standard). Le bus ISA est un bus 16 bits cadencé à 8 MHz. S'il a disparu des ordinateurs modernes, il a fait son apparition sur le PC original, sur lequel il fonctionnait en 8 bits à une vitesse de 5 MHz, et il est passé en 16 bits en 1984 sur l'IBM AT. C'est un bus très lent mais il était parfait pour certains périphériques particulièrement lents ou anciens. Il a été utilisé pour connecter des modems internes, des cartes son et différents périphériques peu rapides. Le bus ISA est généré par le circuit South Bridge du chipset de la carte mère, qui fait office de contrôleur de bus ISA et d'interface entre le bus ISA et le bus PCI, plus rapide, situé juste au-dessus de lui. La puce de Super-entrées/sorties de la carte mère est en principe connectée au bus ISA.

Certaines cartes mères comprennent un connecteur spécial appelé AMR (*Audio Modem Riser*) ou CNR (*Communication and Networking Riser*). Il s'agit de connecteurs dédiés à des cartes spécifiques pour la carte mère et qui offrent des options de communication ou de réseau. Ils ne sont pas conçus pour être des interfaces de bus universelles et vous ne trouverez que quelques rares cartes pour ces connecteurs sur le marché. En général, ils sont proposés en option avec un modèle précis de carte mère. Ils sont conçus pour permettre au constructeur de la carte mère d'offrir facilement des cartes avec ou sans options de communication, sans avoir à réserver une place spéciale pour des puces optionnelles. Les options publiques réseau et modem sont la plupart du temps fondées sur le bus PCI, car la connexion AMR/CNR reste propre à chaque carte mère. La Figure 3.35 compare ces connecteurs, tandis que la Figure 3.36 compare des cartes élévatrices AMR et CNR. Sachez que la plupart des cartes mères récentes ont abandonné les connecteurs AMR et CNR.

Il existe également quelques bus cachés sur les cartes mères modernes, des bus qui ne se manifestent pas sous la forme de connecteurs visibles. Il s'agit de bus reliant les composants du chipset, par exemple le bus Hub Interface et le bus LPC. Le bus Hub Interface est un bus 8 bits à 66 MHz à quadruple fréquence transportant les données entre les puces MCH et ICH dans une architecture hub. Il opère avec une largeur de bande de 266 Mo/s et a été conçu comme connexion de composants de chipset, plus rapide que PCI et utilisant moins de signaux pour un coût de fabrication moins élevé. Certains chipsets récents pour stations de travail ou serveurs, ainsi que les derniers chipsets Intel de la famille 9xx pour ordinateurs de bureau, utilisent des versions plus rapides de l'interface hub. Les chipsets les plus récents des autres fournisseurs contournent également le bus PCI par des connexions directes à haute vitesse entre les composants du chipset.

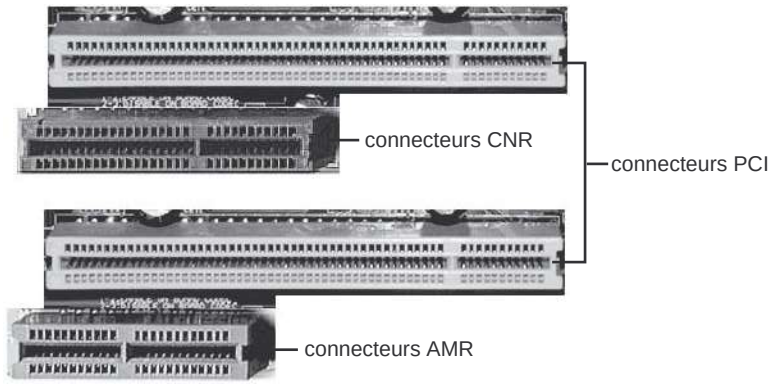


Figure 3.35
Les connecteurs AMR (en haut à gauche) et CNR (en haut au centre) comparés aux connecteurs PCI. Si AMR est utilisé, le connecteur PCI qui y est couplé ne peut être employé.

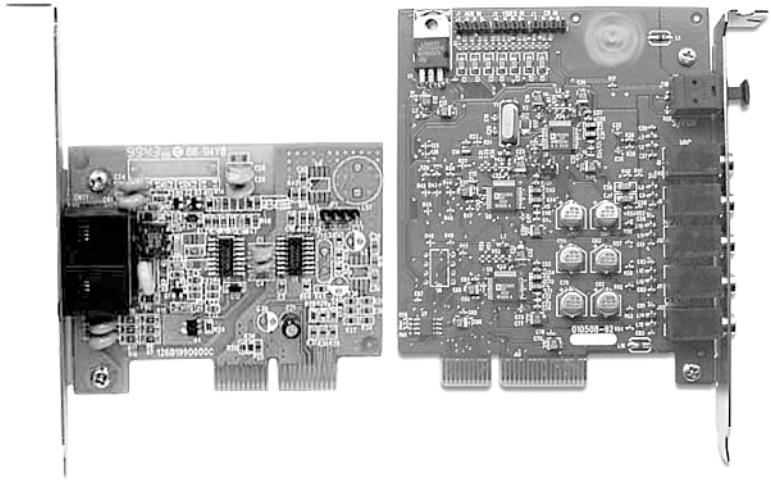


Figure 3.36
Une carte élévatrice AMR (à gauche) avec des connexions pour des ports soft modem et Ethernet 10/100. Une carte élévatrice CNR (à droite) avec des ports audio analogiques et SPDIF numérique.

✔ Voir la section "Connexions North-South Bridge à grande vitesse", p. 144.

De la même manière, le bus LPC est un bus 4 bits avec une bande passante maximale de 16,67 Mo/s. Il a été créé comme élément de remplacement économique du bus ISA. Dans les systèmes utilisant le bus LPC, ce bus sert en principe à connecter la puce Super-entrées/sorties ou la ROM du BIOS de la carte mère au chipset principal. LPC est pratiquement aussi rapide qu'ISA, mais utilise nettement moins de broches et permet l'élimination complète du bus ISA de la carte mère.

Le chipset de la carte mère est le chef d'orchestre qui coordonne les composants de la carte mère; ils peuvent ainsi accéder chacun à tour de rôle à leur bus respectif. Le Tableau 3.59 montre les largeurs, vitesses, cycles de données et largeur de bande de tous les bus PC.

Tableau 3.60 : Comparatif de la largeur de bande (en Mo/s) et autres détails des divers bus PC

Type de bus	Largeur (bits)	Vitesse (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
PCI	32	33	1	133
PCI 66 MHz	32	66	1	266
PCI 64 bits	64	33	1	266
PCI 66 MHz/64 bits	64	66	1	533
PCI-X 66	64	133	1	533
PCI-X 133	64	133	1	1066
PCI-X 266	64	266	1	2133
PCI-X 533	64	533	1	4266
PCI-Express 1.x	1	2500	0,8	250
PCI-Express 1.x	16	2500	0,8	4000
PCI-Express 1.x	32	2500	0,8	8000
PCI-Express 2.x	1	5000	0,8	500
PCI-Express 2.x	16	5000	0,8	8000
PCI-Express 2.x	32	5000	0,8	16000
Interface hub d'Intel 8 bits	8	66	4	266
Interface hub d'Intel 16 bits	16	66	4	533
AMD HyperTransport 2x2	2	200	2	100
AMD HyperTransport 4x2	4	200	2	200
AMD HyperTransport 8x2	8	200	2	400
AMD HyperTransport 16x2	16	200	2	800
AMD HyperTransport 32x2	32	200	2	1600
AMD HyperTransport 2x4	2	400	2	200
AMD HyperTransport 4x4	4	400	2	400
AMD HyperTransport 8x4	8	400	2	800
AMD HyperTransport 16x4	16	400	2	1600
AMD HyperTransport 32x4	32	400	2	3200
AMD HyperTransport 2x8	2	800	2	400
AMD HyperTransport 4x8	4	800	2	800
AMD HyperTransport 8x8	8	800	2	1600
AMD HyperTransport 16x8	16	800	2	3200
AMD HyperTransport 32x8	32	800	2	6400
ATI A-Link	16	66	2	266
SiS MuTIOL	16	133	2	533
SiS MuTIOL 1G	16	266	2	1066

Tableau 3.60 : Comparatif de la largeur de bande (en Mo/s) et autres détails des divers bus PC (*suite*)

Type de bus	Largeur (bits)	Vitesse (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
VIA V-Link 4x	8	66	4	266
VIA V-Link 8×	8	66	8	533
AGP	32	66	1	266
AGP 2×	32	66	2	533
AGP 4×	32	66	4	1066
AGP 8×	32	66	8	2133
RS-232 série	1	0,1152	1/10	0,01152
RS-232 série HS	1	0,2304	1/10	0,02304
IEEE-1284 parallèle	8	8,33	1/6	1,38
IEEE-1284 EPP/ECP	8	8,33	1/3	2,77
USB 1.1/2.0 basse vitesse	1	1,5	1	0,1875
USB 1.1/2.0 pleine vitesse	1	12	1	1,5
USB 2.0 haute vitesse	1	480	1	60
IEEE-1394a S100	1	100	1	12,5
IEEE-1394a S200	1	200	1	25
IEEE-1394a S400	1	400	1	50
IEEE-1394a S800	1	800	1	100
IEEE-1394a S1600	1	1600	1	200
ATA PIO-4	16	8,33	1	16,67
ATA-UDMA/33	16	8,33	2	33
ATA-UDMA/66	16	16,67	2	66
ATA-UDMA/100	16	25	2	100
ATA-UDMA/133	16	33	2	133
SATA-150	1	1500	1	150
SATA-300	1	3000	1	300
SATA-600	1	6000	1	600
SCSI	8	5	1	5
SCSI Wide	16	5	1	10
SCSI Fast	8	10	1	10
SCSI Fast/Wide	16	10	1	20
SCSI Ultra	8	20	1	20
SCSI Ultra/Wide	16	20	1	40
SCSI Ultra2	8	40	1	40

Tableau 3.60 : Comparatif de la largeur de bande (en Mo/s) et autres détails des divers bus PC (*suite*)

Type de bus	Largeur (bits)	Vitesse (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
SCSI Ultra2/Wide	16	40	1	80
SCSI Ultra3 (Ultra160)	16	40	2	160
SCSI Ultra4 (Ultra320)	16	80	2	320
FPM DRAM	64	22	1	177
EDO DRAM	64	33	1	266
PC66 SDRAM	64	66	1	533
PC100 SDRAM	64	100	1	800
PC133 SDRAM	64	133	1	1066
PC1600 DDR (DDR200)	64	100	2	1600
PC2100 DDR (DDR266)	64	133	2	2133
PC2700 DDR (DDR333)	64	167	2	2666
PC3200 DDR (DDR400)	64	200	2	3200
PC3500 DDR (DDR433)	64	216	2	3466
PC3700 DDR (DDR466)	64	233	2	3733
PC2-3200 DDR2 (DDR2-400)	64	200	2	3200
PC2-4300 DDR2 (DDR2-533)	64	267	2	4266
PC2-5400 DDR2 (DDR2-667)	64	333	2	5333
PC2-6400 DDR2 (DDR2-800)	64	400	2	6400
RIMM1200 RDRAM (PC600)	16	300	2	1200
RIMM1400 RDRAM (PC700)	16	350	2	1400
RIMM1600 RDRAM (PC800)	16	400	2	1600
RIMM2100 RDRAM (PC1066)	16	533	2	2133
RIMM2400 RDRAM (PC1200)	16	600	2	2400
RIMM3200 RDRAM (PC800)	32	400	2	3200
RIMM4200 RDRAM (PC1066)	32	533	2	4266
RIMM4800 RDRAM (PC1200)	32	600	2	4800
33 MHz 486 FSB	32	33	1	133
66 MHz Pentium I/II/III FSB	64	66	1	53
100 MHz Pentium I/II/III FSB	64	100	1	800
133 MHz Pentium I/II/III FSB	64	133	1	1066
200 MHz Athlon FSB	64	100	2	1600
266 MHz Athlon FSB	64	133	2	2133
333 MHz Athlon FSB	64	167	2	2666
400 MHz Athlon FSB	64	200	2	3200

Tableau 3.60 : Comparatif de la largeur de bande (en Mo/s) et autres détails des divers bus PC (*suite*)

Type de bus	Largeur (bits)	Vitesse (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
533 MHz Athlon FSB	64	267	2	4266
400 MHz Pentium 4 FSB	64	100	4	3200
533 MHz Pentium 4 FSB	64	133	4	4266
800 MHz Pentium 4 FSB	64	200	4	6400
1066 MHz Pentium 4 FSB	64	267	4	8533
266 MHz Itanium FSB	64	133	2	2133
400 MHz Itanium 2 FSB	128	100	4	6400

Note : Les bus ISA, EISA, MCA et VLB ne sont plus utilisés sur les cartes mères actuelles.
ISA = *Industry Standard Architecture*, architecture standard.
LPC = *Low Pin Count*, à petit nombre de broches.
DD = *Double Density*, double densité (360/720 Ko).
HD = *High Density*, haute densité (1,2/1,44 Mo)
ED = *Extra-high Density*, extra-haute densité (2,88 Mo).
EISA = *Extended Industry Standard Architecture*, architecture standard étendue (ISA 32 bits).
Bus VL = *VESA (Video Electronics Standards Association) Local Bus*, bus local VESA (extension ISA).
MCA = *MicroChannel Architecture*, architecture à microcanal (systèmes IBM PS/2).
PC-Card = *PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) 16 bits Interface*, interface PCMCIA 16 bits.
CardBus = *PC-Card 32 bits*, PC-Card 32 bits.
Hub Interface = bus de chipset Intel 8xx.
PCI = *Peripheral Component Interconnect*, interconnexion de composants périphériques.
AGP = *Accelerated Graphics Port*, port graphique accéléré.
ATA = *AT Attachment (IDE) interface*, interface de connexion AT.
RS-232 = *Standard serial port*, port série standard, 115,2 Ko/s.
RS-232 HS = *High-speed serial port*, port série à haut débit, 230,4 Ko/s.
IEEE-1234 Parallel = *Standard bidirectional parallel port*, port parallèle bidirectionnel standard.
IEEE-1234 EPP/ECP = *Enhanced Parallel Port/Extended Capabilities Port*, port parallèle étendu/à capacités étendues.
USB = *Universal Serial Bus*, bus série universel.
IEEE-1394 = *FireWire (iLink)*, port FireWire (iLink).
ATA PIO = *AT Attachment Programmed I/O*, interface de connexion AT (ou IDE) à entrées/sorties programmées.
ATA UDMA = *AT Attachment Ultra-DMA*, interface de connexion AT Ultra-DMA.
SCSI = *Small Computer System Interface*, interface système pour petits ordinateurs.
FPM = *Fast Page Mode*, mode page rapide.

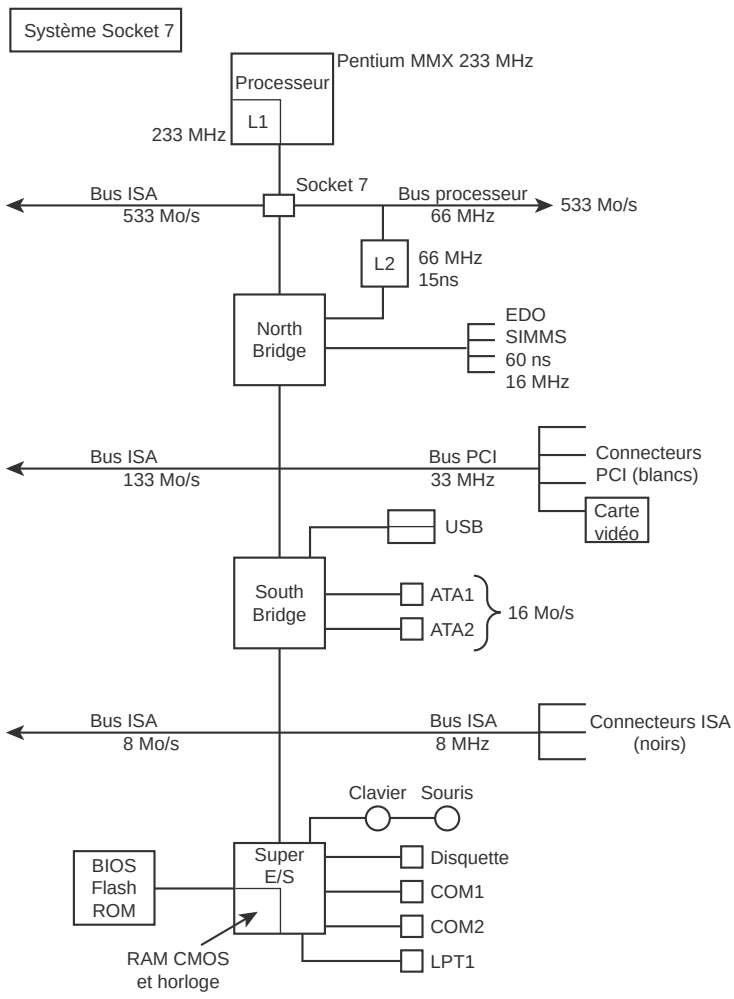
Notez que de nombreux bus utilisent des cycles de données multiples à chaque cycle d'horloge pour accéder à des performances plus élevées. Cela signifie que le taux de transfert des données est plus élevé qu'il ne semble pour une fréquence d'horloge donnée. C'est un bon moyen de partir d'un bus existant et d'en améliorer le rendement tout en assurant une compatibilité arrière.

Les sections suivantes présentent le bus de processeur ainsi que les bus qui en dépendent. Elles traitent également des principaux bus d'entrées/sorties présentés au Tableau 3.57.

Le bus de processeur (FSB)

Le bus de processeur (également nommé FSB, *Front-Side Bus*) est le canal de communication établi entre le processeur et le chipset de la carte mère, plus particulièrement le circuit North Bridge ou le hub contrôleur de mémoire (MCH, *Memory Controller Hub*). Il fonctionne à la même vitesse que la carte mère, soit entre 66 et 800 MHz, selon la carte mère et la conception du chipset. Il sert également à transférer des données entre le processeur et la mémoire cache externe (L2) sur les ordinateurs à Socket 7 (classe Pentium). La Figure 3.37 illustre comment ce bus s'imbrique dans un ordinateur type équipé d'un Socket 7 (Pentium).

Figure 3.37
Différents niveaux de l'architecture d'un ordinateur équipé d'un processeur Pentium à Socket 7.



La Figure 3.37 montre également à quel endroit et comment les autres bus principaux tels que les bus PCI et ISA viennent s'imbriquer dans le système global. Vous le constatez, nous sommes en présence d'une architecture à trois niveaux, occupés respectivement (de haut en bas) par le bus de processeur, le bus PCI et enfin le bus ISA. Les différents composants de l'ordinateur sont connectés à l'un de ces trois bus principaux.

Les ordinateurs à Socket 7 possèdent un module de mémoire cache externe (L2) pour le processeur. Cette mémoire cache est placée sur la carte mère et connectée au bus de processeur, qui fonctionne à la vitesse de la carte mère (de 66 à 100 MHz, en principe). Par conséquent, au fur et à mesure que la vitesse des processeurs Socket 7 s'est accrue (en augmentant le coefficient multiplicateur), la mémoire cache de niveau 2 est demeurée à la vitesse relativement lente de la carte mère. À titre d'exemple, les systèmes les plus rapides à base de processeurs Intel en Socket 7 fonctionnaient à 233 MHz, c'est-à-dire 3,5 fois la vitesse du bus processeur (66 MHz). Par conséquent, le cache L2 opérait simplement à 66 MHz. Les systèmes Socket 7 les plus rapides étaient basés sur le processeur K6-2 550 d'AMD, qui fonctionnait à 550 MHz, c'est-à-dire 5,5 fois la vitesse du bus de processeur (100 MHz). Dans ces systèmes, le cache L2 n'opérait qu'à 100 MHz.

Le problème a été résolu avec la génération des processeurs de la classe 6, par exemple le Pentium Pro, le Pentium II, le Celeron, le Pentium III et l'Athlon/Duron d'AMD. Pour ces processeurs utilisant des solutions Socket 8, Slot 1, Slot 2, Slot A, Socket A ou Socket 370, la mémoire cache L2 a été retirée de la carte mère pour être incorporée directement au processeur au travers d'un bus dit "back-side". Puisque le cache L2 passait par un bus "back-side", les industriels ont commencé à nommer le bus de processeur principal "front-side".

Dans la plupart des processeurs, le cache L2 étant désormais intégré sur la matrice du processeur, il fonctionne exactement à la vitesse de ce dernier. D'autres processeurs (les plus anciens) utilisaient une matrice séparée pour le cache intégré au boîtier du processeur, ce qui permettait une fréquence de cache équivalant à 1/2, 2/5 ou 1/3 de la fréquence du noyau du processeur. Même si le cache L2 travaillait à la moitié ou le tiers de la vitesse du processeur, il s'agissait d'une amélioration nette par rapport au cache placé sur la carte mère dans les systèmes à Socket 7.

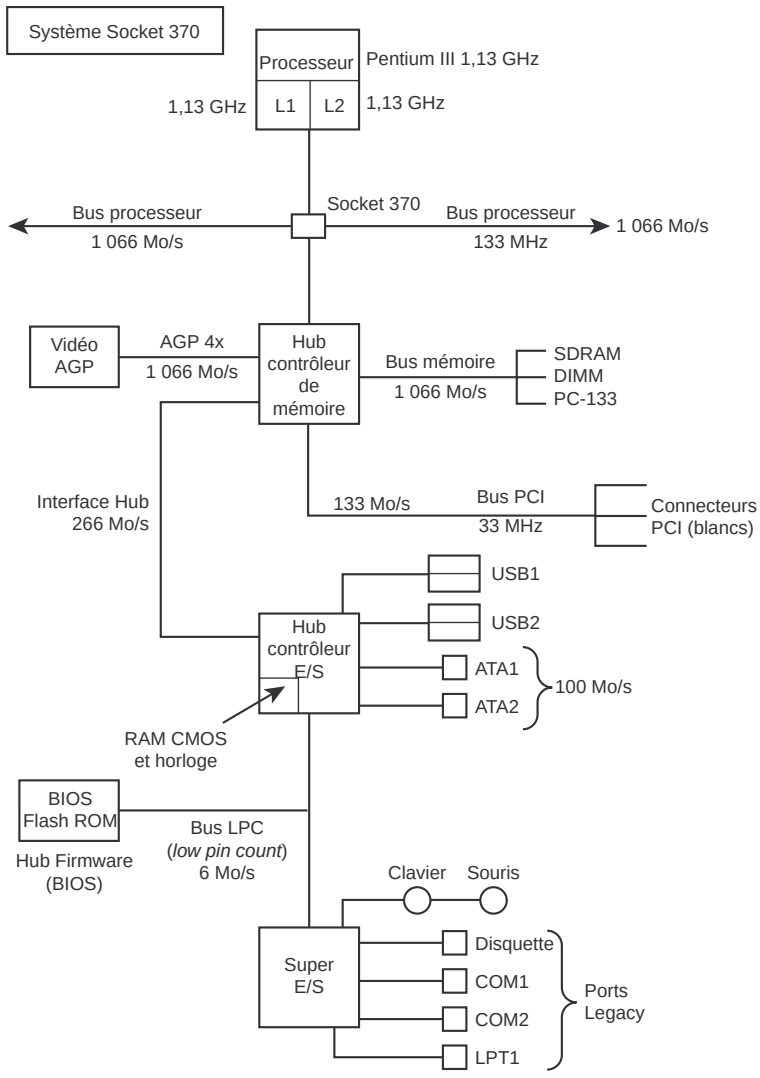
Dans un système Slot 1 typique, le cache L2 est intégré au processeur mais ne fonctionne qu'à la moitié de la fréquence du noyau du processeur. Les systèmes Slot A utilisent pour le cache une fréquence deux ou trois fois inférieure à celle du processeur. La vitesse de bus processeur est passée de 66 MHz (utilisée au départ dans les systèmes Socket 7) à 100 MHz, permettant ainsi une largeur de bande de 800 Mo/s. La plupart de ces systèmes intégraient un support AGP, soit de base à 66 MHz (deux fois la vitesse du PCI), soit AGP 2× (pour une bande passante de 533 Mo/s). Ces systèmes utilisaient des mémoires SDRAM DIMM PC-100 qui offraient la même largeur de bande que le processeur, soit 800 Mo/s, d'où une parfaite adaptation des deux.

Le Slot 1 a été remplacé par le Socket 370 sur les systèmes Pentium III et Celeron, principalement en raison de l'intégration du cache L2 directement sur la matrice du processeur : le cache L2 pouvait

ainsi fonctionner à la même vitesse que le noyau du processeur et l'onéreuse cartouche avec plusieurs puces n'avait plus d'utilité. En même temps, la vitesse du bus processeur est passée à 133 MHz, avec un début de 1066 Mo/s. La Figure 3.38 montre un système Socket 370 typique. Le bus AGP est également passé en version AGP 4×, avec une bande passante de 1066 Mo/s.

Figure 3.38

Architecture des systèmes Socket 370 (classe Pentium III/Celeron).



L'emploi de l'architecture hub en remplacement de l'architecture North/South Bridge a fait de la connexion entre les composants du chipset une interface hub séparée à 266 Mo/s (un débit double de

celui de PCI) et a permis aux périphériques PCI d'utiliser la pleine largeur de bande de PCI sans entrer en concurrence avec la puce South Bridge. Notez également que la mémoire flash du BIOS est désormais appelée hub Firmware (FWH, hub microprogrammé) et est connectée au système *via* le bus LPC et non plus *via* la puce Super-entrées/sorties. Le bus ISA est abandonné dans la plupart de ces systèmes et la puce Super-entrées/sorties est connectée *via* le bus LPC et non plus le bus ISA. Cette puce Super-entrées/sorties peut d'ailleurs être elle-même éliminée facilement dans ces systèmes. Les ports de la puce Super-entrées/sorties sont à présent considérés comme obsolètes. Les périphériques qui utilisaient ces ports doivent être connectés au système *via* des ports USB. De tels systèmes offrent deux contrôleurs USB dotés de quatre ports (des concentrateurs USB permettent d'en ajouter d'autres).

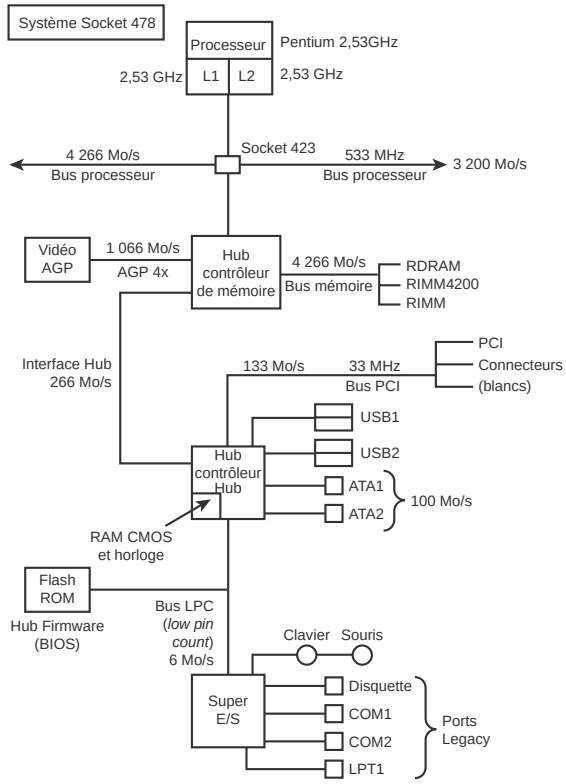
Les systèmes à base de processeurs AMD ont adopté la conception Socket A, identique à Socket 370, sauf que les processeurs et les bus mémoire sont plus rapides. Si les premières versions conservaient l'ancienne architecture North/South Bridge, les versions plus récentes utilisent une conception semblable à l'architecture hub d'Intel. Notez le bus processeur à haut débit fonctionnant à 333 MHz (débit de 2667 Mo/s) et l'emploi de modules SDRAM DDR DIMM de largeur de bande adéquate : 2677 Mo/s. Pour obtenir les meilleures performances, il est préférable que la bande passante de la mémoire corresponde à celle du processeur. Notez également que les composants South Bridge prennent en charge des fonctions qui étaient normalement du ressort de la puce Super-entrées/sorties. Cela explique que le South Bridge soit ainsi devenu *Super South Bridge*.

Le Pentium 4 utilise la solution Socket 423 ou 478 avec architecture hub, comme le montre la Figure 3.39. Ses principales caractéristiques sont un bus processeur de 400, 533 ou 800 MHz avec une largeur de bande de 3200, 4266 ou 6400 Mo/s. Les versions à 533 MHz et à 800 MHz sont actuellement les plus rapides du marché. Dans cet exemple, notez l'emploi de barrettes de mémoire SDRAM PC-3200 (DDR400) à double canal. Une seule barrette DIMM PC-3200 possède une bande passante de 3200 Mo/s, mais, grâce au double canal (paires de modules identiques), elle atteint 6400 Mo/s. Cela correspond exactement à la bande passante du bus de processeur à 800 MHz du Pentium 4, pour des performances optimales. Les processeurs dont le bus est à 533 MHz peuvent utiliser des paires de modules mémoire PC2100 (DDR266) ou PC2700 (DDR333) en mode double canal, afin de se calquer sur les 4266 Mo/s de bande passante du bus mémoire. C'est toujours une bonne chose lorsque le débit du bus de mémoire correspond à celui du bus de processeur.

L'Athlon 64 emploie l'architecture à haute vitesse HyperTransport pour connecter le North Bridge ou la puce graphique AGP au processeur (Socket 754, 939 ou 940). La plupart des chipsets pour Athlon 64 utilisent la version 16 bits à 800 MHz, mais les plus récents pour l'Athlon 64 FX-53 à Socket 939 choisissent la version 16 bits à 1 GHz afin de prendre en charge la mémoire DDR-2 plus rapide.

Cependant, la principale différence entre l'Athlon 64 et une architecture classique réside dans l'emplacement du contrôleur de mémoire. Au lieu de le placer dans la puce North Bridge/MCH/GMCH,

Figure 3.39
Architecture des systèmes Socket 478 (Pentium 4).



l'architecture de l'Athlon 64/FX/Opteron le prévoit dans le processeur lui-même. Cela élimine les ralentissements dus au contrôleur de mémoire externe et permet d'améliorer les performances.

En revanche, cette option a pour inconvénient d'exiger une nouvelle conception du processeur pour prendre en charge les nouvelles technologies de mémoire, comme la DDR-2.

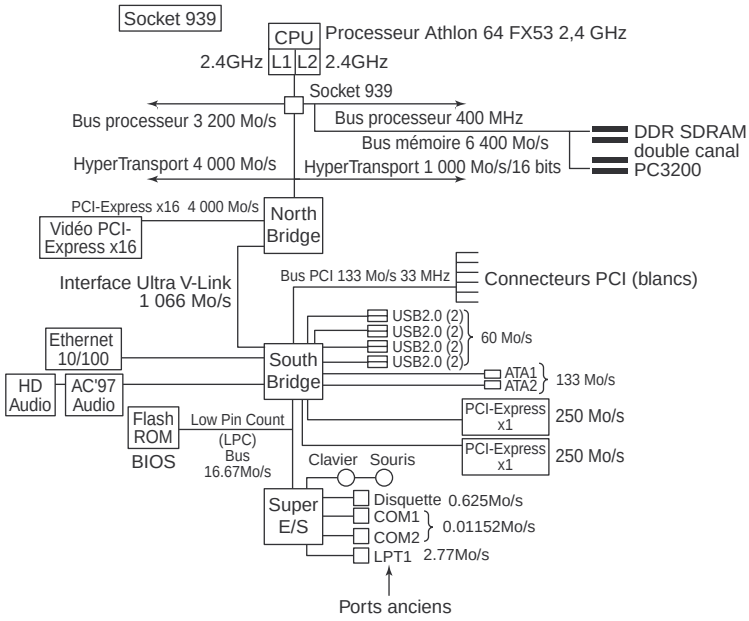
La Figure 3.40 illustre un système à base d'Athlon 64 FX-53 qui utilise les nouveaux connecteurs d'extension PCI-Express x1 et PCI-Express x16.

Le rôle du bus de processeur étant de faire transiter les informations aussi rapidement que possible en provenance et à destination du processeur, il est de loin le bus le plus rapide. Il est constitué de circuits électriques pour les données, pour les adresses (le bus d'adresses est présenté dans la partie suivante) et pour les fonctions de contrôle. Depuis le Pentium original, les processeurs ont un bus de données de 64 bits transférant 64 bits (8 octets) simultanément par le bus processeur.

Le bus de processeur fonctionne à la même fréquence d'horloge que le processeur en externe. Cela peut être trompeur pour l'utilisateur, car actuellement la plupart des processeurs fonctionnent à une fréquence plus élevée en interne qu'en externe. Par exemple, sur un ordinateur équipé d'un Athlon

Figure 3.40

Architecture des systèmes Socket 939 (Athlon 64 FX-53) avec connecteurs PCI-Express.



64 3800+ d'AMD, le processeur fonctionne à 2,4 GHz en interne mais l'ordinateur ne fonctionne qu'à 400 MHz en externe, tandis qu'un Pentium 4 à 3,4 GHz fonctionne à cette vitesse en interne, mais uniquement à 800 MHz en externe. Sur la plupart des ordinateurs modernes, la fréquence réelle du processeur est un multiple (2×, 2,5×, 3×, etc.) de celle du bus de processeur.

Le bus du processeur est solidaire des connexions externes du processeur. À chaque cycle, il peut transférer un bit de données par ligne de données. Ainsi, les processeurs actuels peuvent transférer 64 bits (8 octets) de données simultanément.

Pour déterminer le taux de transfert du bus de processeur, il faut multiplier la quantité de données pouvant être transférées simultanément (64 bits pour un Celeron/Pentium III/4 ou Athlon/Duron/Athlon XP/Athlon 64) par la fréquence d'horloge du bus (identique à la fréquence du processeur avant multiplication).

Si votre ordinateur est équipé d'un processeur Pentium 4 à 3,6 GHz fonctionnant à une fréquence de carte mère de 800 MHz, le taux de transfert instantané maximal est de 6400 Mo/s. Pour obtenir ce chiffre, il suffit d'utiliser la formule suivante :

800 MHz × 8 octets (64 bits) = 6400 Mo/s

Avec des versions plus lentes de Pentium 4, nous obtenons :

533,33 MHz × 8 octets (64 bits) = 4266 Mo/s

ou

400 MHz × 8 octets (64 bits) = 3200 Mo/s

Avec un Athlon XP en Socket A, nous avons :

333,33 MHz × 8 octets (64 bits) = 2667 Mo/s

ou

266,66 MHz × 8 octets (64 bits) = 2133 Mo/s

ou

200 MHz × 8 octets (64 bits) = 1600 Mo/s

Et avec un Pentium III en Socket 370 :

133,33 MHz × 8 octets (64 bits) = 1066 Mo/s

ou

100 MHz × 8 octets (64 bits) = 800 Mo/s

Ce taux de transfert, souvent appelé *largeur de bande* du bus de processeur, représente la vitesse maximale à laquelle les données sont déplacées. Reportez-vous au Tableau 3.59 pour la liste de toutes les largeurs de bande des différents processeurs.

Le bus de mémoire

Le bus de mémoire assure les transferts de données entre le processeur et la mémoire principale, c'est-à-dire la RAM de l'ordinateur. Il est connecté au circuit North Bridge du chipset ou au hub contrôleur de mémoire de la carte mère. Selon le type de mémoire pour lequel le chipset de la carte mère a été conçu, le circuit North Bridge peut fonctionner à différentes vitesses. La meilleure solution est un bus processeur fonctionnant à la même vitesse que la mémoire. Les systèmes utilisant des modules SDRAM PC133 ont une largeur de bande de mémoire de 1066 Mo/s, la même que le bus processeur à 133 MHz. Autre exemple : les systèmes Athlon avec bus processeur en 266 MHz fonctionnent également avec des modules SDRAM DDR PC1200 dont la largeur de bande est 2133 Mo/s, la même que celle du bus processeur. Enfin, les systèmes Pentium 4 en 400 MHz utilisent des mémoires RDRAM à double canal, travaillant à 1600 Mo/s pour chaque canal ou une largeur de bande combinée (les deux canaux travaillent simultanément) de 3200 Mo/s, comme le bus processeur du Pentium 4. Les systèmes Pentium 4 avec bus de 533 MHz sont capables d'exécuter des modules DDR PC2100 ou PC2700 adaptés au taux de transfert de 4266 Go/s du bus de processeur.

Le fait que la mémoire et le bus processeur travaillent tous deux à la même vitesse évite de devoir placer la mémoire cache sur la carte mère. C'est la raison pour laquelle, lorsque le cache L2 a été déplacé dans le processeur, personne n'a ajouté de cache L3 sur la carte mère. Certains processeurs très haut de gamme, par exemple le Pentium 4 Extreme Edition d'Intel, intègrent 2 ou 4 Mo de cache L3 travaillant à la même fréquence que le noyau dans le processeur. Cependant, les puces hautes performances les plus récentes, comme les processeurs Core 2 Duo et Core 2 Quad, ne disposent

que de caches L1 et L2. Par conséquent, le cache L2 sera le type de cache secondaire le plus répandu dans un futur envisageable.

Infos

Le bus de la mémoire vive est toujours de la même largeur que celui du processeur. C'est ce qui permet de définir la taille de ce qu'on appelle un "banc" de mémoire, tout au moins lorsqu'il s'agit de mémoire autre que la RDRAM. Pour plus d'informations sur les bancs de mémoire et sur leur largeur en fonction du bus de processeur, reportez-vous au Chapitre 5, page 370.

Nécessité des slots ou connecteurs d'extension

Les connecteurs de bus d'entrées/sorties, ou connecteurs d'extension, sont les éléments qui assurent les communications entre le processeur et les périphériques. Le bus et les connecteurs d'extension qui sont associés sont indispensables, car la configuration de base d'un ordinateur ne peut en aucun cas satisfaire l'utilisateur. Le bus d'entrées/sorties permet d'ajouter des périphériques à l'ordinateur afin d'en étendre les capacités. Les composants informatiques les plus indispensables, telles les cartes son et vidéo, doivent être enfichés dans des connecteurs d'extension. Toutefois, ces connecteurs peuvent aussi servir à connecter des périphériques plus spécifiques tels que des cartes réseau, des cartes son, etc.

Infos

Sur la plupart des PC modernes, la carte mère intègre un grand nombre de périphériques. Ainsi, la plupart des cartes mères intègrent au moins deux contrôleurs IDE (primaire et secondaire), deux ports USB (*Universal Serial Bus*, bus série universel), un contrôleur de lecteur de disquettes, deux ports série, un port parallèle, et un contrôleur de clavier et de souris. Ces éléments sont en principe répartis entre le circuit South Bridge du chipset et la puce de Super-entrées/sorties. Pour plus d'informations sur ces puces d'entrées/sorties, reportez-vous à la section "Puces de Super-entrées/sorties", p. 218.

Nombre de cartes mères intègrent, en outre, des périphériques tels qu'une carte son, une carte vidéo, une carte SCSI, une carte réseau ou encore un port IEEE-1394a. Ces périphériques ne sont pas incorporés au chipset de la carte mère ni à la puce de Super-entrées/sorties, mais ils se présentent sous forme de puces distinctes ajoutées à la carte mère. Néanmoins, ces contrôleurs et ports intégrés utilisent bel et bien les bus d'entrées/sorties pour communiquer avec le processeur. En d'autres termes, ils fonctionnent comme s'il s'agissait de cartes enfichées dans des connecteurs de bus, et exploitent les mêmes ressources système, et cela de la même manière.

Types de bus d'entrées/sorties

Depuis le premier PC, de nombreux bus d'entrées/sorties ont vu le jour, et ce, pour une raison simple : pour améliorer les performances d'un système donné, il faut accélérer le débit de ses entrées/sorties. Le besoin croissant de performances toujours accrues provient principalement :

- des processeurs plus rapides ;
- des exigences aiguës des logiciels ;
- des nouveaux besoins dans le domaine du multimédia.

Si les nouvelles structures de bus d'entrées/sorties ont été si longues à implémenter, c'est essentiellement pour des raisons de compatibilité. L'un des facteurs du succès du PC est sa standardisation. Elle a donné naissance à des milliers de cartes d'entrées/sorties produites par des sociétés indépendantes et fondées sur les premières spécifications des bus PC. Si un nouveau système de bus à performances accrues voit le jour, il devra être compatible avec les anciens systèmes pour éviter que les anciennes cartes d'extension ne deviennent obsolètes. On peut donc affirmer que les techniques font plus l'objet d'une évolution que d'une révolution.

Les différents bus d'entrées/sorties peuvent être identifiés par leur architecture. Nous les avons détaillés précédemment dans ce chapitre.

Ces bus se différencient essentiellement par la quantité de données qu'ils sont capables de transférer simultanément et par la vitesse à laquelle ils le font. Les parties suivantes décrivent différents types de bus pour PC.

Bus PCI

Au début de 1992, Intel a été à l'origine de la création d'un nouveau groupe de standards rassemblant des grands acteurs du monde de l'informatique. Ce groupe avait le même objectif vis-à-vis des bus de PC que celui de la VESA précédemment : pallier les faiblesses des bus ISA et EISA. C'est ainsi que le groupe d'intérêt spécial PCI (*Peripheral Component Interconnect*, interconnexion de composants périphériques) est né.

La spécification PCI, publiée au mois de juin 1992 dans sa version 1.0, a été mise à jour à plusieurs reprises depuis lors. Le Tableau 3.61 recense les diverses révisions de PCI.

PCI a modifié la conception du bus PC traditionnel en insérant un autre bus entre le processeur et le bus d'entrées/sorties natif au moyen de ponts. Afin qu'il ne soit plus nécessaire de se connecter directement au bus processeur, avec son cadençage électrique très délicat (comme cela avait été le cas pour le bus VL), un nouvel ensemble de contrôleurs a été développé pour étendre le bus, comme le montre la Figure 3.41.

Le bus PCI porte aussi le nom de "bus mezzanine" parce qu'il ajoute une nouvelle couche à la configuration classique du bus. Il contourne le bus d'entrées/sorties standard. Il exploite le bus système pour augmenter la vitesse de l'horloge du bus et tire totalement parti du chemin de données du processeur. Les premiers ordinateurs intégrant un bus PCI ont été disponibles en 1993 et sont devenus depuis le pilier des PC.

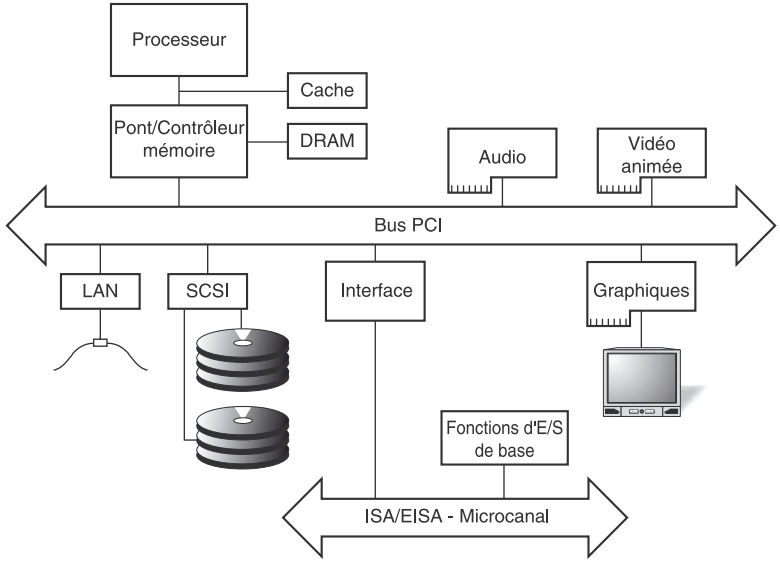
Tableau 3.61 : Spécifications PCI

Spécification PCI	Date Révision	Modification majeure
PCI 1.0	Juin 92	Spécification 32/64 bits originale
PCI 2.0	Avril 93	Définition des connecteurs et des cartes d'extension
PCI 2.1	Juin 95	Opération 66 MHz, modification des latences
PCI 2.2	Janvier 99	Gestion d'énergie, clarifications mécaniques

Tableau 3.61 : Spécifications PCI (*suite*)

Spécification PCI	Date Révision	Modification majeure
PCI-X 1.0	Septembre 1999	Opération 133 MHz, addenda à 2.2
Mini PCI	Novembre 99	Cartes en petit facteur d'encombrement, addenda à 2.2
PCI 2.3	Mars 2002	Signaux en 3,3 V, cartes d'extension en format étroit
PCI-X 2.0	Juillet 2002	Opère à 266 MHz et 533 MHz, gère la séparation du bus de données 64 bits en segments 32 ou 16 bits pour une utilisation par plusieurs périphériques, signaux en 3,3 V/1,5 V
PCI-Express 1.0	Juillet 2002	2,5 Go/s par ligne par direction, signaux en 0,8 V, 250 Mo/s par ligne
PCI-Express 2.0	Janvier 2007	5 Go/s par ligne par direction, signaux en 0,8 V, 500 Mo/s par ligne

Figure 3.41
Schéma conceptuel du bus PCI.



Les informations transitent par le bus PCI à une vitesse de 33 MHz, 32 bits à la fois. La largeur de bande est donc de 133 Mo/s, comme le montre la formule suivante :

33,33 MHz × 4 octets (32 bits) = 133 Mo/s

Si la version PCI 32 bits 33 MHz est le standard mis en œuvre sur bon nombre de PC, il existe cependant quelques variations, comme l'illustre le Tableau 3.62. De nombreux PC récents disposent également de connecteurs PCI-Express x1 et PCI-Express x16.

Tableau 3.62 : Types de bus PCI

Type de bus PCI	Largeur de bus (bits)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
PCI	32	33	1	133
PCI 66 MHz	32	66	1	266
PCI 64 bits	64	33	1	266
PCI 66 MHz/64 bits	64	66	1	533
PCI-X 64	64*	66	1	533
PCI-X 133	64*	133	1	1066
PCI-X 266	64*	133	2	2132
PCI-X 533	64*	133	4	4266
PCI-Express 1.x**	1	2500	0,8	250
PCI-Express 1.x**	16	2500	0,8	4000
PCI-Express 1.x**	32	2500	0,8	8000
PCI-Express 2.x**	1	5000	0,8	500
PCI-Express 2.x**	16	5000	0,8	8000
PCI-Express 2.x**	32	5000	0,8	16000

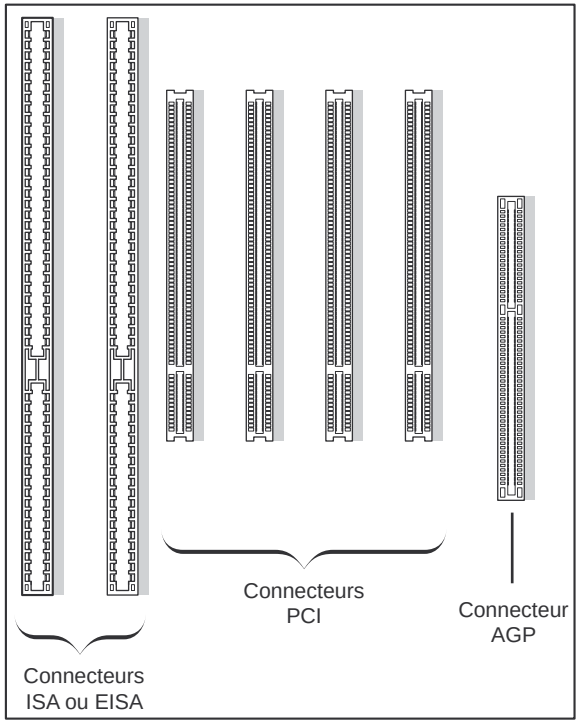
* La largeur de bus du PCI-X peut être partagée par plusieurs périphériques 32 ou 16 bits.
** PCI-Express utilise un codage 8o/10o, qui transfère 8 bits pour chaque 10 bits envoyés et peut transférer de 1 à 32 bits à la fois selon le nombre de lignes implémentées.

À l'heure actuelle, les versions 64 bits ou 66 et 133 MHz sont utilisées uniquement sur des cartes destinées aux serveurs ou aux stations de travail. L'augmentation des performances est en partie due au fait que le bus PCI peut fonctionner parallèlement au bus processeur; il ne le supplante pas. Le processeur peut gérer des données en mémoire cache externe pendant que le bus PCI s'occupe de transférer des données entre les autres composants du système – avantage non négligeable du bus PCI, issu de son architecture.

Les cartes d'extension PCI possèdent un connecteur de bus spécifique. Ce connecteur est facilement repérable à sa position décalée par rapport aux connecteurs ISA, MCA ou EISA normaux. La Figure 3.42 présente un exemple. La taille d'une carte PCI peut être la même que celle de certaines cartes d'entrées/sorties normales.

La spécification PCI identifie trois configurations de carte, conçues chacune pour un type d'ordinateur dont les besoins en matière de puissance sont spécifiques. Chaque spécification offre une version 32 bits et une version plus longue en 64 bits. Les cartes alimentées en 5 V sont destinées aux ordinateurs de bureau (basés sur PCI 2.2 ou les versions précédentes). Les modèles alimentés en 3,3 V s'adressent aux portables (également reconnus par PCI 2.3). Les cartes universelles concernent les cartes mères et les cartes d'extension qui acceptent l'une ou l'autre de ces tensions. Les ver-

Figure 3.42
Exemple de configuration des connecteurs PCI 32 bits à 33 MHz par rapport aux connecteurs ISA, AGP ou EISA.



sions 64 bits des connecteurs PCI 5 V et universels sont principalement utilisées avec les cartes mères pour serveurs. Les spécifications PCI-X 2.0 des versions 266 et 533 gèrent les signaux en 3,3 V et 1,5 V ; cela correspond à PCI version 2.3, qui prend en charge les signaux en 3,3 V.

La Figure 3.43 compare les versions 32 et 64 bits du connecteur PCI standard 5 V à un connecteur PCI universel 64 bits. La Figure 3.44 compare le connecteur de la carte PCI universelle 64 bits au connecteur 64 bits universel de la carte mère.

Le standard PCI universel combine les spécifications PCI 5 V et PCI 3,3 V. Pour les broches dont la tension peut être différente, le standard PCI universel prévoit la simple mention "entrées/sorties V". Les broches de ce type portent un signal particulier qui permet de définir et de gérer l'amplitude du signal PCI.

Une autre caractéristique majeure du standard PCI est d'avoir servi de modèle à la spécification Plug and Play (PnP) définie par Intel. Cela signifie que les cartes PCI ne présentent ni cavaliers ni micro-interrupteurs, et qu'elles ne peuvent être configurées que par voie logicielle. Les ordinateurs vraiment PnP sont capables de configurer automatiquement les cartes d'extension, alors que les systèmes non PnP équipés de connecteurs ISA doivent configurer les cartes par l'intermédiaire d'un

Figure 3.43

Connecteur 32 bits à 33 MHz PCI (à gauche) comparé à un connecteur 64 bits à 33 MHz PCI (au centre) et à un connecteur PCI universel 64 bits à 66 MHz (en bas).

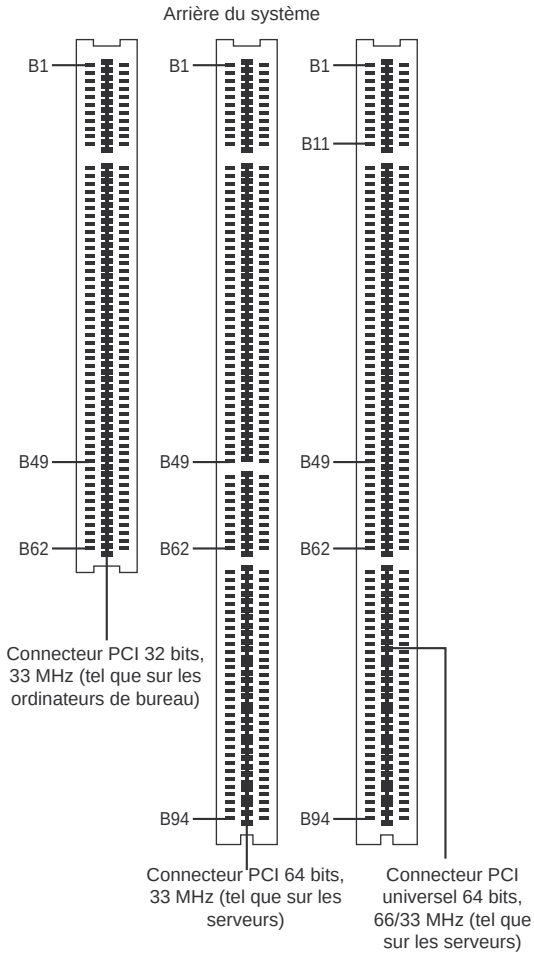
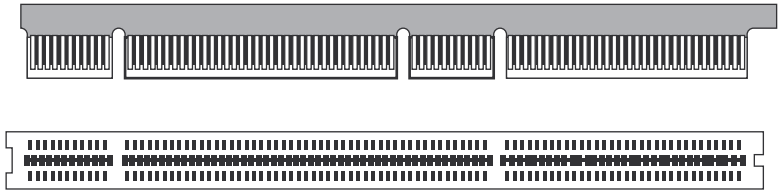


Figure 3.44

Connecteur de carte PCI universel 64 bits (en haut) comparé au connecteur universel 64 bits de la carte mère (en bas).



programme qui fait habituellement partie de la configuration système CMOS. La plupart des ordinateurs PC compatibles commercialisés depuis la fin de l'année 1995 incluent un BIOS PnP qui assure automatiquement la configuration PnP.

PCI-Express

Au cours de l'année 2001, un groupe d'entreprises, appelé Arapahoe Work Group (entraîné à l'origine par Intel), a développé un projet de spécification pour un nouveau bus à grande vitesse. Son nom de code était 3GIO (entrées/sorties de troisième génération). En août 2001, le PCI Special Interest Group (PCI-SIG) a accepté de prendre en charge, de gérer et de promouvoir la spécification de l'architecture 3GIO comme étant la nouvelle génération de PCI. En avril 2002, le projet 3GIO en version 1.0 a été achevé, transféré au PCI-SIG et renommé PCI-Express. En juin 2002, les spécifications du PCI-Express 1.0 étaient finalement approuvées. Elles sont passées à la version 1.1 en avril 2005 et à la version 2.0 en janvier 2007.

Le nom de code initial venait du fait que la nouvelle spécification de bus était destinée au départ à étendre et éventuellement à remplacer les architectures des anciens bus ISA/AT (première génération) et PCI (deuxième génération) dans les PC. Chacune des deux premières générations d'architectures de bus PC était prévue pour une durée de vie de 10 à 15 ans. Suite à son adoption et à son approbation par le PCI-SIG, PCI-Express est désormais destiné à devenir l'architecture dominante en vue de prendre en charge les besoins croissants en largeur de bande dans les PC au cours des 10 à 15 années à venir.

Les caractéristiques clés de PCI-Express sont :

- Compatibilité avec les pilotes de périphériques logiciels et d'énumération PCI.
- Connexion physique par média cuivre, optique ou tout autre média physique pour permettre de futurs modèles d'encodage.
- La largeur de bande maximale par broche engendre des facteurs d'encombrement réduits, des coûts plus faibles, des conceptions de cartes simplifiées et une diminution des problèmes d'intégrité des signaux.
- Un schéma d'horloge intégré facilite les changements de fréquence (vitesse) par rapport à un système d'horloge synchrone.
- La largeur de bande (taux de transfert) augmente très facilement avec la fréquence ainsi que le nombre de lignes.
- Latence moindre pour les applications nécessitant une livraison de données isochrone (liée au temps), par exemple les flux vidéo.
- Branchement et remplacement à chaud, sans redémarrage.
- Possibilités de gestion d'énergie.

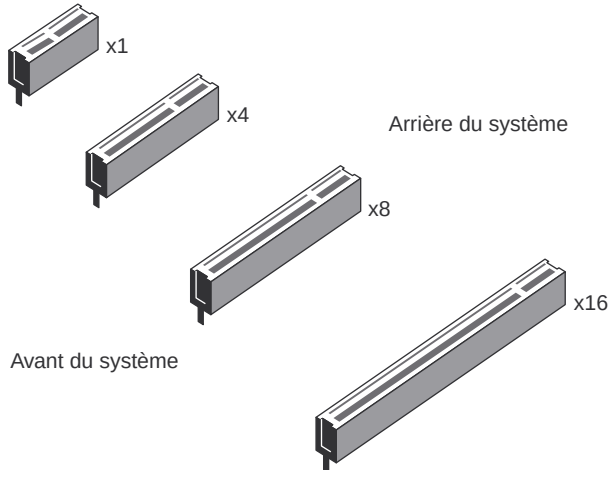
PCI-Express est un autre exemple de la tendance des PC à passer des interfaces parallèles aux interfaces série. Les architectures de bus PC des générations précédentes présentaient une conception parallèle, dans laquelle des bits multiples étaient envoyés simultanément et en parallèle par plusieurs broches. Plus le nombre de bits envoyés simultanément était élevé, plus le bus les transférait

vite. La cadence des signaux parallèles devait être identique, ce qui devenait de plus en plus difficile à réaliser par des connexions sans cesse plus rapides et plus longues. Bien que des bus tels que PCI et AGP soient en mesure de transmettre 32 bits simultanément, le délai de propagation et d'autres problèmes les faisaient arriver à l'autre extrémité avec de légers décalages, d'où un écart entre l'arrivée du premier bit et celle du dernier.

La conception du bus série est beaucoup plus simple. Il envoie un bit par le biais d'un câble unique, mais à des vitesses beaucoup plus importantes que ne le permet le bus parallèle. Avec l'envoi en série des bits, la cadence des bits individuels et la longueur du bus ne posent pas de gros problème. En combinant de multiples voies série, il est possible d'aboutir à des taux de transfert dépassant de loin les capacités des bus parallèles traditionnels.

PCI-Express est basé sur une conception de bus série à grande vitesse offrant une rétrocompatibilité avec les pilotes logiciels et les contrôles de bus parallèles PCI actuels. Avec PCI-Express, les données sont envoyées en full duplex (chemins unidirectionnels opérant simultanément) au moyen de deux paires de fils gérant des signaux différents, appelées des *lignes*. Chaque ligne offre au départ un taux de transfert de l'ordre de 250 Mo/s dans chaque direction et permet des extensions de 1 à 2, 4, 8, 16 ou 32 lignes. Ainsi, une configuration à grande largeur de bande avec 16 lignes, qui permet d'envoyer 16 bits dans chaque direction simultanément, offre une largeur de bande de 4 Go/s (dans chaque direction) et n'utilise pour cela que 40 broches (32 pour les différentes paires de données et huit pour le contrôle). PCIe 2.0 augmente le débit à 500 Mo/s par ligne, c'est-à-dire 8000 Mo/s pour un connecteur x16. Cela est à comparer à PCI qui ne dispose que d'une largeur de bande de 133 Mo/s (une direction à la fois). La Figure 3.45 compare les connecteurs PCI-Express x1 à x16. Notez que les connecteurs PCI-Express x4 et x8 présentés à la Figure 3.45 sont principalement destinés à des machines serveurs.

Figure 3.45
Connecteurs PCI-Express x1, x4, x8 et x16.



PCI-Express emploie un schéma d'encodage de 8 bits en 10 bits conçu par IBM, qui exploite des signaux autocadencés facilitant les futures augmentations de fréquence. La fréquence de départ est de 2,5 GHz et la spécification prévoit une augmentation jusqu'à 10 GHz dans le futur, ce qui correspond à peu près à la limite physique des connexions en cuivre. En combinant l'augmentation de fréquence avec la possibilité d'employer jusqu'à 32 lignes, PCI-Express devrait être en mesure de supporter les largeurs de bandes futures jusqu'à 32 Go/s.

PCI-Express est conçu pour étendre et éventuellement remplacer bon nombre des bus actuellement utilisés dans les PC. Il ne s'agira pas uniquement d'un supplément (ou du remplaçant) pour les slots PCI, mais il remplacera également les interfaces existantes Hub d'Intel et HyperTransport d'ADM entre les composants du chipset de la carte mère. De plus, il remplacera les interfaces vidéo comme AGP et deviendra un bus d'attache des autres interfaces, par exemple Serial ATA, USB 2.0, 1394B (FireWire ou iLink), Gigabit Ethernet et d'autres.

Étant donné que PCI-Express peut être mis en œuvre par le biais de câbles mais aussi intégré sur la carte, il peut servir à créer des systèmes construits à l'aide de "briques" à distance contenant le cœur de la puissance de traitement. Imaginez la carte mère, le processeur et la RAM dans une seule petite cartouche cachée sous la table, avec la vidéo, les disques durs et les ports d'entrées/sorties dans un autre boîtier placé sur une autre table à portée de main. Cette solution permettrait le développement d'une vaste gamme de facteurs d'encombrement d'une souplesse inégalée sans remettre en cause les performances.

PCI-Express ne remplacera pas PCI ni les autres interfaces d'un jour à l'autre. Les développeurs de systèmes continueront d'intégrer PCI, AGP et les autres architectures de bus dans leurs systèmes pendant encore de nombreuses années. Mais, à l'instar de ce qui s'est passé avec les bus PCI et ISA/AT précédemment, nous assisterons à une longue période où les deux bus cohabiteront sur les cartes mères. Nous constaterons progressivement qu'il y a de moins en moins de connexions PCI et de plus en plus de connexions PCI-Express. Au fil du temps, PCI-Express deviendra la solution de prédilection pour les interconnexions d'entrées/sorties généralistes. Nous pensons que la transition reprendra les grandes lignes de celles que nous avons connues pour le bus ISA/AT vers PCI au cours des années 1990. Les cartes mères ATX actuelles sont équipées pour moitié de connecteurs PC et pour moitié de connecteurs PCI-Express.

Même s'il faudra un peu de temps pour que PCI-Express remplace totalement PCI, PCI-Express x16 a déjà supplanté AGP 8×.

Les cartes mères pour ordinateurs de bureau les plus récentes combinent les connecteurs PCI, PCI-Express x1 et x16. Celles réservées aux stations de travail et aux serveurs ajoutent également des connecteurs PCI-Express à leurs connecteurs PCI-X et PCI habituels.

Pour de plus amples informations sur PCI-Express, consultez le site web du PCI-SIG (**www.pci-sig.org**).

Bus AGP

Au milieu des années 1990, Intel a créé le port AGP (*Accelerated Graphics Port*, port graphique accéléré) pour le support des graphiques et de la vidéo hautes performances. AGP se fonde sur PCI, mais il présente en plus quelques ajouts et améliorations. De plus, il est physiquement, électriquement et logiquement indépendant de PCI. Mis à part le fait qu'il possède des signaux supplémentaires et qu'il est positionné différemment dans le système, le connecteur AGP, par exemple, est semblable au connecteur PCI. Contrairement au bus PCI, qui lui est un véritable bus équipé de connecteurs multiples, AGP est une connexion point à point à hautes performances, destinée à la carte vidéo d'un système, car seul un connecteur AGP est disponible pour une carte vidéo. La spécification AGP 1.0 a été lancée par Intel en juillet 1996, et définit une fréquence d'horloge de 66 MHz et un mode de signalisation 1× ou 2× fonctionnant à 3,3 V. La version AGP 2.0, lancée en mai 1998, fonctionne en mode 4× et en 1,5 V.

La dernière révision de la spécification AGP pour les PC est AGP 8×, appelée parfois AGP 3.0. AGP 8× définit une vitesse de transfert de 2,133 Go/s, soit le double d'AGP 4×. Cette spécification a été publiée en novembre 2002. AGP 8× est désormais intégré dans les nouveaux chipsets de carte mère et les cartes graphiques. Même si AGP 8× offre une vitesse maximale deux fois plus élevée que AGP 4×, les différences réelles entre des périphériques AGP 4× et 8× aux autres caractéristiques identiques sont minimes. Cependant, de nombreuses puces 3D compatibles AGP 8× se fondent sur de la mémoire plus performante et des fréquences du noyau graphique 3D plus élevées afin de profiter au mieux de l'interface plus rapide.

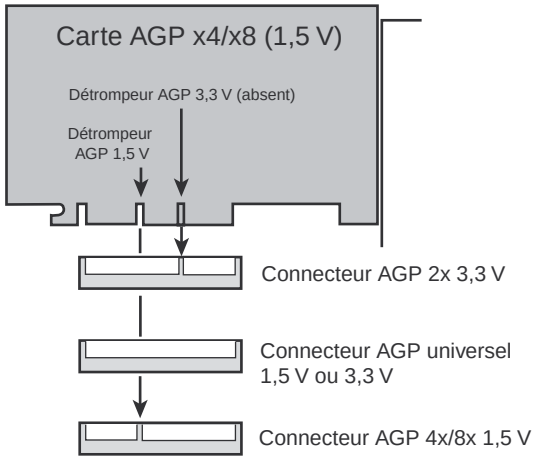
La plupart des cartes vidéo AGP de dernière génération sont conformes aux spécifications AGP 4× ou AGP 8×, qui se basent sur une tension de 1,5 V. Les anciennes cartes mères avec des connecteurs AGP 2× n'acceptent que des cartes en 3,3 V. Si vous enfichez une carte 1,5 V dans un connecteur 3,3 V, vous risquez de l'endommager, ainsi que la carte mère. Des détrompeurs ont donc été ajoutés par la spécification afin d'empêcher de tels désastres. Normalement, les connecteurs et les cartes sont faits pour empêcher d'insérer la mauvaise carte dans le mauvais connecteur. Cependant, il existe des supports universels qui acceptent les cartes 1,5 V et les cartes 3,3 V. Les détrompeurs sont définis par la norme AGP, comme l'illustre la Figure 3.47.

La Figure 3.46 montre clairement que les cartes AGP 4× ou 8× (1,5 V) ne peuvent être enfichées que dans des connecteurs 1,5 V ou universels (3,3 V ou 1,5 V). Grâce aux détrompeurs, une carte 1,5 V ne peut pas entrer dans un connecteur 3,3 V. Si vous ne parvenez pas à insérer votre nouvelle carte AGP dans le connecteur de votre carte mère, estimez-vous heureux car, sans les détrompeurs, vous auriez certainement détruit la carte AGP et la carte mère !

Attention

Certaines cartes mères compatibles AGP 4×/8× nécessitent l'emploi exclusif de cartes AGP 4×/8× en 1,5 V. Vérifiez soigneusement ce point avant d'acheter une carte AGP. Certains connecteurs compatibles AGP 4×/8× utilisent le mécanisme de maintien de carte présenté à la Figure 3.45. Notez que les connecteurs AGP 1×/2× ont un diviseur visible non présent sur les nouveaux connecteurs AGP 4×. Ceux-ci peuvent également accepter des cartes AGP 8×, et inversement.

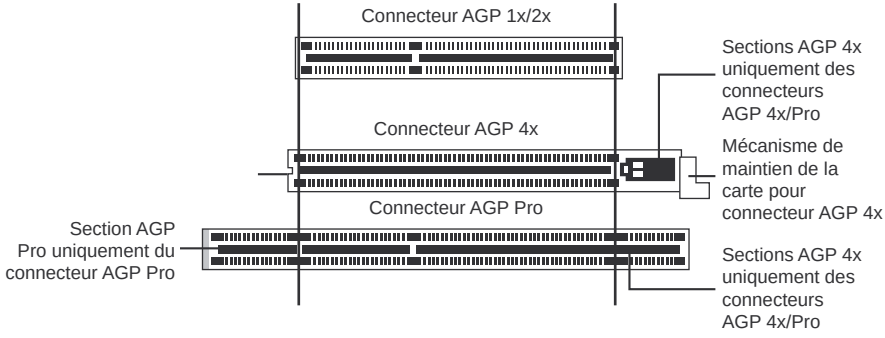
Figure 3.46
Carte AGP 4×/8× (1,5 V) et connecteurs AGP 3,3 V, universel et 1,5 V.



Il existe également une nouvelle spécification AGP Pro 1.0, définie en août 1998 et révisée en avril 1999 sous la dénomination AGP Pro 1.1a. Cette dernière est équipée d'un connecteur beaucoup plus long, possédant des broches d'alimentation supplémentaires à chacune de ses extrémités afin de prendre en charge des cartes AGP plus rapides et d'une taille plus importante consommant plus de 25 W (jusqu'à un maximum de 110 W). Les cartes AGP Pro sont principalement destinées aux stations de travail graphiques haut de gamme. Les connecteurs AGP Pro sont compatibles avec les versions antérieures, ce qui signifie que des cartes AGP standard peuvent y être enfichées. Comme ces connecteurs sont plus longs et qu'il est possible d'y insérer, incorrectement, des cartes AGP 1×/2×, certains constructeurs fournissent un cache pour l'extension AGP Pro, à l'arrière du connecteur. Ce cache ne doit être retiré qu'en cas de mise en place d'une carte AGP Pro.

Les connecteurs AGP 1×/2×, AGP 4× et AGP Pro sont comparés les uns aux autres à la Figure 3.47.

Figure 3.47
AGP standard (1×/2×), AGP 4× et AGP Pro. Les connecteurs AGP 4× et AGP Pro acceptent les cartes AGP 1×, 2× et 4×.



La connexion AGP s'exécute à la vitesse de 66 MHz (plus exactement 66,66 MHz), ce qui est le double de la connexion PCI. En mode 1×, un seul transfert est réalisé par cycle. Le bus AGP ayant une largeur de 32 bits (4 octets), à 66 millions d'émissions par seconde il est capable de transférer les données à un taux d'environ 266 Mo/s (million d'octets par seconde) ! La spécification AGP originale définit également un mode 2×, où deux transferts sont réalisés par cycle, afin de porter le débit maximal théorique à 533 Mo/s. Si l'on compare ce processus à un roulement de tambour, en mode 1×, des informations sont envoyées chaque fois que la baguette touche le tambour. En mode 2×, des informations sont également envoyées chaque fois que la baguette est levée. Ce système permet de doubler les performances générales du circuit vidéo tout en maintenant la même fréquence d'horloge. Si les premières cartes AGP ne prenaient en compte que le mode 1×, les constructeurs se sont rapidement orientés vers le mode AGP 2×. La spécification AGP 2.0 ajoute la capacité de transfert en 4×, grâce à laquelle il est possible de transférer des données à raison de quatre fois par cycle, pour un taux de transfert de 1066 Mo/s. La plupart des cartes existantes supportent le standard 4× au minimum, et de nombreux chipsets de NVIDIA et ATI prennent en charge AGP 8×. Le Tableau 3.63 compare les fréquences d'horloge et les vitesses de transfert des données (largeurs de bande) pour chacun des modes AGP.

Tableau 3.63 : Comparaison entre les fréquences d'horloge et les vitesses de transfert des données

Type de bus AGP	Largeur de bus (bits)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
AGP	32	66	1	266
AGP 2×	32	66	2	533
AGP 4×	32	66	4	1066
AGP 8×	32	66	8	2133

Le système AGP étant indépendant du système PCI, le fait d'utiliser une carte vidéo AGP libère le bus PCI pour les entrées et sorties plus traditionnelles, telles que pour les contrôleurs IDE ATA ou SCSI, les contrôleurs USB, les cartes son, etc.

En plus des performances vidéo, l'une des principales raisons qui ont poussé Intel à concevoir le standard AGP a été de permettre à la carte vidéo d'obtenir une connexion directe et très rapide avec la RAM du système ; on obtient ainsi un système vidéo plutôt rapide et puissant pour un coût raisonnable. Le besoin d'une mémoire vidéo de plus en plus importante est ainsi considérablement réduit. Puisque la carte vidéo AGP a directement accès à la RAM principale, une solution graphique bon marché peut être intégrée à la carte mère sans avoir à ajouter de la mémoire vidéo supplémentaire. Cependant, peu de cartes AGP récentes partagent la mémoire principale. Elles disposent de leur propre mémoire à hautes performances (256 Mo pour certaines). Utiliser une mémoire dédiée directement sur la carte vidéo se révèle particulièrement important pour les applications vidéo 3D très gourmandes en puissance. AGP permet de concevoir des cartes vidéo qui répondent aux contraintes du rendu 3D et à la lecture de films sur les PC.

Bien qu'AGP 8× (2133 Mo/s) soit 16 fois plus rapide que PCI 32 bits à 33 MHz (133 Mo/s), il reste deux fois moins rapide que PCI-Express x16 (4000 Mo/s). Depuis mi-2004, les fournisseurs de cartes mères et de systèmes remplacent les connecteurs AGP 8× par des connecteurs PCI-Express x16 dans les machines haut de gamme à base de processeurs Pentium 4 et Athlon 64. Début 2006, la plupart des cartes mères de toute gamme disposent de connecteurs PCI-Express x16 à la place d'AGP. Cette tendance sonne le glas d'AGP.

Infos

Si vous souhaitez acquérir une carte mère qui utilise PCI-Express x16, mais sans vouloir remplacer en même temps votre carte vidéo AGP, il existe des modèles qui disposent des deux types de connecteurs.

Ressources système

Les ressources système désignent l'ensemble des canaux de communication, des adresses et des autres signaux utilisés par les périphériques pour communiquer sur le bus. Au niveau le plus bas, ces ressources sont constituées des éléments suivants :

- adresses de mémoire;
- canaux d'IRQ (*Interrupt Request*, demande d'interruption);
- canaux DMA (*Direct Memory Access*, accès direct à la mémoire);
- adresses de ports d'entrées/sorties.

Dans la liste précédente, l'ordre des ressources a été choisi en fonction des problèmes qu'elles posent. Les conflits de mémoire sont peut-être les plus ennuyeux et sans doute les plus difficiles à élucider et à résoudre. Le Chapitre 5 leur est consacré. Vous y trouverez des informations sur les autres ressources mentionnées ici et sur les problèmes qu'elles peuvent occasionner.

Les IRQ sont plus problématiques que les canaux DMA car elles sont beaucoup plus sollicitées : presque toutes les cartes utilisent des canaux d'IRQ. Les canaux DMA sont moins problématiques étant donné que peu de cartes y ont recours et qu'il y a souvent plus de canaux que nécessaire. Les ports d'entrées/sorties sont utilisés par tous les périphériques connectés au bus mais il y en a 64 Ko, c'est-à-dire un grand nombre. En tant qu'administrateur de votre ordinateur, vous devez faire en sorte que chaque ressource ne soit utilisée que par une seule et unique fonction de carte ou de matériel. Dans la plupart des cas, une ressource ne peut pas être partagée.

De nombreux composants de l'ordinateur ont besoin de ces ressources pour fonctionner. Les cartes d'extension y ont recours pour communiquer avec l'ordinateur et remplir leurs fonctions, mais elles n'ont pas toutes les mêmes besoins à ce niveau. Par exemple, un port série de communication nécessite une ligne d'IRQ et une adresse de port d'entrées/sorties. Une carte son nécessite au moins un canal DMA. La plupart des cartes réseau utilisent un bloc de 16 Ko d'adresses mémoire, une ligne d'IRQ et une adresse de port d'entrées/sorties.

Plus un ordinateur est complexe, plus les risques de conflits entre ressources tendent à se multiplier. Les ordinateurs modernes équipés de nombreux périphériques peuvent devenir un véritable cauchemar au niveau de leur configuration pour les non-initiés. Parfois, les possibilités de configuration automatique du Plug and Play peuvent ne pas réussir à trouver la bonne configuration des ressources pour que tout fonctionne correctement. La plupart des cartes d'extension permettent de modifier les affectations de ressources en utilisant le logiciel Plug and Play fourni ou le gestionnaire de périphériques de Windows 9x et des versions ultérieures. Vous pouvez ainsi améliorer une configuration par défaut en procédant à quelques changements. Heureusement, dans presque tous les cas, il existe une logique dans la configuration du système… Mais cette logique implique de respecter certaines règles !

Les systèmes récents compatibles ACPI et équipés de bus modernes, comme PCI et PCI-Express, présentent rarement des problèmes de configuration des ressources. Dans pratiquement tous les cas, elle se fera automatiquement et correctement.

Requêtes d'interruption (IRQ)

Les canaux d'*IRQ* (*requêtes d'interruption*), ou d'interruption matérielle, sont empruntés par divers périphériques pour indiquer à la carte mère qu'une requête doit être satisfaite. Ce système peut être comparé au comportement d'un élève qui lève la main pour réclamer l'attention de son professeur.

Ces canaux d'interruption sont représentés par des fils ou des pistes en cuivre sur la carte mère et dans les connecteurs. Lorsqu'une interruption est invoquée, une routine particulière prend le contrôle du système, qui commence par enregistrer tous les registres du contenu du processeur dans une pile avant de diriger le système vers la table de vecteurs d'interruption. Cette table contient une liste d'adresses de mémoire correspondant aux lignes d'interruption. Le programme qui se met en route dépend de l'interruption appelée.

Les pointeurs de la table de vecteurs indiquent l'adresse du pilote logiciel utilisé pour contrôler la carte qui a généré l'interruption. Pour une carte réseau, le pointeur peut indiquer l'adresse des pilotes réseau chargés, et ce pour assurer le fonctionnement de la carte. Pour un contrôleur de disque dur, le pointeur peut se positionner sur le code du BIOS activant ce dernier.

Une fois les diverses opérations requises par la carte effectuées par la routine, le logiciel contrôlant le processus d'interruption remet le contenu de la pile dans les registres du processeur, et l'ordinateur reprend là où il en était avant cette interruption.

Le système des interruptions permet à l'ordinateur de répondre aux événements extérieurs de façon optimale. Chaque fois qu'un port série adresse un octet à l'ordinateur, une interruption est générée afin que l'ordinateur puisse lire celui-ci avant l'arrivée du suivant. Gardez bien à l'esprit qu'un périphérique de port, en particulier un modem comprenant une ou plusieurs puces UART 16550, peut parfois contenir un tampon d'octets servant à stocker plusieurs caractères avant qu'une interruption soit générée.

Pour déterminer les priorités à établir entre les interruptions matérielles, l'ordinateur se base en règle générale sur le numéro qu'elles portent. À quelques exceptions près, les interruptions portant

le numéro le plus faible ont la priorité la plus élevée. Les interruptions à degré de priorité élevé prennent le pas sur celles qui ne bénéficient que d'un degré de priorité faible. Par conséquent, plusieurs interruptions peuvent se produire simultanément sur un ordinateur, chacune s'imbriquant dans une autre.

Si vous surchargez l'ordinateur – dans le cas présent, en dépassant les ressources de la pile, trop d'interruptions s'étant produites simultanément –, une erreur interne de dépassement de pile survient et l'ordinateur se bloque. Il fait généralement apparaître le message `Dépassement de pile`. Si vous rencontrez ce type d'erreur système alors que l'ordinateur fonctionne sous DOS, utilisez le paramètre `STACK` dans le fichier CONFIG.SYS afin d'augmenter les ressources de piles. Sous Windows 9x et les versions ultérieures, ce type d'erreur est extrêmement rare.

Le bus ISA utilise un système de *détection d'interruptions* à déclenchement par front. Un signal est envoyé sur un fil particulier logé sur le connecteur. À chaque type d'interruption matérielle possible correspond un fil différent. La carte mère est incapable de reconnaître le connecteur contenant la carte qui utilise une ligne d'interruption (ce qui engendre l'interruption); si plusieurs cartes étaient configurées pour utiliser une même ligne d'interruption, cela poserait des problèmes. Chaque interruption est donc désignée pour un périphérique unique. La plupart du temps, les interruptions ne peuvent pas être partagées.

Certains périphériques peuvent être configurés pour partager des interruptions mais la plupart en sont incapables, essentiellement en raison de la manière dont les interruptions sont signalées sur le bus ISA. Les ordinateurs à bus PCI, en revanche, permettent parfaitement de partager les interruptions. En fait, presque toutes les cartes PCI sont configurées pour utiliser l'interruption PCI A, et partagent cette dernière sur le bus PCI. Le seul problème est qu'il existe deux types d'interruptions matérielles dans le système : les interruptions PCI et les interruptions ISA. Pour que les cartes PCI fonctionnent correctement sur un PC, les interruptions PCI doivent être converties en interruptions ISA, qui ne peuvent normalement pas être partagées. Dans un grand nombre de cas, il est donc nécessaire d'affecter à chaque carte PCI une interruption qui ne provoque pas de conflits avec d'autres cartes. L'attribution d'IRQ ISA pour des interruptions PCI a engendré de nombreux soucis de configuration aux premiers utilisateurs des cartes mères PCI, et cela a continué même après la sortie de Windows 95 et de sa technologie Plug and Play.

La solution au problème de partage de l'interruption pour les cartes PCI se nomme *PCI IRQ Steering*. Cette méthode est supportée par les BIOS et les systèmes d'exploitation les plus récents (depuis Windows 95 OSR 2.x). PCI IRQ Steering permet à un système PnP, tel que Windows, de convertir dynamiquement les cartes PCI (qui utilisent toutes PCI INTA#) en interruptions ISA. Elle autorise également la conversion de plusieurs cartes PCI en une seule et même interruption ISA. Une information détaillée concernant PCI IRQ Steering est fournie dans la section traitant des interruptions PCI un peu plus loin dans ce chapitre.

On dit souvent des interruptions matérielles externes qu'elles sont "masquables", ce qui signifie tout simplement qu'elles peuvent être masquées ou désactivées pendant un court instant lorsque le processeur est utilisé pour d'autres opérations critiques. C'est au BIOS système et aux programmes qu'il incombe de gérer au mieux les interruptions, afin de garantir des performances optimales à l'ordinateur.

Puisque les interruptions ne peuvent pas être partagées sur un ordinateur à bus ISA, il se produit souvent des conflits, et le nombre d'interruptions peut même devenir insuffisant au fur et à mesure que de nouvelles cartes sont ajoutées. Si deux cartes exploitent la même ligne d'IRQ pour communiquer avec l'ordinateur, le conflit qui en découlera empêchera les deux cartes de fonctionner de manière satisfaisante. Les sections suivantes traitent des IRQ utilisées par les périphériques standard et de celles qui sont sans doute disponibles sur votre ordinateur.

Interruptions PCI

Le bus PCI utilise son propre système d'interruptions internes (IRQ) pour gérer les demandes d'accès au bus formulées par les différentes cartes. Il existe quatre interruptions PCI nommées "INTA#", "INTB#", "INTC#" et "INTD#". Ces interruptions "INTx#" s'effectuent sur différents niveaux, ce qui signifie que la signalisation électrique autorise leur partage entre les cartes PCI. En fait, toutes les cartes ou puces PCI à périphérique ou fonction unique, et utilisant seulement une interruption, doivent choisir l'interruption INTA#. C'est l'une des règles de la spécification PCI. S'il existe des périphériques supplémentaires sur une puce ou une carte, ceux-ci peuvent utiliser les interruptions INTB# à INTD#. Les cartes ou les puces PCI multifonctions étant très peu nombreuses, presque tous les périphériques sur un bus PCI donné partageront l'interruption INTA#.

Pour que le bus PCI fonctionne dans un PC, les interruptions PCI doivent être converties en interruptions ISA. Ces dernières ne pouvant être partagées, chaque carte PCI utilisant une interruption INTA# sur le bus PCI doit être convertie en une interruption ISA différente, non "partageable". Par exemple, un système peut disposer de quatre connecteurs PCI dans lesquels sont enfichées des cartes PCI, chacune utilisant une interruption PCI INTA#. Dans la plupart des cas, chacune de ces cartes sera convertie en une requête d'interruption (IRQ) ISA disponible, telle que IRQ 9, IRQ 10, IRQ 11 et IRQ 5.

Attribuer des IRQ uniques pour chaque périphérique sur les bus PCI et ISA a toujours posé un réel problème. En fait, les interruptions disponibles ne sont pas assez nombreuses. Mais, s'il n'a jamais été possible de définir deux périphériques ISA pour une même IRQ, sur la plupart des systèmes les plus récents, plusieurs périphériques PCI peuvent partager la même IRQ. Les BIOS système les plus récents ainsi que les systèmes d'exploitation PnP tels que Windows 95B OSR2, Windows 98 et Windows 2000/XP supportent tous une fonction nommée PCI IRQ Steering. Pour obtenir un résultat satisfaisant, il est nécessaire que votre BIOS système et votre système d'exploitation supportent tous deux la fonction IRQ Steering. Les BIOS les plus anciens, ainsi que Windows 95 ou 95a, ne supportent pas cette fonction.

En règle générale, le BIOS affecte des IRQ uniques aux périphériques PCI. Si votre système supporte la fonction PCI IRQ Steering, et que cette dernière soit activée, Windows affecte plusieurs

interruptions IRQ à ces mêmes périphériques. Bien que Windows ait la possibilité de modifier ces paramètres, il n'effectue pas cette opération automatiquement, excepté lorsque cela se révèle nécessaire pour éliminer des conflits. Si les interruptions IRQ sont en nombre insuffisant, la fonction IRQ Steering fait en sorte que Windows affecte une seule IRQ à plusieurs périphériques PCI, permettant ainsi à tous les périphériques du système de fonctionner correctement. Sans cette fonction, Windows désactive les périphériques dès que le nombre d'interruptions IRQ n'est plus suffisant.

Pour déterminer si la fonction IRQ Steering est activée dans votre système Windows, vous pouvez suivre les étapes suivantes :

1. Ouvrez le gestionnaire de périphériques.
2. Double-cliquez sur Périphériques système.
3. Double-cliquez sur Bus PCI, puis sélectionnez l'onglet IRQ Steering. Un contrôle aura lieu et il vous sera indiqué si la fonction IRQ Steering est activée ou désactivée. Si elle est activée, il vous sera également spécifié à quel endroit la table d'IRQ a été lue.

Notez qu'avec Windows 2000, XP et Vista, il est impossible de désactiver la fonction IRQ Steering et qu'aucun onglet correspondant n'apparaît dans le gestionnaire de périphériques.

La fonction IRQ Steering est contrôlée par l'une des quatre tables de routage que Windows tente de lire. Windows recherche ces tables dans l'ordre et utilise la première trouvée. Il est impossible d'imposer l'ordre dans lequel Windows doit rechercher ces tables. Cependant, si vous sélectionnez ou supprimez la sélection "Obtenir la table IRQ en utilisant…", vous pouvez privilégier une table en désactivant la recherche pour les autres. Windows recherche les tables suivantes :

- la table BIOS ACPI;
- la table spécification MS;
- la table PCIBIOS 2.1 en mode protégé;
- la table PCIBIOS 2.1 en mode réel.

Windows examine tout d'abord la table BIOS ACPI, puis la spécification MS, la table PCIBIOS 2.1 en mode protégé et enfin la table PCIBIOS 2.1 en mode réel. Windows 95 OSR2 et les versions plus récentes ne permettent de sélectionner que les tables PCIBIOS 2.1 par l'intermédiaire d'une case à cocher, qui est désactivée par défaut. Sous Windows 98, toutes les tables d'IRQ sont sélectionnées par défaut, à l'exception de la troisième, qui est la table PCIBIOS 2.1 en mode protégé.

Sous Windows 95, si vous rencontrez un problème avec un périphérique PCI qui est causé par les paramètres d'IRQ, essayez de sélectionner la table PCIBIOS 2.1 et de redémarrer. Sous Windows 98, essayez de désélectionner la table ACPI BIOS et de redémarrer. Si le problème persiste, sélectionnez la table PCIBIOS 2.1 en mode protégé et redémarrez. Si un périphérique PCI ne fonctionne pas correctement, vous devriez uniquement activer la case "Obtenir la table IRQ depuis l'appel PCI-

BIOS 2.1 en mode protégé". Pour accéder à ces paramètres sous Windows 98, procédez de la manière suivante :

1. Ouvrez le gestionnaire de périphériques.
2. Ouvrez la catégorie Périphériques système en double-cliquant dessus.
3. Sélectionnez Bus PCI et cliquez sur Propriétés.
4. Sélectionnez l'onglet IRQ Steering pour consulter ou modifier la configuration en cours.

Si le gestionnaire de périphériques vous indique que la fonction IRQ Steering est désactivée, assurez-vous que la case "Utiliser le Steering IRQ" est cochée. Si la fonction IRQ Steering reste désactivée après que vous avez coché cette case et redémarré, il se peut que la table de routage IRQ devant être fournie par le BIOS au système d'exploitation soit manquante ou contienne des erreurs. Contrôlez votre BIOS afin de vous assurer que la fonction PCI IRQ Steering est disponible. Si cette tentative se solde toujours par un échec, peut-être est-il nécessaire d'activer la case "Obtenir la table IRQ depuis l'appel PCIBIOS 2.1 mode protégé". Il se peut également que votre BIOS ne supporte pas la fonction IRQ Steering. Contactez le fabricant de votre carte mère ou de votre BIOS pour déterminer si votre carte ou votre BIOS supporte cette fonction.

Sur les systèmes qui supportent la fonction IRQ Steering, une entrée "IRQ Holder pour PCI Steering" doit apparaître lorsque vous visualisez la sous-section Périphériques système de l'onglet Gestionnaire de périphériques. Cela indique qu'une interruption IRQ a été convertie en interruption PCI et se trouve indisponible pour les périphériques ISA, même si aucun périphérique PCI n'utilise à ce moment l'IRQ. Pour visualiser les interruptions IRQ programmées pour le mode PCI, suivez les étapes indiquées ci-après :

1. Sélectionnez Démarrer, Paramètres, Panneau de configuration, puis double-cliquez sur Système.
2. Sélectionnez l'onglet Gestionnaire de périphériques.
3. Double-cliquez sur Périphériques système.
4. Double-cliquez sur le détenteur d'IRQ que vous désirez visualiser, puis sélectionnez l'onglet Ressources.

Le choix des attributions d'interruptions est souvent à l'origine d'une grande confusion. Bien que les interruptions PCI (INTx#) puissent être (et sont par défaut) partagées, chaque carte ou périphérique qui est susceptible de partager une interruption PCI doit être converti en une IRQ ISA unique, qui ne peut normalement être partagée. Il n'est possible de convertir plusieurs périphériques PCI en une même IRQ ISA que si :

- l'IRQ n'est pas en cours d'utilisation par un périphérique ISA ;
- le BIOS et le système d'exploitation supportent l'IRQ Steering PCI ;
- la fonction PCI IRQ Steering est activée.

Sans le support PCI IRQ Steering, les capacités de partage des interruptions PCI ne sont que peu intéressantes, car toutes les conversions des IRQ PCI en IRQ ISA doivent alors être uniques. Sans la fonction PCI IRQ Steering, il est facile de se trouver à court d'interruptions ISA. Si cette fonction est supportée et activée, une seule IRQ pourra être partagée par plusieurs périphériques PCI, permettant ainsi une extension du système sans se trouver à court d'interruptions IRQ. Un meilleur support de la fonction IRQ Steering est donc l'une des raisons principales d'une mise à niveau vers Windows 98, et cela spécialement si vous utilisez la version OSR1 originale de 95.

Il existe également une autre source de confusion : il se peut que la liste d'interruptions apparaissant dans la fenêtre Gestionnaire de périphériques présente les conversions d'interruptions PCI en interruptions ISA sous la forme d'entrées multiples pour une interruption ISA donnée. Une entrée est alors destinée au périphérique réellement associé à l'interruption, un contrôleur USB intégré par exemple, alors que l'autre entrée indiquera "Propriétaire de l'IRQ pour Steering PCI". Bien qu'elle revendique l'utilisation de la même IRQ, cette dernière entrée n'indique pas un conflit de ressources mais elle signale que les circuits du chipset réservent cette interruption pour une conversion. La fonction PCI Steering fait partie de la fonctionnalité Plug and Play des chipsets de cartes mères récentes. Windows 2000 et les versions ultérieures peuvent également associer plusieurs périphériques à la même IRQ, mais ils n'emploient pas le terme "Propriétaire de l'IRQ" pour éviter toute confusion.

Notons que des périphériques internes peuvent se trouver sur le bus PCI, cela même lorsque tous les connecteurs PCI sont libres. La plupart des systèmes actuels, par exemple, possèdent deux contrôleurs IDE et un contrôleur USB sur le bus PCI. En règle générale, les contrôleurs IDE PCI sont associés aux interruptions ISA 14 (IDE primaire) et 15 (IDE secondaire), alors que le contrôleur USB peut être associé aux interruptions ISA 9, 10, 11 ou 5 normales. De nombreux systèmes récents disposent de deux contrôleurs USB ou plus (en général, un pour chaque paire de ports USB) et chacun doit être associé à une interruption ISA.

✔ Voir la section "USB", p. 800.

Le bus PCI permet l'existence de deux types de dispositifs : les *maîtres de bus* (préparateurs) et les *esclaves* (destinataires). Un maître de bus est capable de prendre le contrôle du bus et d'amorcer le transfert. Le destinataire est le dispositif auquel est destiné le transfert. La plupart des périphériques PCI peuvent jouer les deux rôles, et, pour se conformer au PC 97 et aux guides de conception les plus récents, tous les connecteurs PCI doivent supporter les cartes Bus Master.

Le bus PCI est un bus arbitré. Un circuit d'arbitrage central (une partie du bus PCI dans le chipset de la carte mère) gère tous les transferts de bus, donnant ainsi un accès équitable et contrôlé à tous les composants situés sur le bus. Avant qu'un maître de bus ne puisse utiliser un bus, il doit demander le contrôle au circuit d'arbitrage central. Ce contrôle lui est alors accordé pour un nombre de cycles bien précis. Cet arbitrage permet un accès équitable et loyal à tous les composants du bus et empêche la monopolisation de ce dernier par un seul composant. Il écarte également tout blocage dû à des

accès simultanés à un composant. De cette façon, le bus PCI fonctionne comme un réseau local (LAN, *Local Area Network*), bien qu'il soit totalement interne au système et qu'il tourne à une vitesse bien supérieure à celle des réseaux externes classiques entre les PC.

Contrôleur d'interruptions programmable

Pour remplacer les deux contrôleurs d'interruptions 8259 habituels, Intel a développé les APIC (*Advanced Programmable Interrupt Controller*, contrôleur d'interruptions programmable avancé) au milieu des années 1990. Même si tous les processeurs sortis depuis le Pentium originel contiennent un APIC, un tel composant doit également être présent dans le chipset de la carte mère. Par ailleurs, le BIOS et le système d'exploitation doivent le prendre en charge. C'est le cas sur la plupart des cartes mères récentes, tout comme des versions de Windows depuis Windows 2000. Il est possible d'activer et de désactiver la prise en charge de l'APIC dans le BIOS du système.

L'APIC prend en charge les systèmes multiprocesseurs, mais il est également employé sur les ordinateurs monoprocesseurs. Dans ce cas, son principal avantage est de reconnaître les IRQ PCI virtuelles de numéro supérieur à 15. La plupart des APIC gèrent les IRQ virtuelles jusqu'au numéro 24. Si Windows 2000 a tendance à regrouper les IRQ PCI dans la plage ISA habituelle, de 0 à 15, même lorsque l'APIC est activé, Windows XP et Vista exploitent pleinement ses services. Sous Windows XP et Vista, l'APIC réduit le partage des IRQ afin que les périphériques fonctionnent mieux, en créant moins de conflits. Par exemple, sur un système classique avec l'APIC activé, les IRQ PCI sont attribuées de la manière suivante :

- **IRQ PCI 16.** Audio intégré/carte AGP (partagée).
- **IRQ PCI 17.** Contrôleur USB 1.1 supplémentaire (non partagée).
- **IRQ PCI 18.** Contrôleur USB 1.1 supplémentaire (non partagée).
- **IRQ PCI 19.** Adaptateur Ethernet 10/100/contrôleur USB 2.0 supplémentaire (partagée).
- **IRQ PCI 21.** Contrôleur USB 1.1 intégré (3)/contrôleur USB 2.0 intégré (partagée).

Dans cet exemple, les IRQ ISA habituelles sont réservées aux périphériques ISA, ce qui évite les conflits entre les IRQ ISA et PCI.

Pour que ses services soient disponibles à Windows 2000, XP ou Vista, l'APIC doit être activé dans le BIOS du système.

Infos

L'APIC doit être activé dans le BIOS avant de procéder à l'installation des versions x64 de Windows XP, 2003 ou Vista.

Conflits d'IRQ

L'un des conflits d'IRQ les plus délicats est peut-être celui entre le port COM2: intégré (présent dans la plupart des cartes mères les plus récentes) et un modem interne (basé sur une carte). Le problème provient du fait que les circuits de la carte modem (qui n'est pas un WinModem, basé sur les logiciels) incorporent un port série. Ce port série est défini par défaut comme COM2:. Votre PC considère donc qu'il existe deux ports COM2:, chacun d'entre eux utilisant la même IRQ et les mêmes ressources adresses de ports d'entrées/sorties.

La solution à ce problème est simple. Entrez dans le Setup du BIOS correspondant à votre système et désactivez le port COM2: intégré. Vous devriez également penser à désactiver le port COM1:, car il est très peu probable qu'il vous soit d'une quelconque utilité. Le fait de désactiver les ports COMx: inutilisés reste l'un des meilleurs moyens de libérer des interruptions qui pourront, par la suite, être utilisées par d'autres périphériques.

Un autre problème délicat en matière de conflits d'IRQ concerne encore les ports série (COM). Vous aurez sans doute remarqué dans les deux sections précédentes que deux IRQ sont réservées à deux ports COM. L'IRQ 3 est utilisée pour le port COM2 et l'IRQ 4 pour le port COM1. Tout se gâte quand l'ordinateur doit être équipé de plus de deux ports série. Quand les utilisateurs essaient d'installer des ports COM3 et COM4, ils les configurent souvent sur des IRQ qui provoquent des conflits, ce qui empêche les ports de fonctionner correctement.

Un autre facteur qui ne fait que compliquer les choses est que certaines cartes de ports COM n'ont pas été conçues correctement et qu'elles ne peuvent être configurées que sur les IRQ 3 et 4. Elles paramètrent le port COM3 sur l'IRQ 4 (partagée avec le port COM1), et le port COM4 sur l'IRQ 3 (partagée avec le port COM2). Cette situation est évidemment inacceptable, puisqu'elle empêche d'utiliser simultanément les deux ports paramétrés sur une même IRQ. Cette situation était plus viable sous DOS, car c'était alors l'époque du monotâche (un seul programme actif à la fois) mais elle ne l'est absolument pas sous Windows. Si vous devez partager des IRQ, vous pouvez vous en tirer en affectant la même IRQ à des périphériques qui ne sont pas censés fonctionner ensemble. Ainsi, un scanner et un modem interne peuvent parfaitement partager une IRQ mais ils ne pourront pas fonctionner simultanément sous peine de provoquer un conflit. Heureusement, la plupart des périphériques qui employaient initialement des ports série (souris et autres dispositifs de pointage, imprimantes, modems externes et socle de synchronisation pour PDA) ont été modernisés et se connectent désormais *via* des ports USB. Par conséquent, les utilisateurs de périphériques série sont de moins en moins nombreux.

✔ Voir la section "Ports série", p. 817.

La meilleure solution à ce problème consiste à acquérir une carte d'entrées/sorties série multiport, qui permettra de partager des IRQ sans conflits. Il est aussi possible d'opter pour une carte intelligente, dotée de son propre processeur, capable de gérer les différents ports de la carte tout en n'utilisant qu'une IRQ sur l'ordinateur. Les cartes d'entrées/sorties série multiport anciennes étaient principalement de type ISA, mais, dans les systèmes récents, elles ont été remplacées par des cartes PCI, qui offrent l'avantage d'être plus rapides et de partager une interruption.

Si l'un des périphériques recensés dans la table est absent de votre système, tel le port souris sur la carte mère (IRQ 12) ou le second port parallèle 2 (IRQ 5), vous pouvez considérer ces IRQ comme disponibles. À titre d'exemple, il est rare qu'un ordinateur comprenne un second port parallèle, et la plupart des ordinateurs sont équipés d'une carte son paramétrée sur l'IRQ 5 (en cas d'émulation d'une SoundBlaster Pro ou 16). Par ailleurs, l'IRQ 15 est généralement affectée au contrôleur IDE

secondaire. Si un disque dur IDE ou un lecteur optique n'est pas connecté au contrôleur secondaire, vous pouvez désactiver celui-ci afin de libérer cette IRQ pour un autre périphérique.

Sous Windows, il est très facile de connaître le paramétrage des IRQ de l'ordinateur grâce au gestionnaire de périphériques. Il suffit de double-cliquer sur l'icône Ordinateur dans le gestionnaire de périphériques pour faire apparaître une liste de toutes les ressources système utilisées. Microsoft livre également un programme appelé HWDIAG avec Windows 95B ; les versions ultérieures disposent du programme Informations système. Ces programmes sont très intéressants pour connaître l'utilisation des ressources système, ainsi que les détails sur les pilotes de périphériques et les entrées du registre de chaque composant matériel. Si vous travaillez sous Windows XP, un programme appelé msinfo32 vous livrera les informations système détaillées.

Sur les systèmes récents, sans connecteurs ISA, la procédure suivante permet de rendre disponible le plus grand nombre d'interruptions partageables :

1. Désactivez tous les ports anciens inutilisés dans le BIOS. Par exemple, si les ports USB sont employés à la place des ports série et parallèle, désactivez ces derniers. Cela permet de libérer jusqu'à trois IRQ.
2. Indiquez que les IRQ libérées à l'étape 1 sont disponibles pour PCI/PnP. Selon le BIOS, la page permettant cette configuration peut se nommer PnP/PCI Resource Exclusion ou PnP/PCI Configuration.
3. Activez l'option Enable the Reset Configuration Data, afin que les tables de routage des IRQ dans la mémoire CMOS soient vidées.
4. Enregistrez vos modifications et quittez le programme de configuration du BIOS.

Canaux DMA

Les canaux DMA (*Direct Memory Access*, canaux d'accès direct à la mémoire) sont utilisés par les périphériques de communication rapide, qui doivent envoyer et recevoir des informations à un débit élevé. Les ports série et parallèle n'utilisent pas de canaux DMA, mais les cartes son et les adaptateurs SCSI de type ISA en ont souvent besoin pour fonctionner. Les canaux DMA peuvent parfois être partagés si les périphériques ne doivent pas fonctionner simultanément. Par exemple, il est possible de faire partager le canal DMA 1 à une carte réseau et à une carte de lecteur de bandes mais il ne sera pas possible d'effectuer des sauvegardes si le réseau fonctionne. Pour cela, assurez-vous toujours que chaque carte d'extension utilise un canal DMA distinct.

Infos

Il existe différents types de DMA sur les PC modernes. Les canaux DMA dont il est question dans cette section concernent le bus ISA. Les autres bus, par exemple le bus ATA/IDE utilisé par les disques durs, ont d'autres emplois de l'accès direct à la mémoire. Les canaux DMA expliqués ici ne concernent pas les lecteurs ATA/IDE, même s'ils sont configurés pour utiliser des transferts DMA ou Ultra-DMA.

Adresses de ports d'entrées/sorties

Les ports d'entrées/sorties de l'ordinateur sont les éléments qui permettent aux périphériques et aux logiciels de communiquer entre eux. Ils fonctionnent comme des canaux radio à deux voies. Pour communiquer avec le port série de l'ordinateur, il faut savoir sur quel port d'entrées/sorties (canal radio) il écoute. De la même manière, pour recevoir des données d'un port série, il faut savoir sur quel port d'entrées/sorties il émet.

Alors qu'ils ne comprennent qu'un nombre limité d'IRQ et de canaux DMA, les ordinateurs modernes offrent un grand nombre de ports d'entrées/sorties. Pour être exact, il y a 65535 ports (numérotés de 0000h à FFFFh), ce qui s'explique essentiellement par la façon dont le processeur Intel a été conçu. Bien que la plupart des périphériques exploitent jusqu'à huit ports pour eux-mêmes, avec ce grand nombre de ports de réserve il n'y a pas lieu de craindre une insuffisance. La plus grande difficulté consiste à paramétrer les périphériques de telle sorte qu'ils n'utilisent pas le même port.

La plupart des ordinateurs Plug and Play modernes sont capables de résoudre les conflits de ports et de sélectionner un autre port pour les périphériques impliqués dans un conflit.

L'un des problèmes les plus délicats est que les ports d'entrées/sorties sont désignés par des adresses hexadécimales, à la manière des adresses de mémoire. Toutefois, il ne s'agit pas de plages de mémoire mais de ports. La différence est que lorsque l'ordinateur envoie des données à l'adresse de mémoire 1000h, elles sont stockées dans la mémoire SIMM ou DIMM. Quand il envoie des données à l'adresse de port d'entrées/sorties 1000h, en revanche, elles sont envoyées au bus sur ce "canal", et tous les périphériques qui écoutent peuvent les entendre. Si aucun périphérique n'écoute cette adresse de port, les données atteignent l'extrémité du bus et sont absorbées par les résistances de terminaison du bus.

Ce sont essentiellement des pilotes qui interagissent avec les composants au niveau des différentes adresses de ports. Ils doivent savoir quels ports les périphériques utilisent pour communiquer avec eux, et *vice versa*. Toutefois, ce n'est pas un problème dans la mesure où le pilote et le périphérique proviennent en principe d'un seul et même fabricant.

Les composants de la carte mère et du chipset sont configurés, en règle générale, pour utiliser les adresses de ports d'entrées/sorties 0h à FFh, et tous les autres composants et périphériques utilisent les adresses 100h à FFFFh. Le Tableau 3.64 montre comment les composants de la carte mère et du chipset utilisent généralement les ports d'entrées/sorties.

Pour savoir très précisément quelles adresses de ports sont utilisées sur votre carte mère, consultez-en la documentation, ou consultez les paramétrages de votre ordinateur dans le gestionnaire de périphériques de Windows.

Les composants et les périphériques basés sur les bus utilisent généralement les adresses 100h et suivantes. Le Tableau 3.64 montre les adresses de ports d'entrées/sorties généralement exploitées par les périphériques reliés aux différents bus; il recense un certain nombre de cartes d'extension répandues ainsi que leurs paramètres.

Tableau 3.64 : Adresses de ports des composants de la carte mère et du chipset

Adresse (hex)	Taille	Description
0000 – 000F	16 octets	Chipset – premier contrôleur DMA 8237
0020 – 0021	2 octets	Chipset – premier contrôleur d'interruptions 8259
002E – 002F	2 octets	Registres de configuration du contrôleur de super-entrées/sorties
0040 – 0043	4 octets	Chipset – premier compteur/cadenceur
0048 – 004B	4 octets	Chipset – second compteur/cadenceur 2
0060	1 octet	Octet de contrôleur de clavier/souris – réinitialisation des IRQ
0061	1 octet	Chipset – NMI, contrôleur de haut-parleur
0064	1 octet	Contrôleur de clavier/souris, octet CMD/STAT
0070, bit 7	1 bit	Chipset – activation NMI
0070, bits 6:0	7 bits	MC146818 – horloge en temps réel, adresse
0071	1 octet	MC146818 – horloge en temps réel, données
0078	1 octet	Réservé – configuration de la carte
0079	1 octet	Réservé – configuration de la carte
0080 – 008F	16 octets	Chipset – registres de pages DMA
00A0 – 00A1	2 octets	Chipset – second contrôleur d'interruptions 8259
00B2	1 octet	Port de contrôle APM
00B3	1 octet	Port d'état APM
00C0 – 00DE	31 octets	Chipset – second contrôleur DMA 8237
00F0	1 octet	Erreur numérique de réinitialisation du coprocesseur mathématique

Tableau 3.65 : Adresses de ports des périphériques connectés aux bus

Adresse (hex)	Taille	Description
0130 – 0133	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (autre)
0134 – 0137	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (autre)
0168 – 016F	8 octets	Quatrième interface IDE
0170 – 0177	8 octets	Deuxième interface IDE
01E8 – 01EF	8 octets	Troisième interface IDE
01F0 – 01F7	8 octets	Premier contrôleur de disque dur IDE/AT (16 bits)
0200 – 0207	8 octets	Port jeu ou carte joystick
0210 – 0217	8 octets	Châssis d'extension IBM XT
0220 – 0233	20 octets	Carte son Sound Blaster 16 de Creative Labs (par défaut)
0230 – 0233	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (autre)

Tableau 3.65 : Adresses de ports des périphériques connectés aux bus (*suite*)

Adresse (hex)	Taille	Description
0234 – 0237	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (autre)
0238 – 023B	4 octets	Souris bus Microsoft (autre)
023C – 023F	4 octets	Souris bus MS (autre)
0240 – 024F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (défaut)
0240 – 0253	20 octets	Carte son Sound Blaster 16 de Creative Labs (autre)
0258 – 025F	8 octets	Carte mémoire étendue Intel
0260 – 026F	16 octets	Carte réseau Internet SMC (autre)
0260 – 0273	20 octets	Carte son Sound Blaster 16 de Creative Labs (autre)
0270 – 0273	4 octets	Ports de lecture d'entrées/sorties Plug and Play
0278 – 027F	8 octets	Second port parallèle (LPT2)
0280 – 028F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0280 – 0293	20 octets	Carte son Sound Blaster 16 de Creative Labs (autre)
02A0 – 02AF	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
02C0 – 02CF	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
02E0 – 02EF	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
02E8 – 02EF	8 octets	Quatrième port série (COM4)
02EC – 02EF	4 octets	Ports standard vidéo, 8514 ou ATI
02F8 – 02FF	8 octets	Deuxième port série (COM2)
0300 – 0301	2 octets	Port MIDI MPU-401 (secondaire)
0300 – 030F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0320 – 0323	4 octets	Contrôleur de disque dur XT (8 bits)
0320 – 032F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0330 – 0331	2 octets	Port MIDI MPU-401 (par défaut)
0330 – 0333	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (par défaut)
0334 – 0337	4 octets	Carte SCSI d'Adaptec (autre)
0340 – 034F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0360 – 036F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0366	1 octet	Quatrième port de commandes IDE
0367, bits 6:0	7 bits	Quatrième port d'état IDE
0370 – 0375	6 octets	Deuxième contrôleur de lecteur de disquettes
0376	1 octet	Deuxième port de commandes IDE

Tableau 3.65 : Adresses de ports des périphériques connectés aux bus (*suite*)

Adresse (hex)	Taille	Description
0377, bit 7	1 bit	Changement de disque du deuxième contrôleur de lecteur de disquettes
0377, bits 6:0	7 bits	Deuxième port d'état IDE
0378 – 037F	8 octets	Premier port parallèle (LPT1)
0380 – 038F	16 octets	Carte réseau Ethernet SMC (autre)
0388 – 038B	4 octets	Audio – synthétiseur FM
03B0 – 03BB	12 octets	Ports standard vidéo monochromes/EGA/VGA
03BC – 03BF	4 octets	Premier port parallèle (LPT1) sur certains ordinateurs
03BC – 03BF	4 octets	Troisième port parallèle (LPT3)
03C0 – 03CF	16 octets	Ports vidéo standard, EGA/VGA
03D0 – 03DF	16 octets	Ports vidéo standard, CGA/EGA/VGA
03E6	1 octet	Troisième port de commandes IDE
03E7, bits 6:0	7 bits	Troisième port d'état IDE
03E8 – 03EF	8 octets	Troisième port série (COM3)
03F0 – 03F5	6 octets	Premier contrôleur de lecteur de disquettes
03F6	1 octet	Premier port de commandes IDE
03F7, bit 7	1 bit	Changement de disque du premier contrôleur de lecteur de disquettes
03F7, bits 6:0	7 bits	Premier port d'état IDE
03F8 – 03FF	8 octets	Premier port série (COM1)
04D0 – 04D1	2 octets	Contrôleur d'interruptions PCI à déclenchement par front
0530 – 0537	8 octets	Système son Windows (par défaut)
0604 – 060B	8 octets	Système son Windows (autre)
0678 – 067F	8 octets	LPT2 en mode ECP
0778 – 077F	8 octets	LPT1 en mode ECP
0A20 – 0A23	4 octets	Carte réseau Token Ring d'IBM (par défaut)
0A24 – 0A27	4 octets	Carte réseau Token Ring d'IBM (autre)
0CF8 – 0CFB	4 octets	Registres d'adresses de configuration PCI
0CF9	1 octet	Registre de contrôle de turbo et de réinitialisation
0CFC – 0CFF	4 octets	Registres de données de configuration PCI
FF00 – FF07	8 octets	Registres de bus IDE maître
FF80 – FF9F	32 octets	Bus USB
FFA0 – FFA7	8 octets	Registres du premier bus IDE maître
FFA8 – FFAF	8 octets	Registres du second bus IDE maître

De nouveau, pour savoir très précisément quelles adresses de ports sont utilisées sur votre carte mère, consultez-en la documentation ainsi que celle de vos périphériques, ou consultez les paramétrages de votre ordinateur dans le gestionnaire de périphériques de Windows. Attention, la documentation de certains périphériques ne donne que l'adresse de début.

Presque tous les périphériques reliés aux bus d'un ordinateur utilisent des adresses de ports d'entrées/sorties. L'usage de ces ports est généralement standardisé, ce qui signifie qu'il est rare de les voir provoquer un conflit. La partie suivante présente un certain nombre de techniques pour résoudre les conflits.

Résolution des conflits de ressources

Les ressources d'un ordinateur sont limitées. Malheureusement, les exigences de l'utilisateur semblent bien ne pas l'être. Plus le nombre de cartes d'extension est important, plus le risque de conflits augmente. Avec un ordinateur pleinement compatible PnP, les conflits potentiels sont, en principe, résolus automatiquement.

Comment savoir s'il se produit un problème de conflit de ressources ? Le facteur le plus évident est le non-fonctionnement d'un périphérique. Les conflits de ressources peuvent se manifester autrement. La liste ci-après relève un certain nombre de symptômes :

- Un périphérique ne transfère pas correctement les données.
- L'ordinateur se bloque souvent.
- La carte son ne réagit pas correctement.
- La souris ne fonctionne pas.
- Des parasites apparaissent à l'écran sans raison apparente.
- Les documents imprimés sont illisibles.
- L'ordinateur refuse de formater les disquettes.
- L'ordinateur démarre en mode Sans échec (sous Windows 9xMe) ou ne peut démarrer qu'en mode Dernière bonne configuration connue (Windows 2000/XP).

Windows signale également les conflits en entourant l'icône du périphérique impliqué de rouge ou de jaune dans la fenêtre du gestionnaire de périphériques. Le gestionnaire de périphériques de Windows permet en général de détecter les conflits très rapidement.

Les sections suivantes expliquent comment procéder pour éviter les conflits de ressources et pour les résoudre, le cas échéant.

Soyez très prudent lorsque vous diagnostiquez un problème de conflit de ressources. Il se peut qu'il n'ait rien à voir avec un conflit mais qu'il soit dû à un virus. De nombreux virus se manifestent comme des pannes ou des problèmes de périphériques. Si vous pensez qu'il s'agit d'un conflit de ressources, il est préférable d'utiliser un antivirus avant d'effectuer toute modification. Cela peut représenter un gain de temps précieux.

Une manière de résoudre les conflits consiste à tenter de les éviter dès le départ. Si vous construisez un nouveau système, plusieurs actions permettent d'éviter des problèmes. Par exemple, n'installez pas d'anciens périphériques ISA. Par définition, ils ne peuvent pas partager d'IRQ, alors qu'il s'agit de la ressource la plus demandée. Les cartes PCI et AGP peuvent partager des IRQ grâce à l'IRQ Steering et constituent donc de meilleurs choix.

Astuces

Les ports série, souris PS/2 et parallèle qui existent encore sur la plupart des systèmes récents sont tous des périphériques ISA qui ne peuvent pas partager d'IRQ. Si vous ne vous servez plus de ces ports, vous pouvez employer leurs IRQ pour d'autres périphériques en procédant de la manière suivante :

- Désactivez le port inutilisé dans le BIOS système.
- Configurer le BIOS système pour qu'il utilise les IRQ de ces périphériques dans la configuration PnP (ce sera automatique avec certains sites).

Une autre façon d'aider la résolution des conflits consiste à installer les cartes dans une séquence particulière, non toutes à la fois. Modifier la séquence d'installation peut aider car de nombreuses cartes n'acceptent qu'une ou deux sélections prédéfinies d'IRQ, propres à chaque marque ou modèle de cartes. Lorsque les cartes sont installées dans un ordre contrôlé, le logiciel Plug and Play dispose d'une plus grande liberté pour contourner les conflits d'IRQ dus aux configurations par défaut des différentes cartes.

La première fois que vous démarrez un système que vous venez d'assembler ou auquel vous avez apporté des modifications importantes, vous devez commencer par vérifier la configuration du BIOS. S'il dispose d'un paramètre indiquant la présence d'un système d'exploitation PnP, n'oubliez pas de l'activer si votre système, comme Windows, est de ce type. Dans le cas contraire, vérifiez qu'il est bien désactivé, par exemple lorsque votre système est Windows NT ou Windows 3.x.

Au premier démarrage, il est recommandé d'avoir la configuration minimale, avec seulement la carte vidéo, la mémoire et les lecteurs (lecteur de disquettes, disques dur, CD-ROM et DVD-ROM). Vous obtenez ainsi une configuration où les conflits système sont les plus improbables. Si votre carte mère est livrée avec un CD-ROM contenant des pilotes propres au chipset ou à d'autres fonctionnalités intégrées à la carte, il est alors temps de les charger ou de les installer. Terminez la configuration de tous les périphériques intégrés avant d'installer n'importe quelle autre carte ou périphérique externe.

Une fois que le système de base a été configuré, et après avoir pu charger le système d'exploitation ainsi que ses mises à jour ou ses correctifs, vous pouvez alors commencer à ajouter un périphérique à la fois, dans un ordre précis. Ainsi, vous devez arrêter le système, installer le nouveau périphérique, rallumer l'ordinateur, procéder à l'installation des pilotes nécessaires et configurer le périphérique. Vous devrez certainement redémarrer le système après avoir totalement terminé la configuration.

Astuces

Parfois, entre l'installation de deux périphériques, il peut être souhaitable d'entrer dans le gestionnaire de périphériques de Windows et d'imprimer les paramètres de ressources tels qu'ils sont à ce moment-là. Ainsi, vous disposez d'un enregistrement des changements apportés par l'installation du périphérique et sa configuration.

Voici la séquence de chargement des cartes additionnelles :

- carte son;
- modem interne ou externe;
- carte réseau;
- périphériques vidéo secondaires, comme décodeurs MPEG, accélérateurs 3D, etc.;
- adaptateurs SCSI;
- autres cartes.

Normalement, le respect de cet ordre de configuration et d'assemblage de votre système rend l'intégration plus facile, avec moins de conflits et de problèmes de configuration.

Résoudre les conflits manuellement

Dans le passé, la seule manière de résoudre des conflits manuellement consistait à ôter le capot de l'ordinateur et à manipuler les micro-interrupteurs et cavaliers des cartes. Heureusement, avec le Plug and Play, les choses sont devenues plus simples, car la configuration est effectuée par le gestionnaire de périphériques du système d'exploitation. Si les premières cartes Plug and Play disposaient encore de cavaliers ou d'options permettant leur configuration manuelle, ces fonctionnalités étaient principalement le fait des cartes PnP compatibles ISA.

N'oubliez pas de noter la configuration actuelle de votre système avant tout changement. Ainsi, vous saurez où vous avez commencé et il vous sera possible de revenir à la configuration d'origine (si nécessaire).

Enfin, sortez de leurs cartons les manuels accompagnant vos différentes cartes d'extension. Ils vous seront très utiles, en particulier si les cartes peuvent être configurées manuellement ou passées en mode PnP. Vous pouvez également trouver des informations récentes sur les sites web des fabricants.

Vous êtes maintenant prêt à passer à l'action. Chaque fois que vous modifierez la position d'un cavalier ou d'un micro-interrupteur, n'oubliez pas de vous poser les questions suivantes :

- **À quel moment le conflit s'est-il manifesté pour la première fois?** S'il s'est produit après l'introduction d'une nouvelle carte d'extension, il est fort probable que cette dernière en soit responsable. S'il s'est produit après l'utilisation d'un nouveau logiciel, il est probable que celui-ci ait modifié l'affectation des ressources système.
- **Y a-t-il sur votre ordinateur deux périphériques analogues qui ne fonctionnent pas?** Par exemple, si votre souris et votre modem, qui utilisent tous deux des ports COM, ne fonctionnent pas, il y a de fortes chances que le conflit se soit instauré entre l'un et autre.
- **D'autres personnes ont-elles rencontré les mêmes problèmes?** Si oui, comment les ont-elles résolus? Les forums publics – CompuServe, les groupes de discussion d'Internet et les groupes

de nouvelles d'America Online – vous permettront sans doute de trouver des personnes ayant la réponse à votre problème.

Après chaque modification, redémarrez l'ordinateur pour voir si le problème persiste. Une fois que vous pensez l'avoir résolu, assurez-vous d'avoir bien testé le fonctionnement de tous vos logiciels. Souvent, la résolution d'un problème en provoque un autre. La seule méthode pour savoir si tout est bien en ordre consiste à tester chaque fonctionnalité de l'ordinateur.

Le meilleur conseil que l'on puisse vous donner est de changer un seul paramètre à la fois et de refaire un test. C'est la façon la plus simple et la plus méthodique pour isoler rapidement un problème.

N'oubliez pas de mettre à jour et de noter la configuration de votre système après chaque modification.

Utiliser un modèle de configuration système

Un modèle de configuration système est très utile, car il est plus facile de se souvenir de quelque chose d'écrit que de le garder en tête. Pour créer un modèle de configuration, il suffit de noter les ressources utilisées par chaque élément de l'ordinateur. Par la suite, lorsque vous voudrez effectuer une modification ou ajouter une carte d'extension, il vous sera facile de prévoir à quels endroits des conflits peuvent se produire. Vous pouvez également utiliser le gestionnaire de périphériques de Windows pour consulter et imprimer ces informations.

Vous pouvez, par exemple, utiliser une feuille de papier divisée en trois grandes parties (lignes d'IRQ, canaux DMA et périphériques n'utilisant pas d'interruption). Chaque partie fera apparaître les canaux IRQ et DMA sur la gauche et les caractéristiques des ports sur la droite. Ce système vous permettra de visualiser facilement les ressources utilisées ou disponibles sur un ordinateur donné.

Voici un exemple de modèle de configuration système que nous avons développé au fil des années et que nous utilisons journellement.

Ce type de tableau est fondé sur les ressources de l'ordinateur, et non sur ses composants et périphériques. Chaque ligne du modèle représente une ressource différente. Elle indique quel composant utilise cette ressource et signale les autres ressources utilisées. Les éléments qui sont communs à tous les PC modernes et dont la configuration ne peut pas être modifiée ont déjà été entrés sur ce modèle vierge.

Pour remplir ce type de tableau, procédez comme suit :

1. Entrez les ressources utilisées par défaut par les composants standard, comme les ports série et parallèle, les contrôleurs de disques durs et la carte vidéo. Vous pouvez vous référer au modèle établi pour voir comment la plupart des périphériques standard doivent être configurés.
2. Entrez les ressources utilisées par défaut par les composants supplémentaires comme les cartes son, les cartes SCSI, les cartes réseau, les cartes propriétaires, etc. Dans le cas d'un matériel PnP,

il n'existe pas réellement de valeurs par défaut. Servez-vous alors du gestionnaire de périphériques de Windows, ou d'un programme de diagnostic équivalent, pour déterminer les paramètres d'un périphérique.

3. Modifiez toutes les configurations sources de conflits. Essayez de conserver les réglages par défaut des périphériques intégrés. Vous pouvez modifier ceux des cartes d'extension, en consultant au préalable la documentation qui les accompagne.

Bien entendu, ce type de modèle est surtout utile au moment de l'installation des composants, et non après. Une fois le modèle rempli et après avoir vérifié que l'ordinateur fonctionne correctement, notez à quel ordinateur il correspond et conservez-le soigneusement. Par la suite, chaque fois que vous aurez besoin d'ajouter un périphérique, consultez-le pour savoir quelles ressources vous pouvez utiliser.

Infos

Grâce au Plug and Play, le temps des IRQ fixes et autres ressources matérielles est révolu. Ne soyez pas surpris si votre système affecte des IRQ, des adresses de ports d'entrées/sorties ou des paramètres DMA après l'installation d'une nouvelle carte. C'est la raison pour laquelle nous vous conseillons de consigner les paramètres avant et après tout ajout de périphérique au système.

Vous chercherez peut-être aussi à suivre à la trace les connecteurs PCI utilisés pour une carte spécifique, car certains systèmes convertissent les IRQ PCI en des IRQ ISA différentes selon le connecteur utilisé. Certains systèmes affectent également les connecteurs PCI par paires, ou associent un connecteur AGP et un connecteur PCI, leur attribuant la même IRQ. Consultez la documentation du système ou de la carte mère pour savoir si des connecteurs et des périphériques intégrés partagent une IRQ précise.

L'exemple montré aux pages 278-279 correspond au même modèle, établi pour un PC type, équipé de périphériques PCI et ISA.

Vous pouvez le voir sur ce modèle, une seule IRQ et deux canaux DMA sont disponibles sur cet ordinateur; de plus, il n'y aurait plus d'IRQ disponible si le port USB de la carte mère était activé. Cet exemple montre également que le manque d'interruptions est un gros problème sur les ordinateurs modernes, en particulier lorsqu'ils sont équipés de périphériques ISA et PCI. Dans l'exemple précédent, il existe probablement un moyen de récupérer l'une des autres interruptions. Ainsi, le propriétaire de cet ordinateur n'utilise pas souvent le port COM1. Il serait par conséquent possible de désactiver ce port pour récupérer l'IRQ 4. Sur cet ordinateur, les connecteurs IDE primaire et secondaire sont incorporés à la carte mère, comme les périphériques suivants :

- contrôleur de lecteur de disquettes;
- deux ports série;
- un port parallèle.

Occupation des ressources système	
Marque et modèle du PC : _____	
Numéro de série : _____	
Date : _____	
Interruptions (IRQ) :	**Adresses de ports d'entrées/sorties :**
0 – Circuits d'horloge _____	040 – 04B _____
1 – Contrôleur de clavier/souris _____	060 & 064 _____
2 – Deuxième contrôleur d'IRQ 8259 _____	0A0 – 0A1 _____
8 – Horloge en temps réel/RAM CMOS _____	070 – 071_____
9 – _____	_____
10 – _____	_____
11 – _____	_____
12 – _____	_____
13 – Coprocesseur mathématique _____	0F0 _____
14 – _____	_____
15 – _____	_____
3 – _____	_____
4 – _____	_____
5 – _____	_____
6 – _____	_____
7 – _____	_____
IRQ virtuelles (utilisées par les périphériques PCI uniquement) :	**Canaux DMA :**
16 – _____	0 – _____
17 – _____	1 – _____
18 – _____	2 – _____
19 – _____	3 – _____
20 – _____	4 – Cascade des canaux DMA 0 – 3 _____
21 – _____	5 – _____
22 – _____	6 – _____
23 – _____	7 – _____
24 – _____	
Périphériques n'utilisant pas d'interruptions :	**Adresses de ports d'entrées/sorties :**
Ports standard monochromes/EGA/VGA _____	3B0 – 3BB _____
Ports standard EGA/VGA _____	3C0 – 3CF _____
Ports standard CGA/EGA/VGA _____	3D0 – 3DF _____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Occupation des ressources système

Marque et modèle du PC : Intel SE440BX-2 _____

Numéro de série : 100000 _____

Date : 06/09/99 _____

Interruptions (IRQ) :	**Adresses de ports d'entrées/sorties :**
0 – Circuits d'horloge _____	040 – 04B _____
1 – Contrôleur de clavier/souris _____	060 & 064 _____
2 – Deuxième contrôleur d'IRQ 8259 _____	0A0 – 0A1 _____
8 – Horloge en temps réel/RAM CMOS _____	070 – 071 _____
9 – Carte réseau Ethernet SMC _____	340 – 35F _____
10 – _____	_____
11 – Carte SCSI Adaptec 1542CF (scanner) _____	334 – 337* _____
12 – Port souris de carte mère _____	060 & 064 _____
13 – Coprocesseur mathématique _____	0F0 _____
14 – IDE primaire (disques durs 1 et 2) _____	1F0 – 1F7, 3F6 _____
15 – IDE secondaire (CD-ROM/bande) _____	170 – 177, 376 _____
3 – Port série 2 (modem) _____	3F8 – 3FF _____
4 – Port série 1 (COM1) _____	2F8 – 2FF _____
5 – Carte son Sound Blaster 16 _____	220 – 233 _____
2 – Contrôleur de lecteur de disquettes _____	3F0 – 3F5 _____
7 – Port parallèle 1 (imprimante) _____	378 – 37F _____

Périphériques n'utilisant pas d'interruptions :	**Adresses de ports d'entrées/sorties :**
Ports standard monochromes/EGA/VGA _____	3B0 – 3BB _____
Ports standard EGA/VGA _____	3C0 – 3CF _____
Ports standard CGA/EGA/VGA _____	3D0 – 3DF _____
Ports supplémentaires pour une carte vidéo ATI Mach 64	102,1CE – 1CF,2EC-2EF _____
Port MIDI Sound Blaster 16 _____	330 – 331 _____
Port jeu (joystick) Sound Blaster 16 _____	200 – 207 _____
Synthétiseur FM (musique) Sound Blaster 16 _____	388 – 38B _____
_____	

Canaux DMA :

0 – _____

1 – Sound Blaster 16 (DMA 8 bits _____

2 – Contrôleur de lecteur de disquettes _____

3 – Port parallèle 1 (mode ECP) _____

4 – Cascade des canaux DMA 0 – 3 _____

5 – Sound Blaster 16 (DMA 16 bits) _____

6 – Carte SCSI Adaptec 1542CF* _____

7 – _____

* Représente un paramétrage de ressource qui a dû être modifié pour résoudre un conflit.

Que ces périphériques soient intégrés à la carte mère ou se présentent sous forme de cartes distinctes, les ressources qu'ils occupent sont les mêmes. Dans la pratique, ce sont en principe les paramètres par défaut qui sont utilisés, comme le montre le modèle rempli. L'ordinateur de cet exemple a ensuite été complété à l'aide des cartes suivantes :

- carte vidéo SVGA (ATI Mach 64);
- carte son (Creative Labs Sound Blaster 16);
- carte SCSI (Adaptec AHA-1542CF);
- carte réseau Ethernet (SMC EtherEZ).

Pour installer les cartes, il est préférable de les insérer dans cet ordre. Commencez toujours par insérer la carte vidéo, puis la carte son. Compte tenu des problèmes qui risquent de se produire avec les logiciels qui doivent être configurés pour la carte son, il est préférable d'installer la carte son le plus tôt possible, en n'utilisant que les paramètres par défaut. D'une manière générale, s'il faut modifier des cartes, il est préférable que ce soit d'autres cartes que la carte son.

Après la carte son, c'est le contrôleur SCSI qui a été installé. Toutefois, les adresses de ports d'entrées/sorties (330-331) et le canal DMA (DMA 5) utilisés entraient en conflit avec ceux d'autres cartes (principalement la carte son). Ces paramètres ont été remplacés par les paramètres logiques suivants, qui ne provoquaient pas de conflit.

Enfin, la carte réseau a été installée. Avec ses paramètres par défaut, cette carte entrait en conflit avec d'autres cartes. Dans ce cas, la carte Ethernet était préconfigurée sur l'IRQ 3 déjà utilisée par le port COM2. La solution a consisté à modifier ce paramètre et à configurer la carte réseau sur l'IRQ 9, qui était la possibilité logique suivante dans les options de la carte.

Bien que cet ordinateur soit très chargé, seules trois cartes d'extension ont dû être reconfigurées pour être parfaitement exploitables. L'utilisation d'un modèle tel que celui qui a été présenté dans cette partie permet de mieux gérer ce qui pourrait sinon être un véritable cauchemar. Les seuls problèmes que vous pouvez rencontrer sont, pour certaines cartes, le manque d'options de configuration de rechange et, pour d'autres, l'absence de documentation.

Ne vous fiez pas trop aux outils de diagnostic tels que MSD.EXE, qui prétendent faire apparaître les paramètres de périphériques tels que les IRQ et les adresses de ports d'entrées/sorties. S'ils peuvent être pratiques dans certains cas, ils sont souvent inexacts. Il suffit qu'une ou deux informations soient fausses pour que vous soyez induit en erreur et ne parveniez pas à configurer correctement votre ordinateur.

Certains outils tiers, comme AMIDiag et CheckIt, sont plus efficaces, mais le gestionnaire de périphériques de Windows est un outil beaucoup plus fiable. Non seulement il affiche les paramètres des périphériques, mais il permet aussi de les modifier (cela peut demander le déplacement d'une carte dans un autre connecteur PCI). Pour les vieux périphériques, il ne permet que de voir les paramètres de configuration, et non de les modifier. Pour changer les paramètres d'un matériel traditionnel (non Plug and Play), vous devez déplacer manuellement les cavaliers ou les commutateurs et exécuter le logiciel de configuration fourni avec la carte. Consultez le fabricant ou la documentation de votre carte pour plus d'informations à ce sujet.

Ressources système types utilisées par les cartes d'extension

Un certain nombre de périphériques que vous pouvez envisager d'ajouter à votre système utilisent des lignes d'IRQ ou des canaux DMA, ce qui signifie que dans l'emballage du périphérique que vous venez d'acheter vous attend une multitude de conflits potentiels. Comme cela a été indiqué dans la section précédente, la solution consiste à recourir à un modèle de configuration qui garde trace des précédentes configurations de votre ordinateur.

Vous éviterez aussi de nombreux problèmes en prenant connaissance de la documentation qui accompagne vos nouvelles cartes d'extension avant de les installer, en particulier si vous disposez encore de cartes ISA. Celle-ci indique les lignes d'IRQ utilisables par les cartes ainsi que leurs besoins en canaux DMA et en mémoire haute.

Infos

Bien que les cartes PCI utilisent également toutes les ressources décrites précédemment, à l'exception des canaux DMA, la plupart sont conçues pour n'utiliser que les ressources disponibles. Ainsi, les ressources employées par une certaine carte PCI sont moins affectées par la conception de la carte que par la configuration du système dans lequel elle est installée. Par exemple, si IRQ 3 et IRQ 4 (normalement affectées à COM2: et COM1:) ne sont pas utilisées par des ports COM et sont disponibles à la configuration PCI/PnP d'un système, une carte PCI peut très bien s'en servir. Si seules les IRQ 9, IRQ 10 et IRQ 11 sont disponibles, le mécanisme PCI/PnP peut parfaitement attribuer l'une d'elles à la même carte. En outre, certains systèmes attribuent des IRQ différentes à chaque connecteur d'extension PCI.

Les sections qui suivent décrivent certains des conflits que vous pourrez rencontrer en installant les cartes d'extension les plus répandues. Bien que la liste de cartes d'extension de cette section soit loin d'être exhaustive, les informations qui suivent vous seront utiles pour installer des composants matériels complexes avec un minimum de tracas.

Cartes son

Les cartes son constituent sans doute la source de problèmes la plus importante sur les ordinateurs. Elles utilisent habituellement au moins une ligne d'IRQ et deux canaux DMA (en mode émulation DOS), ainsi que plusieurs niveaux d'adresses de ports d'entrées/sorties. Cela tient au fait qu'une carte son est en fait constituée de plusieurs composants regroupés sur une carte. La plupart des cartes son, y compris les modèles PCI, sont semblables au modèle Sound Blaster 16 de Creative Labs.

Le Tableau 3.66 montre les ressources par défaut utilisées par une carte son PCI typique, la Creative Labs SB512. Puisque ces cartes sont des périphériques multifonctions, chaque fonction est listée séparément telle qu'elle apparaît dans le gestionnaire de périphériques de Windows.

Bien que d'autres marques de cartes son puissent employer une configuration légèrement différente, le schéma reste le même : l'émulation Sound Blaster requiert un grand nombre de ressources. Même lorsque cette émulation n'est pas utilisée (vous pouvez la désactiver si vous ne jouez plus à des jeux DOS), la carte n'en demande pas moins une IRQ et plusieurs plages d'adresses de ports d'entrées/sorties. En lisant la documentation de votre carte son, vous connaîtrez ses besoins en canaux de communication et pourrez les comparer aux lignes d'IRQ et aux canaux DMA déjà utilisés sur votre

Tableau 3.66 : Ressources par défaut d'une carte Creative Labs SB512

Périphérique	IRQ	Adresse de port entrées/sorties	Canal DMA 16 bits	Canal DMA 8 bits
Émulation Sound Blaster 16	5	0220-022F 0330-0331[1] 0388-038B[2]	5	1
Interface Creative Multimedia	N/A	D400-D407	N/A	N/A
Joystick Gameport Creative	N/A	0200-0207	N/A	N/A
Creative SB512	9[3]	C860-C87F	N/A	N/A

1. Utilisé pour l'interface MIDI.
2. Utilisé pour la synthèse FM.
3. Varie selon les systèmes et le connecteur PCI utilisé.

système. Il vous sera ainsi possible de modifier les paramètres des autres périphériques afin d'éviter les conflits avec la carte son. Malheureusement, de nombreux fournisseurs ne donnent plus d'informations détaillées sur leurs cartes compatibles Plug and Play. C'est pourquoi vous devez installer la carte son en premier, puis noter les ressources système affectées avant d'installer d'autres cartes.

Commencez toujours par insérer la carte vidéo, et passez ensuite à la carte son. Il est important que la carte son conserve ses paramètres par défaut. N'en modifiez jamais le réglage des ressources pour éviter un conflit ; modifiez plutôt les réglages des autres cartes d'extension. En effet, les programmes de jeu et les logiciels éducatifs ne sont pas conçus pour prendre en compte les divers réglages de ressources de substitution sur les cartes son.

Même les cartes son les plus récentes peuvent provoquer des problèmes si elles sont installées après d'autres cartes. Il faut parfois retirer toutes ses cartes Plug and Play pour que le système daigne reconnaître une carte son Plug and Play.

Si une solution audio est intégrée à votre système mais que vous préfériez ajouter une carte son séparée, n'oubliez pas de désactiver la première dans le BIOS avant d'installer la seconde.

À titre d'exemple, l'installation d'une carte Sound Blaster 16 et d'une carte SCSI d'Adaptec se révèle généralement source de conflits. Si vous installez ces deux périphériques et si vous conservez leurs paramètres par défaut, ils entreront en conflit au niveau du canal DMA 5 et des ports d'entrées/sorties 330-331. Au lieu de modifier les réglages de la carte son, mieux vaut sélectionner sur la carte SCSI un autre réglage qui ne provoquera pas de conflit avec la carte son ou toute autre carte d'extension. La carte son doit garder sa configuration par défaut, car certains logiciels anciens (de type DOS) supposent en général ces paramètres et ne fonctionnent pas avec d'autres. En revanche, les périphériques SCSI acceptent des réglages différents. Les réglages à privilégier sont indiqués dans le modèle de configuration système précédent.

Les cartes en question (carte son Sound Blaster 16 et carte SCSI AHA-1542CF) sont citées ici non parce qu'elles ne fonctionnent pas correctement mais parce qu'elles sont très répandues, et sont donc susceptibles d'être utilisées ensemble.

La plupart des utilisateurs préfèrent aujourd'hui les versions PCI de ces cartes mais ces modèles imposent toujours des paramétrages de ce type, sauf pour les canaux DMA. Malheureusement, ce ne

sont pas tant les canaux DMA qui manquent sur un ordinateur mais les IRQ. Même avec les cartes PCI, les IRQ tendent à manquer pour les anciennes applications en mode réel ou pour Windows 95, car les interruptions PCI doivent être converties en IRQ ISA. La véritable solution est d'employer uniquement des cartes PCI et Windows 98 ou plus (avec prise en charge de la fonction IRQ Steering) et de disposer de la prise en charge dans le BIOS. Dans ce cas, le partage intégral sera possible. Aujourd'hui, la plupart des systèmes sont dépourvus de connecteurs ISA. Les utilisateurs sont ainsi libérés du problème du manque d'interruptions auquel ils étaient confrontés depuis de nombreuses années.

Astuces

La plupart des nouveaux modèles de cartes son PCI sont incompatibles avec les logiciels reposant sur DOS, car elles n'utilisent pas de canaux DMA, contrairement aux modèles ISA. Si vous installez une carte son PCI, mettez à jour vos logiciels audio et choisissez des versions 32 bits pour Windows. Sinon, vous ne pourrez pas utiliser votre carte. La plupart des cartes PCI incluent un programme d'émulation grâce auquel la carte peut fonctionner avec les vieux programmes qui reposent sur des canaux DMA ; mais, très souvent, les résultats ne sont pas convaincants. Si le circuit audio est intégré à la carte mère, les pilotes correspondants peuvent gérer l'émulation Sound Blaster.

Pour obtenir les meilleurs résultats, servez-vous du connecteur PC/PCI, présent sur certaines cartes mères, afin d'y brancher un câble vers une carte son compatible PC/PCI. Ce connecteur permet à la carte son d'utiliser des canaux DMA de type ISA sans passer par une émulation logicielle peu fiable.

Cartes SCSI

Les cartes SCSI utilisent plus de ressources que n'importe quel type de périphérique d'extension, abstraction faite de la carte son. Elles exploitent souvent des ressources qui provoquent des conflits avec les cartes son ou les cartes réseau, en particulier si elles contiennent un BIOS de gestion des lecteurs amorçables. Une carte SCSI ISA avec BIOS nécessite une ligne d'IRQ, un canal DMA, une série d'adresses de ports d'entrées/sorties ainsi que 16 Ko de mémoire haute libre pour utiliser sa ROM et sa mémoire de travail. C'est le cas de toutes les cartes, même les plus simples. Par bonheur, une carte SCSI standard est aussi facile à reconfigurer, et la modification de l'un de ses réglages n'a aucune incidence sur les performances ou le fonctionnement des logiciels. Les adaptateurs SCSI de type PCI ont besoin des mêmes ressources, à l'exception du canal DMA.

Avant d'installer une carte SCSI, prenez bien connaissance de sa documentation et vérifiez que les lignes d'IRQ, les canaux DMA, les ports d'entrées/sorties et la mémoire haute indispensables à son fonctionnement sont disponibles. Si les ressources système indispensables sont déjà utilisées, avant d'enficher la carte SCSI, reportez-vous au modèle de configuration système pour savoir comment modifier les réglages de cette carte ou de toute autre carte d'extension.

Infos

Certaines cartes SCSI et cartes réseau de type ISA peuvent être configurées en mode PnP ; il est également possible d'utiliser une configuration manuelle. Dans ce cas, choisissez la méthode qui vous convient. Si le mode PnP ne fonctionne pas, passez la carte en mode manuel (à l'aide de cavaliers, de micro-interrupteurs ou d'un logiciel).

Cartes réseau

La popularité des réseaux ne cesse d'augmenter, que ce soit pour des réseaux personnels ou la connexion à Internet. Les cartes réseau types ne nécessitent pas autant de ressources que certaines autres cartes traitées dans ces quelques pages, mais elles exigent au minimum une série d'adresses de ports d'entrées/sorties et une interruption. La plupart des cartes réseau exigent aussi 16 Ko de mémoire haute pour le tampon de transfert de RAM de la carte réseau. Comme pour les autres cartes, vérifiez que toutes ces ressources sont uniques pour la carte et ne sont pas partagées par d'autres périphériques. Même si l'adaptateur réseau est intégré à la carte mère, il a toujours besoin d'une IRQ et de ports d'entrées/sorties.

Cartes à ports COM multiples

Les cartes d'extension à ports série multiples possèdent généralement au moins deux ports COM (ou série) intégrés. Chacun de ces ports COM nécessite une interruption et une plage de ports d'entrées/sorties. Les adresses de ports d'entrées/sorties ne posent pas trop de problèmes, car les plages utilisées par un maximum de quatre ports COM sur un ordinateur sont plutôt bien définies. En revanche, il n'en est pas de même des interruptions. La plupart des configurations informatiques anciennes qui présentent plus de deux ports série partagent les interruptions des ports supplémentaires avec celles des deux premiers. Cela entraîne des problèmes avec les logiciels qui fonctionnent sous Windows ou OS/2. Avec ces anciennes cartes, assurez-vous toujours que chaque port série de votre système dispose d'une série d'adresses de ports d'entrées/sorties unique et, plus important encore, que son IRQ n'est pas utilisée par un autre périphérique.

De nombreuses cartes d'extension multiports, comme celles que distribue la société Byte Runner Technologies, permettent un partage "intelligent" des interruptions entre les ports. Il est ainsi possible d'avoir jusqu'à 12 configurations de ports COM sans qu'aucun conflit ne survienne. Interrogez le fabricant de votre carte d'extension pour savoir si celle-ci permet ce partage "intelligent" des interruptions.

Bien que la plupart des conflits proviennent de ce que l'utilisateur essaie de partager des interruptions en installant deux ports série (ou plus) sur son ordinateur, il arrive souvent que les conflits soient provoqués par des conflits d'adresses d'entrées/sorties. Certains chipsets vidéo utilisent des adresses de ports supplémentaires qui entrent en conflit avec celles du port standard COM4.

Dans le cas de l'ordinateur utilisé en exemple pour le modèle de configuration précédent, vous pouvez voir que la carte vidéo ATI utilise des adresses de port supplémentaires, et plus précisément les adresses 2EC-2EF. Cela pose un problème, car, normalement, le port COM4 est configuré avec les adresses 2E8-2EF qui se superposent à celles de la carte vidéo. Les cartes vidéo qui utilisent ces adresses ne permettent généralement pas d'ajuster ce paramètre. La seule solution consiste donc à paramétrer le port COM4 sur une adresse non standard, ou encore à désactiver ce port. Dans ce dernier cas, seuls trois ports série seront utilisables. Si votre carte d'extension série accepte des adresses d'entrées/sorties non standard, vous devez vous assurer que ces valeurs d'adresses ne sont pas utilisées par d'autres cartes, ou sinon en informer le logiciel ou le gestionnaire de périphériques.

Dans de nombreux cas, des connexions USB ou Ethernet 10/100 peuvent servir à réaliser des tâches autrefois dévolues aux ports série. Si vous n'avez plus besoin des ports série, il est préférable de désactiver ceux intégrés à la carte mère, de retirer les cartes à ports série multiples et d'affecter les IRQ correspondantes au mécanisme PCI/AGP Plug and Play. Vous réduirez ainsi les sources de conflits sur les IRQ.

Ports USB

Depuis 1996, la plupart des cartes mères sont équipées de ports USB (*Universal Serial Bus*, bus série universel) 1.1 ou 2.0. Une difficulté, cependant, est que le bus USB monopolise une autre interruption, alors que sur, beaucoup d'ordinateurs, il n'en reste plus (dans le meilleur des cas, il n'en reste qu'une). Si votre système supporte la fonction PCI IRQ Steering, cela ne pose pas réellement de gros problèmes, car l'IRQ peut être partagée entre plusieurs périphériques PCI. Si l'on est à court d'interruptions, la solution consiste alors à rechercher des éléments qui peuvent être désactivés (des ports COM ou LPT, par exemple) afin de récupérer leur interruption.

Le principal avantage des bus USB est de n'utiliser qu'une seule IRQ, quel que soit le nombre de périphériques qui leur sont rattachés (jusqu'à 127) ou le nombre de ports USB fournis par un seul contrôleur. Certains systèmes équipés de plusieurs contrôleurs USB emploient des IRQ supplémentaires, mais ils peuvent les partager avec d'autres périphériques PCI. Par conséquent, il est possible d'ajouter ou de retirer des périphériques du bus USB tout en étant sûr de ne pas être à court ou de ne pas avoir de conflits de ressources.

Si vous n'utilisez pas de périphériques USB, désactivez ce bus à l'aide du Setup du BIOS de votre carte mère afin de libérer l'interruption qu'il monopolise. À l'avenir, quand le clavier, la souris, le modem, l'imprimante, etc. fonctionneront sur le bus USB, le manque d'interruptions sera moins problématique. La suppression du bus ISA sur les ordinateurs contribue également à résoudre ce problème.

Pour obtenir les meilleures performances, en particulier avec les médias amovibles à haute capacité, les lecteurs de CD/DVD réinscriptibles, les scanners et les imprimantes, choisissez une carte mère qui dispose de ports USB 2.0. Ils sont totalement compatibles avec les périphériques USB 1.1, tout en offrant de meilleures performances lorsque plusieurs périphériques USB sont utilisés simultanément. Vous pouvez également ajouter une carte USB 2.0 à votre système afin de profiter des mêmes avantages.

Cartes diverses

Certaines cartes vidéo sont livrées avec des logiciels très sophistiqués qui permettent, par exemple, de créer un Bureau surdimensionné, un moniteur personnalisé, un mode d'extinction instantané, etc. Malheureusement, ces logiciels impliquent que la carte soit configurée pour utiliser une interruption. Mieux vaut, par conséquent, vous passer de ces logiciels et libérer cette interruption pour d'autres périphériques. Rappelez-vous cependant que les cartes accélératrices 3D récentes utilisent

en principe une IRQ pour leur fonction de bus-mastering. Reportez-vous au manuel de carte vidéo pour de plus amples détails.

Dans le domaine de la vidéo, on utilise également des cartes de décompression MPEG qui viennent s'ajouter à une carte graphique normale. Ces cartes sont utilisées dans des domaines professionnels spécialisés tels que la production vidéo, l'édition vidéo et les films sur DVD. Elles exploitent aussi des ressources système supplémentaires qui doivent impérativement être disponibles. Si votre processeur travaille à une vitesse supérieure à 300 MHz et si vous disposez d'une carte vidéo AGP, vous pouvez très certainement utiliser la carte vidéo pour la diffusion de DVD et retirer ainsi la carte décodeur MPEG. Il vous faudra un programme de lecture DVD qui est normalement livré avec votre carte vidéo. Reportez-vous au manuel de carte vidéo pour de plus amples détails.

Technologie Plug and Play

La technologie Plug and Play ("branchez et utilisez"), ou PnP, représente une véritable révolution dans le domaine des technologies d'interfaces. Elle a fait son apparition sur le marché en 1995, et nombre d'ordinateurs récents sont à présent capables d'en tirer parti. Avant son existence, pour installer de nouveaux périphériques sur leurs ordinateurs, les utilisateurs de PC n'avaient d'autre choix que de s'attaquer directement aux micro-interrupteurs et cavaliers placés sur les cartes d'extension. Ces manipulations conduisaient trop souvent à des conflits de ressources système et à un mauvais fonctionnement des cartes d'extension.

Le concept du PnP n'est pas tout à fait nouveau. Il constituait déjà l'un des éléments clés de la conception des interfaces MCA et EISA. Celles-ci ne connurent cependant qu'un succès très limité et ne devinrent jamais des standards industriels. C'est pourquoi l'utilisateur de PC continua à se battre avec les adresses d'entrées/sorties, les canaux DMA et les configurations d'IRQ. Les premiers systèmes PCI employaient également une sorte de configuration PnP, mais, puisque rien ne permettait de gérer les conflits entre les cartes PCI et ISA, de nombreux utilisateurs rencontraient des problèmes à répétition. À présent que le PnP est omniprésent, les utilisateurs ont beaucoup moins de difficultés, souvent aucune, avec la configuration de leur matériel.

Pour que la technologie PnP fonctionne, l'ordinateur doit être équipé des trois éléments suivants :

- des périphériques PnP ;
- un BIOS PnP ;
- un système d'exploitation PnP.

Chacun de ces composants doit être compatible PnP : il doit répondre aux spécifications du standard PnP. C'est évidemment le cas des systèmes modernes.

Matériel PnP

Le matériel englobe à la fois les ordinateurs et les cartes d'extension. Le fait que le matériel doive être PnP ne signifie pas qu'il est impossible d'installer une vieille carte d'extension ISA sur un ordinateur PnP. Il est parfaitement possible d'utiliser des cartes de ce type. En effet, le BIOS PnP confi-

gure automatiquement les cartes compatibles PnP en prenant en compte des composants déjà installés.

Les cartes d'extension PnP communiquent avec le BIOS et le système d'exploitation, afin d'acheminer les informations pour lesquelles des ressources système sont indispensables. De plus, le BIOS et le système d'exploitation résolvent les conflits (lorsqu'ils le peuvent) et informent les cartes d'extension des ressources qu'ils doivent utiliser. L'adaptateur peut alors modifier sa configuration pour utiliser les ressources spécifiées.

BIOS PnP

L'utilisation d'un ordinateur PnP implique que la plupart des utilisateurs de PC anciens (avant 1996) procèdent à une mise à jour de leur BIOS ou achètent de nouvelles machines équipées d'un BIOS PnP. Pour qu'un BIOS soit compatible PnP, il doit supporter 13 appels de fonctions système supplémentaires, qui peuvent être utilisés par le système d'exploitation de l'ordinateur. La spécification PnP applicable aux BIOS a été développée conjointement par Compaq, Intel et Phœnix Technologies.

Les caractéristiques PnP du BIOS sont implémentées par un autotest POST étendu. Le BIOS est chargé de l'identification, de l'isolation et finalement de la configuration des cartes d'extension PnP. Il effectue ces diverses opérations en respectant les étapes suivantes :

1. Il désactive tous les périphériques configurables de la carte mère et des cartes d'extension.
2. Il identifie tous les périphériques PnP, PCI et ISA.
3. Il compile une carte d'allocation des ressources pour les ports, les IRQ, les canaux DMA et la mémoire.
4. Il active les périphériques d'entrées/sorties.
5. Il analyse la ROM des périphériques ISA.
6. Il configure les périphériques de chargement de programme initial, utilisés pour démarrer le système.
7. Il active les périphériques de configuration en les informant des ressources qui ont été attribuées.
8. Il lance le chargeur d'amorce.
9. Il transfère le contrôle des opérations au système d'exploitation.

Système d'exploitation PnP

Un système d'exploitation PnP existe dans les ordinateurs modernes depuis l'avènement de Windows 95. Les logiciels d'extension sont disponibles pour les systèmes d'exploitation déjà sur le marché. C'est particulièrement le cas des portables. N'oubliez pas de charger ces extensions si votre système l'exige.

Le système d'exploitation doit signaler tous les conflits ne pouvant être résolus par le BIOS. En fonction du degré de sophistication du système d'exploitation, l'utilisateur peut configurer manuellement à l'écran les cartes posant problème, ou éteindre l'ordinateur et modifier directement les paramètres des cartes d'extension. Une fois l'ordinateur redémarré, un test est effectué pour savoir si tous les problèmes de conflit ont été résolus ou si d'autres sont apparus, et l'utilisateur en est informé. Ces diverses étapes permettent d'écarter tout risque de conflit.

Infos

Puisque la spécification PnP fait constamment l'objet de révisions, en particulier la spécification ACPI, il est préférable de vérifier que vous disposez du dernier BIOS et des derniers pilotes sur votre système. Grâce au BIOS en mémoire flash des systèmes PnP actuels, vous pouvez télécharger une nouvelle image du BIOS depuis le fabricant de votre ordinateur et lancer le programme de mise à jour.

4 Le BIOS

Au sommaire de ce chapitre

- Présentation du BIOS
- BIOS matériel/logiciel
- BIOS de la carte mère
- Mise à jour du BIOS
- Spécification des paramètres CMOS
- BIOS Plug and Play
- Messages d'erreur du BIOS

Présentation du BIOS

Beaucoup de gens éprouvent des difficultés à distinguer le matériel du logiciel dans un système PC. Les différences sont difficiles à identifier parce que le matériel et le logiciel dépendent fortement l'un de l'autre dans la conception, la construction et le fonctionnement du système. Il est essentiel de comprendre ces différences pour comprendre le rôle du BIOS au sein du système.

Le BIOS (*Basic Input/Output System*, système d'entrées/sorties de base) est, au niveau le plus basique, un logiciel de bas niveau contrôlant le matériel système et servant d'interface entre le système d'exploitation et le matériel. Ce terme est souvent connu sous un autre nom, celui de pilotes de périphériques ou simplement de pilotes. Autrement dit, le terme BIOS représente tous les pilotes. Il constitue le lien entre le matériel et le logiciel d'un système.

Dans les premiers PC, le BIOS contenant tous les pilotes de périphériques du système était gravé dans une ou plusieurs puces de mémoire non volatiles en lecture seule (ROM, *Read-Only Memory*). Ces puces, qui conservaient leurs données même lorsque l'alimentation était coupée, étaient placées sur la carte mère. Les pilotes étaient ainsi autonomes, préchargés en mémoire et accessibles dès la mise sous tension du PC.

La ROM contenait également un programme d'autotest à la mise sous tension (POST, *Power-On Self Test*) et un chargeur d'amorce. Le programme d'amorce était conçu pour initier le chargement d'un système d'exploitation en lisant le secteur de démarrage d'une disquette ou, si elle était absente, d'un disque dur. Une fois le système d'exploitation chargé, il pouvait appeler les routines de bas niveau (les pilotes de périphériques) présentes dans le BIOS afin d'interagir avec le matériel de l'ordinateur. Au début, tous les pilotes de périphériques nécessaires étaient dans le BIOS, stockés dans la ROM de la carte mère. Cela incluait les pilotes pour le clavier, les adaptateurs vidéo MDA/CGA, les ports série et parallèle, les contrôleurs de disquettes, les contrôleurs de disques durs, la manette de jeu et l'horloge.

Pendant le chargement du système d'exploitation, il était inutile de charger un pilote pour interagir avec ces éléments matériels car les pilotes étaient déjà présents dans la ROM. Tout cela fonctionnait parfaitement, jusqu'à l'ajout d'un nouveau matériel dont le pilote n'était pas dans la ROM. Dans une telle situation, deux approches étaient possibles. Si le périphérique matériel était une carte adaptateur, celle-ci pouvait intégrer une ROM contenant les pilotes nécessaires. La ROM de la carte mère était programmée pour analyser une zone de mémoire prédéterminée à la recherche de ROM de cartes adaptateurs. Si une telle ROM était trouvée, son code était exécuté. Elle avait essentiellement pour rôle d'ajouter ses fonctions au BIOS existant. En quelque sorte, la ROM de la carte mère assimilait les ROM des cartes adaptateurs pour augmenter les fonctionnalités générales. Cette approche était indispensable pour certains périphériques comme les cartes vidéo, qui devaient être opérationnelles dès l'allumage du PC.

Si le périphérique n'utilisait pas une carte adaptateur, il existait une autre solution pour ajouter le pilote nécessaire dans le système. Lors des premières phases du chargement du système, le fichier de démarrage de MS-DOS (`IO.SYS`) consultait un fichier de configuration (`CONFIG.SYS`) dans lequel étaient indiqués les pilotes supplémentaires à charger. Le fichier `CONFIG.SYS`, ainsi que les pilotes précisés, devait être placé sur le disque de démarrage. Le programme `IO.SYS` chargeait en mémoire les pilotes indiqués et les associait à ceux du BIOS, augmentant ainsi les fonctionnalités générales.

À ce stade, les pilotes provenaient donc de trois sources : la ROM de la carte mère, les ROM des cartes adaptateurs et le disque de démarrage. Le BIOS était ainsi constitué de trois éléments, mais fonctionnait encore comme une seule entité grâce à un appel de son code *via* un mécanisme d'interruptions. Le système d'exploitation ou l'application qui devait converser avec un élément matériel, par exemple pour lire un CD-ROM, devait appeler une interruption logicielle précise et la table des vecteurs d'interruption dirigeait l'appel vers la partie du BIOS, c'est-à-dire le pilote, correspondant au périphérique invoqué.

C'est l'association du BIOS de la carte mère, du BIOS des diverses cartes installées et des pilotes de périphériques chargés à partir du disque qui constitue le BIOS dans son ensemble. La partie du BIOS située sur les puces ROM, à la fois sur la carte mère et sur certaines cartes, est quelquefois appelée microprogramme. Ce nom désigne un logiciel stocké sur des puces plutôt que sur disque. Bien entendu, une fois le système éteint, les pilotes en ROM non volatile restaient intacts, tandis que ceux en RAM disparaissaient immédiatement. Cela n'était pas un problème car, lors de la prochaine mise sous tension du système, le processus de démarrage recommençait et chargeait de nouveau les pilotes nécessaires à partir du disque.

Avec l'évolution du PC, de plus en plus d'accessoires et de matériels ont été créés pour compléter le système. Autrement dit, de plus en plus de pilotes devaient être chargés pour gérer ces périphériques. L'ajout de nouveaux pilotes dans la ROM de la carte mère était difficile car ces puces avaient une taille relativement figée et limitée. L'architecture du PC n'autorise qu'une ROM de 128 Ko sur la carte mère. Une bonne partie de cet espace était déjà utilisée par les pilotes existants, le POST, le programme de configuration du BIOS et le chargeur d'amorce. L'intégration des pilotes dans les ROM des cartes adaptateurs est coûteuse et seuls 128 Ko sont accordés pour l'ensemble des ROM des cartes adaptateurs. Par conséquent, la plupart des sociétés qui développaient du matériel pour le

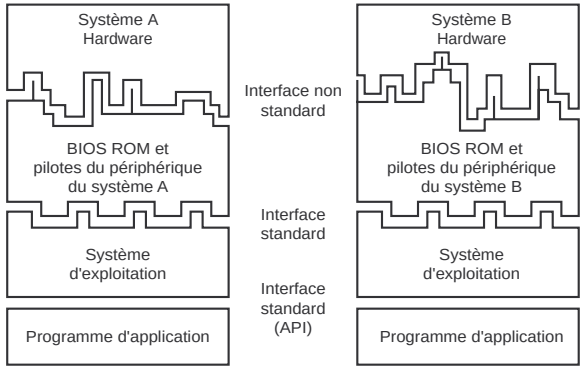
PC se sont simplement mises à écrire des pilotes chargés en RAM au cours du processus de démarrage.

Au fil du temps, de plus en plus de pilotes étaient chargés depuis le disque. Dans certains cas, des pilotes remplaçaient même ceux présents sur la carte mère. Par exemple, Windows 95 a apporté un nouveau pilote de disque dur qui utilisait du code 32 bits. Il remplaçait le pilote 16 bits existant dans la ROM de la carte mère. Autrement dit, le pilote 16 bits du disque dur dans la ROM de la carte mère chargeait le système d'exploitation et les autres pilotes. Puis, une fois le pilote 32 bits chargé en RAM par le processus de démarrage, la table des vecteurs était modifiée afin de pointer sur le pilote 32 bits à la place du pilote 16 bits. Windows 95, 98 et Me acceptent d'utiliser les pilotes 16 bits et 32 bits, facilitant ainsi le passage à un fonctionnement 32 bits intégral.

Tout cela a évolué jusqu'à aujourd'hui, où des pilotes 32 et 64 bits sont conçus pour être chargés depuis le disque et remplacer *tous* les pilotes de la ROM de la carte mère. C'est le cas de n'importe quel ordinateur qui fonctionne sous Windows NT, 2000, XP ou Vista. Ces systèmes d'exploitation ne sont pas en mesure d'utiliser les pilotes 16 bits présents dans la ROM de la carte mère ou des cartes adaptateurs. Ils n'acceptent que des pilotes 32 ou 64 bits, selon la version.

Un système PC peut être décrit sous la forme d'une série de couches – en partie matérielles et en partie logicielles – en liaison directe les unes avec les autres. Un PC peut être divisé en quatre couches primaires, qui peuvent ensuite être redivisées. La Figure 4.1 présente les quatre couches d'un PC typique.

Figure 4.1
Les couches du système PC.



L'objectif de cette conception en couches est de permettre à un système d'exploitation et à une application donnés de s'exécuter sur différents matériels. La Figure 4.1 montre de quelle façon deux machines peuvent utiliser des pilotes différents (BIOS) comme interface entre deux matériels différents et un ensemble système d'exploitation et applications commun. Deux machines avec des processeurs, des supports de stockage et des écrans différents sont ainsi en mesure d'exécuter le même logiciel d'application.

Dans cette architecture en couches, les programmes logiciels de l'application dialoguent avec le système d'exploitation par l'intermédiaire d'une API (*Application Programming Interface*, interface de programmation d'applications). L'API varie selon le système d'exploitation utilisé et se compose des différentes commandes et fonctions que le système d'exploitation peut exécuter pour une application. Une application peut demander par exemple au système d'exploitation de charger ou d'enregistrer un fichier. L'application n'a donc pas besoin de savoir comment lire le disque, envoyer des données vers une imprimante ou effectuer une des nombreuses fonctions que le système d'exploitation peut fournir. L'application étant complètement isolée du matériel, il devient possible d'exécuter les mêmes applications sur des machines différentes ; l'application est conçue pour dialoguer avec le système d'exploitation plutôt qu'avec le matériel.

Le système d'exploitation fournit alors une interface ou communique avec la couche du BIOS ou du pilote. Le BIOS est constitué de tous les pilotes individuels qui opèrent entre le système d'exploitation et le matériel réel. En tant que tel, le système d'exploitation ne communique jamais directement avec le matériel. Il doit toujours passer par le pilote approprié. Il est ainsi possible de structurer le dialogue avec le matériel. Le fabricant a normalement la responsabilité de fournir les pilotes pour son matériel. Les pilotes s'exécutant entre le matériel et le système d'exploitation, ils sont normalement spécifiques à chaque système d'exploitation. Le fabricant doit donc fournir différents pilotes pour que son matériel fonctionne sous DOS, Windows, OS/2, Linux, et ainsi de suite. Étant donné que beaucoup de systèmes d'exploitation utilisent les mêmes interfaces internes, certains pilotes peuvent travailler sous de multiples systèmes d'exploitation. Ainsi, un pilote fonctionnant sous Windows Me travaille souvent aussi sous Windows 98 et 95, et un pilote pour Windows XP sait aussi travailler sous Windows 2000 et NT. La raison en est tout simplement que Windows 95, 98 et Me sont des variations d'un même système d'exploitation, tout comme Windows NT, 2000 et XP. Bien que Vista se fonde sur NT, le fonctionnement des pilotes a suffisamment évolué pour que ce système ne puisse pas employer les pilotes de Windows NT à XP.

Quel que soit le matériel, la couche BIOS présente une interface analogue au système d'exploitation. C'est pourquoi le même système d'exploitation peut s'exécuter sur diverses machines. Vous pouvez exécuter Windows Vista, par exemple, sur deux systèmes avec des processeurs différents, des disques durs différents, des cartes vidéo différentes, et ainsi de suite. Ce système d'exploitation se comportera de façon quasi identique sur chacune de ces machines. Les pilotes fournissent en effet les mêmes fonctions de base quel que soit le matériel spécifique employé.

Comme l'illustre la Figure 4.1, les couches système d'exploitation et applications peuvent être identiques d'un système à un autre, mais le matériel peut être radicalement différent. Le BIOS étant constitué de pilotes logiciels qui jouent le rôle d'interface entre matériel et logiciel, la couche du BIOS s'adapte à un matériel particulier d'un côté, mais présente un aspect essentiellement identique au système d'exploitation de l'autre côté.

La différence entre deux systèmes se situe principalement au niveau de la couche matérielle. Une des fonctions du BIOS est de masquer les différences entre les matériels pour qu'un système d'exploitation donné (et par conséquent les applications) puisse s'exécuter. Dans ce chapitre, nous examinons plus particulièrement la couche BIOS du PC.

BIOS matériel/logiciel

Le BIOS lui-même est constitué de logiciels regroupant les différents pilotes constituant l'interface entre le matériel et le système d'exploitation. Le BIOS a cette particularité sur le logiciel ordinaire qu'il n'est pas entièrement chargé à partir du disque. Une partie du BIOS est déjà présente dans une mémoire en lecture seule (ROM) et une autre est chargée en RAM depuis le disque dur.

Le BIOS d'un PC provient d'une des trois sources suivantes :

- la ROM de la carte mère;
- la ROM d'une carte d'extension (comme celle fournie avec une carte vidéo);
- un chargement en RAM à partir du disque (pilotes de périphériques).

Le BIOS de la carte mère est beaucoup plus souvent associé au matériel qu'au logiciel. En effet, cette partie du BIOS se trouve sur une puce ROM (*Read Only Memory*, mémoire en lecture seule) enfichée sur la carte mère. Cette puce fournit les pilotes initiaux requis pour exécuter le système. Il y a quelques années, quand les PC exécutaient uniquement DOS, aucun pilote supplémentaire n'était requis. Le BIOS de la carte mère disposait de tous les éléments nécessaires. Ce BIOS comprend normalement des pilotes pour tous les composants système de base dont font partie le clavier, le lecteur de disquettes, le disque dur, les ports série et parallèle, etc. Les systèmes ayant évolué en complexité, il leur a été ajouté de nouveaux matériels pour lesquels aucun pilote de BIOS carte mère n'existait. Ces matériels concernent des périphériques tels que les nouvelles cartes vidéo, les lecteurs de CD-ROM, les disques durs SCSI, les ports USB, les matrices de disques, et ainsi de suite.

Plutôt que de faire évoluer le BIOS de la carte mère pour supporter spécifiquement les nouvelles unités, il était beaucoup plus simple et plus pratique de copier les nouveaux pilotes sur le disque dur du système et de configurer le système d'exploitation pour qu'il charge ces pilotes au démarrage de l'ordinateur. C'est de cette façon que les nouveaux lecteurs de CD-ROM, cartes son, scanners, imprimantes, cartes PCMCIA sont maintenant supportés. Ces périphériques n'ont pas besoin d'être actifs au lancement de l'ordinateur, le système peut donc démarrer à partir du disque dur et inclure le chargement de ces pilotes avec celui du système d'exploitation.

Certains pilotes ont toutefois besoin d'être actifs pendant le démarrage de l'ordinateur. Par exemple, comment pourriez-vous démarrer depuis le disque dur si les pilotes servant d'interface avec le disque devaient être chargés depuis le disque? Les pilotes du disque dur doivent évidemment être préchargés dans la ROM de la carte mère ou de l'adaptateur.

Comment pourriez-vous voir quelque chose à l'écran si votre carte vidéo ne disposait pas de pilotes en ROM? La solution aurait pu consister à fournir une ROM de carte mère avec les pilotes vidéo appropriés. Cette solution ne peut être envisagée à cause de la diversité des cartes graphiques, et par conséquent de la multiplicité des pilotes. Il faudrait alors proposer des centaines de ROM de cartes mères différentes, chacune adaptée à une carte vidéo particulière. Quand IBM a conçu le PC original, une meilleure solution a été envisagée. La ROM de la carte mère du PC a été conçue pour par-

courir les connecteurs à la recherche de cartes disposant d'une ROM. Quand une carte de ce type est détectée, la ROM associée est exécutée au cours de la phase de démarrage initial du système, bien avant le démarrage du système d'exploitation à partir du disque dur.

En stockant les pilotes directement sur la ROM de la carte, il n'est plus nécessaire de changer la ROM de la carte mère pour prendre en compte les nouveaux périphériques, en particulier ceux qui ont besoin d'être actifs pendant le démarrage. Quelques cartes disposeront presque toujours de leur propre ROM :

- Les cartes vidéo intégreront toujours leur BIOS.
- Les cartes SCSI qui supportent le lancement à partir des disques durs SCSI ou des disques optiques disposeront d'un BIOS intégré. Notez que, dans la plupart des cas, le BIOS SCSI ne supporte pas d'autres périphériques SCSI que le disque dur. Si vous utilisez un CD-ROM, un scanner ou un lecteur ZIP SCSI, les pilotes devront toujours être chargés depuis le disque dur. La plupart des adaptateurs SCSI récents acceptent également de démarrer depuis un lecteur optique SCSI, mais des pilotes restent nécessaires pour accéder au lecteur lorsque le démarrage se fait depuis un autre lecteur ou périphérique.
- Les cartes réseau qui supportent le démarrage directement depuis un serveur de fichiers disposeront de ce que l'on nomme généralement une ROM d'amorçage ou ROM IPL (*Initial Program Load*, ou *Boot*, chargement de programme initial, ou amorçage). Cela permet, sur un réseau local, de configurer des PC comme des stations de travail sans disque, également appelés PC réseau, clients légers ou même terminaux intelligents.
- Les cartes ATA ou pour lecteurs de disquettes, qui permettent d'attacher davantage de lecteurs ou des lecteurs de types différents de ceux qui sont normalement supportés par la carte mère seule. Ces cartes doivent disposer d'un BIOS intégré pour que le démarrage puisse se faire depuis ces lecteurs.
- Les cartes RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*, matrice redondante de disques bon marché), qui permettent de connecter plusieurs lecteurs et de les associer de différentes manières afin d'améliorer la fiabilité, la redondance et/ou les performances. Ces cartes intègrent un BIOS pour que le démarrage puisse se faire depuis la matrice de disques.
- Les cartes Y2K, qui comprennent des correctifs BIOS pour mettre à niveau l'octet de l'an 2000 dans la RAM CMOS. Le BIOS de ces cartes contient un petit pilote qui contrôle l'octet de l'année pour le passage de 99 à 00. Quand cette carte est détectée, le pilote met à jour l'octet correspondant au siècle de 19 à 20, corrigeant ainsi un défaut dans certains BIOS de cartes mères anciennes.

BIOS et RAM CMOS

Le BIOS est souvent confondu avec la RAM CMOS d'un système. Cette confusion est due en partie au fait que le programme Setup dans le BIOS permet de définir et d'enregistrer les paramètres de configuration dans la RAM CMOS. Ces deux composants sont en réalité complètement séparés.

Le BIOS de la carte mère est stocké dans une puce ROM fixe. La carte mère contient aussi une puce appelée RTC/NVRAM, qui signifie horloge temps réel (*Real Time Clock*)/RAM non volatile (*Non-Volatile RAM*). C'est l'endroit où sont stockées les informations de configuration du BIOS; il s'agit d'une puce spéciale qui combine une horloge RTC avec de la mémoire NVRAM. On l'appelle souvent puce CMOS, car elle relève de la technologie CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*, semi-conducteur à oxyde de métal complémentaire).

Le premier exemple de puce de ce type utilisée sur un PC est la puce Motorola 146818, qui disposait de 64 octets de mémoire dont 14 étaient dédiés aux fonctions d'horloge, laissant 50 octets pour les paramètres du BIOS. Bien que cette mémoire soit non volatile, elle l'est en réalité puisqu'en l'absence d'alimentation les paramètres heure/date et les données dans la partie RAM seront, en fait, effacés. On dit que cette mémoire est non volatile parce qu'elle utilise le procédé CMOS. Les puces qui utilisent cette technologie CMOS sont connues pour leur consommation d'énergie particulièrement faible; cette énergie provient d'une pile dans le système et non d'une alimentation standard. C'est aussi pour cette raison que cette puce est souvent nommée puce RAM CMOS. Même si ce n'est pas exact d'un point de vue technique (pratiquement toutes les puces modernes utilisent une forme de technologie CMOS), c'est plus facile à prononcer que puce RTC/NVRAM. La plupart des puces RTC/NVRAM fonctionnent avec seulement 1 µA, elles sont donc très peu gourmandes en énergie. La plupart des piles au lithium peuvent fonctionner pendant cinq ans ou plus avant épuisement, ce qui entraîne l'effacement des informations stockées (y compris la date et l'heure).

Quand vous entrez dans votre Setup BIOS, que vous configurez les paramètres du disque dur et les autres paramètres de ce programme, puis que vous les enregistrez, ces paramètres sont inscrits dans la zone de stockage de la puce RTC/NVRAM. Chaque fois que votre système démarre, il consulte les paramètres stockés dans cette puce pour déterminer la configuration du système. Il existe une relation entre le BIOS et la RAM CMOS, mais il s'agit de deux éléments distincts du système.

Certains systèmes emploient des versions spéciales de ces puces, fabriquées par Dallas Semiconductor, Benchmark ou Odin (par exemple les DS12885 et DS12887), qui intègrent dans un même composant la puce RTC/NVRAM et la batterie. Cependant, ces puces sont moins répandues dans les systèmes actuels. Si la puce RAM CMOS était initialement un composant séparé sur la carte mère, dans les systèmes modernes, elle est généralement incorporée au South Bridge ou au hub contrôleur d'entrées/sorties du chipset.

BIOS de la carte mère

Toutes les cartes mères doivent être équipées d'une puce spéciale contenant des logiciels : le BIOS (*Basic Input/Output System*, système d'entrées/sorties de base) ou BIOS ROM (*Read Only Memory*, mémoire en lecture seule). Cette puce contient les programmes et les pilotes de démarrage utilisés pour que l'ordinateur se mette en route, et qui font office d'interface pour le matériel de base de l'ordinateur. Le BIOS intègre également des routines de diagnostic POST (*Power-On Self Test*, autotest de mise sous tension) qui vérifient les principaux composants de l'ordinateur quand celui-ci est mis sous tension. Il contient en principe aussi un programme Setup pour stocker des informa-

tions sur la configuration de l'ordinateur dans la mémoire CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*, semi-conducteur à oxyde de métal complémentaire) alimentée par une pile sur la carte mère. Cette RAM CMOS est souvent appelée NVRAM (RAM non volatile) parce qu'elle est alimentée par un courant électrique de 1 µA seulement et qu'elle peut stocker des données pendant des années avec comme unique source d'énergie une petite pile au lithium.

Le BIOS est une série de programmes incorporés à une ou plusieurs puces de mémoire, selon le modèle d'ordinateur. Cette série de programmes est la première chose que l'ordinateur charge (avant même de charger le système d'exploitation) quand il est mis sous tension. Le BIOS de la plupart des PC est composé de quatre éléments importants :

- **POST.** L'autotest POST vérifie le processeur, la mémoire, le chipset, la carte vidéo, les contrôleurs de disques, les lecteurs et le clavier de l'ordinateur, ainsi que les autres composants importants pour le fonctionnement de l'ordinateur.
- **Setup BIOS.** Il s'agit d'un programme d'installation et de configuration du système, piloté par des menus, activé en pressant sur une touche particulière pendant le POST. Il permet de paramétrer les options de la carte mère et du chipset, la date et l'heure, les mots de passe, les lecteurs ainsi que d'autres options système de base. Grâce à ce programme, il est aussi possible de contrôler les paramètres de gestion de l'énergie et la séquence d'amorçage, et même de configurer la fréquence et le coefficient multiplicateur du processeur. Certains vieux modèles d'ordinateurs ne possédaient pas de Setup dans leur ROM, il fallait utiliser une disquette de Setup pour les faire démarrer. Les systèmes les plus récents proposent d'accéder à la configuration du BIOS par l'intermédiaire d'un programme Windows.
- **Chargeur d'amorce.** Le chargeur d'amorce est une routine qui parcourt les lecteurs de disque à la recherche d'un secteur d'amorçage maître valide (MBR, *Master Boot Record*). Si un secteur répondant à un critère minimal (il doit se terminer par les octets de signature 55AAh) est détecté, alors le code qu'il contient est exécuté. Le programme du secteur d'amorçage maître poursuit le processus de démarrage en chargeant le premier secteur physique du volume amorçable, qui représente le début du VBR (*Volume Boot Rrecord*). Le VBR charge ensuite le premier fichier du système d'exploitation, en général IO.SYS (DOS/Windows 9x/Me), ntldr (Windows NT/2000/XP) ou bootmgr (Vista), qui prend le relais et charge les fichiers du noyau du système d'exploitation.
- **BIOS (système d'entrées/sorties de base).** Le BIOS intègre une série de pilotes servant d'interface de base entre le système d'exploitation et le matériel. Quand DOS ou Windows fonctionne en mode Sans échec, l'ordinateur ne se sert que des pilotes du BIOS stockés sur la ROM puisque aucun pilote n'est chargé à partir du disque.

La mémoire ROM

La mémoire ROM (*Read Only Memory*, mémoire en lecture seule) est un type de mémoire capable de stocker des données de façon permanente ou semi-permanente. Elle est appelée mémoire *en lecture seule*, car il est difficile, voire impossible, d'écrire dessus. On l'appelle aussi quelquefois mémoire *non volatile*, car les données enregistrées y restent, même si l'ordinateur est arrêté. C'est

pour cette raison que la ROM est un emplacement idéal pour mettre les instructions de démarrage du système, c'est-à-dire le BIOS.

Remarquez que la ROM et la RAM ne sont pas deux formes de mémoires concurrentes. En fait, la ROM est techniquement un sous-ensemble de la RAM. En d'autres termes, une partie de l'espace de mémoire RAM est allouée à une ou plusieurs puces de mémoire ROM. Cela est nécessaire pour accueillir le logiciel indispensable à l'amorçage du PC. Sinon l'ordinateur ne démarrerait pas et la mémoire resterait inopérante après la mise sous tension.

✔ Pour un complément d'information sur la mémoire RAM dynamique, voir la section "DRAM", p. 337.

Dès le démarrage, le processeur va automatiquement à l'adresse FFFF0h pour y trouver des instructions. Cet emplacement de la mémoire se situe exactement à 16 octets après la fin du premier mégaoctet de RAM. C'est également la fin de la ROM. Si cet emplacement était en RAM, le programme de démarrage aurait disparu lors de la précédente mise hors tension. La ROM mise en place à cette adresse assure en toutes circonstances le démarrage, en maintenant le programme d'amorçage accessible de façon permanente.

Habituellement, la ROM du système commence à l'adresse E0000h ou F0000h, c'est-à-dire à 128 Ko ou 64 Ko avant la fin du premier mégaoctet. Comme le module de ROM a une taille de près de 128 Ko, il occupe les derniers 128 Ko du premier mégaoctet, y compris l'adresse de démarrage FFFF0h. Certains modules ROM de cartes mères sont plus grands, jusqu'à 256 ou 512 Ko. Mais leur code additionnel est configuré pour intervenir comme ROM de carte vidéo (adresses C0000h-C7FFFh) sur les cartes avec vidéo intégrée, lesquelles peuvent contenir des pilotes ROM complémentaires configurés n'importe où dans la plage C8000h à DFFFFh pour supporter d'autres périphériques intégrés, par exemple des adaptateurs SCSI ou réseau.

La Figure 4.2 montre les premiers mégaoctets de mémoire dans un PC, avec les zones réservées pour les BIOS de cartes d'extension et de carte mère à la fin du premier mégaoctet.

Certains trouvent étrange que le PC démarre par l'exécution d'instructions à 16 octets de la fin de la ROM. Cela a été fait volontairement. Le programmeur met en place à cette adresse une instruction de saut vers le début de la ROM, en général près de F0000h. Prenons une image. On a décidé de commencer la lecture de tous les livres 16 pages avant la dernière, en ayant placé à la page correspondante une instruction disant de reculer du nombre nécessaire pour parvenir à la première. C'est en procédant ainsi qu'Intel a mis en œuvre des ROM de tailles différentes adossées à la fin du premier mégaoctet de mémoire conventionnelle.

La mémoire BIOS principale se trouve dans une puce sur la carte mère. Il existe aussi des cartes d'extension possédant des mémoires ROM. Ces mémoires contiennent des modules de programme complémentaires et des pilotes, en particulier pour les adaptateurs qui doivent être actifs au démarrage, comme les cartes vidéo. Les autres cartes n'ont pas de ROM. Les pilotes qui leur sont nécessaires sont chargés à partir du disque dur lors du déroulement du programme de démarrage.

Figure 4.2
Carte de mémoire PC montrant le BIOS ROM.

```
. = RAM
G = Graphics Mode Video RAM
M = Monochrome Text Mode Video RAM
C = Color Text Mode Video RAM
V = Video adapter ROM BIOS
a = Reserved for other adapter board ROM
r = Additional Motherboard ROM BIOS in some systems
R = Motherboard ROM BIOS

Conventional (Base) Memory

     : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
000000: ................................................................
010000: ................................................................
020000: ................................................................
030000: ................................................................
040000: ................................................................
050000: ................................................................
060000: ................................................................
070000: ................................................................
080000: ................................................................
090000: ................................................................

Upper Memory Area (UMA)

     : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0A0000: GGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGGG
0B0000: MMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
     : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0C0000: VVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVVaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
0D0000: aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
     : 0---1---2---3---4---5---6---7---8---9---A---B---C---D---E---F---
0E0000: rrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr
0F0000: RRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRRR
```

La ROM des cartes d'extension est automatiquement parcourue par la ROM de la carte mère au début du processus d'amorçage, pendant l'exécution du POST. La ROM de la carte mère balaie une zone mémoire particulière réservée aux ROM de carte (plage d'adresses C0000-DFFFFh) à la recherche d'une séquence de 2 octets, ayant la valeur 55AAh, qui signalent le début d'une mémoire ROM.

Un module de ROM doit toujours commencer par 55AAh afin d'être reconnu par la carte mère. Le troisième octet indique la taille de la ROM en blocs de 512 octets appelés paragraphes, et le quatrième octet représente le début réel des programmes pilotes. L'octet de taille est utilisé par la ROM de la carte mère pour ses tests. Cette ROM ajoute tous les octets de la ROM et divise la somme par le nombre d'octets. Le résultat doit produire un reste de 100h. Lorsqu'il crée la ROM d'une carte, le programmeur utilise donc un octet de "remplissage" à la fin de sorte que le total de contrôle soit correct. Munie de ce total de contrôle, la carte mère teste chaque module de ROM pendant le déroulement du POST et signale ceux qui pourraient avoir été endommagés.

Le BIOS exécute automatiquement les instructions contenues dans les modules de ROM trouvés pendant cette exploration. Sur de nombreux PC, durant le POST, on voit s'afficher la référence de la carte vidéo.

Duplication de la ROM

Les modules de mémoire ROM sont très lents, avec un temps d'accès de l'ordre de 150 ns. Pour comparaison, les mémoires DRAM ont un temps d'accès de 10 ns. C'est pour cette raison que l'on

copie souvent le contenu des modules ROM sur les puces RAM lors du démarrage pour obtenir un accès plus rapide pendant le fonctionnement normal. Cette opération (appelée *shadowing*) recopie en RAM de la ROM, puis attribue à la RAM l'adresse de la ROM correspondante qui est alors désactivée. Le système donne ainsi l'impression de disposer d'une ROM à 60 ns (ou toute autre vitesse de la RAM).

Le gain de cette opération est généralement très mince et peut poser des problèmes si les paramètres ne sont pas corrects. Le plus souvent, il est prudent de limiter ce système de recopie au BIOS de la carte mère et éventuellement de la carte vidéo. La recopie de la mémoire est plus utile aux systèmes d'exploitation 16 bits comme DOS ou Windows 3.x. Pour les systèmes d'exploitation 32 bits, comme Windows 9x/Me/2000 ou Windows NT, elle est sans intérêt, car ces systèmes n'utilisent le code ROM 16 bits que pendant le démarrage. Les pilotes 32 bits prennent le relais dès leur chargement. Les paramètres de recopie des modules ROM en RAM se trouvent dans le programme Setup CMOS dans la ROM de la carte mère, qui est détaillé un peu plus loin dans ce chapitre.

Types de puces ROM

Quatre principaux types de puces ROM sont utilisés dans les PC :

- ROM (*Read Only Memory*, mémoire en lecture seule);
- PROM (*Programmable ROM*, ROM programmable);
- EPROM (*Erasable Programmable ROM*, ROM programmable effaçable);
- EEPROM (*Electrically Erasable Programmable ROM*, PROM effaçable électriquement, parfois appelée ROM Flash).

Quel que soit le type utilisé, les données stockées sont permanentes jusqu'à effacement ou modification volontaires.

Le Tableau 4.1 présente les identifications de chaque type avec des informations complémentaires.

Tableau 4.1 : Identification des modules de ROM

Type de ROM	Identification
ROM	Inusitée
PROM	27*nnnn*
EPROM*	27*nnnn*

nnnn = Nombre indiquant en principe la capacité en kilobits ou mégabits.
* Avec fenêtre quartz pour permettre l'effacement du module par exposition aux UV.

ROM à masque

À l'origine, les données binaires (0 et 1) de la ROM étaient intégrées sur la matrice dès la fabrication du module. La matrice représente le module de silicium. Les ROM *à masque* sont fabriquées à partir d'un masque représentant les données binaires que l'on intègre dans le silicium par un procédé photolithographique. Cette méthode est très économique pour la production de grandes quantités. Mais, pour la modification d'une seule donnée binaire, il faut refaire un masque, et c'est une opération très coûteuse. C'est pourquoi cette méthode n'est plus utilisée.

Les ROM à masque sont comparables aux CD-ROM préenregistrés. Certaines personnes pensent qu'un CD-ROM est initialement vierge, puis que les données y sont gravées par un laser, mais c'est faux. Un CD-ROM est littéralement un morceau de plastique formé à l'aide d'une presse et les données y sont moulées, non écrites. Le seul enregistrement a lieu sur le disque maître, à partir duquel le moule est fabriqué.

PROM

La PROM (ROM programmable) est vide à l'origine, et elle doit être programmée avec les données souhaitées. La PROM a été inventée à la fin des années 1970 par Texas Instruments et a été fabriquée en modules de 1 Ko (8 Kbits) à 2 Mo (16 Mbits) ou plus. On peut les identifier par leur numéro, généralement 27nnnn, où 27 indique le modèle TI et nnnn la taille en kilobits. Par exemple, la plupart des PC qui employaient des PROM contenaient des puces 27512 ou 271000 qui correspondent respectivement à 512 Kbits (64 Ko) et 1 Mbit (128 Ko).

Infos

Depuis 1981, toutes les voitures vendues aux États-Unis contiennent des ordinateurs embarqués pourvus d'une forme de ROM hébergeant le logiciel de contrôle. Cette puce intègre le logiciel de fonctionnement du véhicule ainsi que toutes les tables de données décrivant les paramètres de démarrage du turbocompresseur, de calibrage de température du moteur, du régulateur de vitesse et même les courbes d'avance à l'allumage et d'injection. Beaucoup d'appareils contenant un calculateur intégré utilisent des PROM pour stocker leurs paramètres.

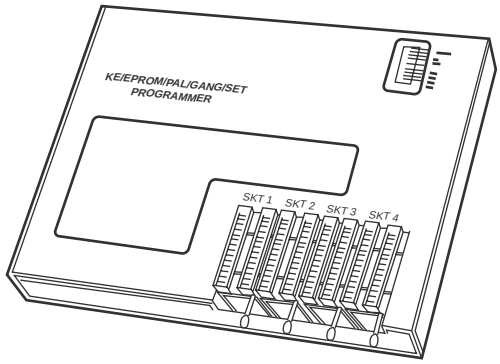
Bien que vides à la fabrication, ces puces sont techniquement chargées avec des 1 binaires. Par exemple, un module de ROM de 1 Mbit que l'on utilise dans un PC contient un million d'emplacements binaires (1 048 576 exactement), tous définis à 1. On programme ensuite cette PROM en écrivant dessus. Cette opération s'effectue à l'aide d'un programmateur de ROM ou brûleur de ROM (voir Figure 4.3).

On dit souvent brûler une ROM pour la programmer. On peut comparer chaque position binaire 1 à un fusible intact. De nombreux modules fonctionnent sous 5 V. Lors de la programmation, on envoie une tension plus importante (12 V) sur certains emplacements de la puce. Cette tension fait "sauter le fusible" en transformant le 1 binaire en 0. On notera que ce processus est irréversible. Une fois programmée, la PROM ne peut pas être effacée.

Le programmateur étudie le programme à inscrire sur la puce puis transforme les 1 en 0 uniquement où cela se révèle nécessaire.

Les PROM sont souvent appelées OTP (*One Time Programmable*, programmable une seule fois). Elles ne peuvent être programmées qu'une seule fois. Ces modules ne sont pas chers : 2,3 € environ

Figure 4.3
Un programmateur d'unité standard (brûleur de PROM).



pour une PROM de carte mère de PC. Pour changer le programme dans une PROM, il suffit de l'enlever et de la remplacer par une autre fraîchement programmée.

L'opération de programmation d'une PROM prend de quelques secondes à quelques minutes selon la taille de la puce et l'algorithme utilisé. La Figure 4.3 montre un appareil à plusieurs supports. Ce programmateur peut écrire plusieurs PROM identiques en même temps. Les programmateurs les moins chers n'ont qu'un support, ce qui convient très bien pour un usage individuel.

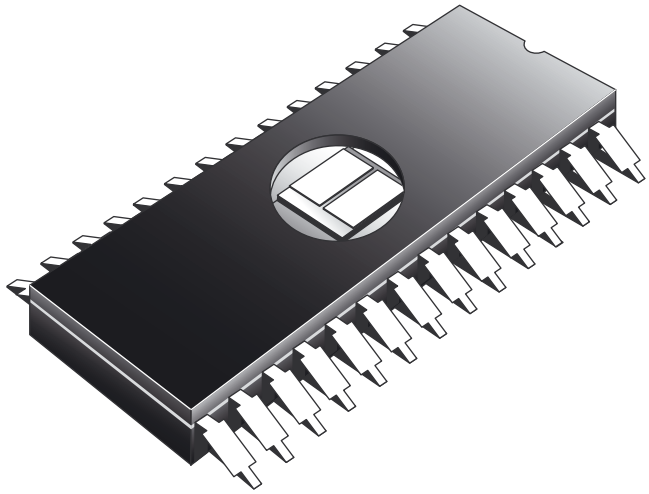
On peut trouver, par exemple, un programmateur bon marché de la marque Andromeda Research Labs (**www.arlabs.com**). Cet appareil a, en outre, l'avantage de posséder une interface parallèle qui permet de transférer rapidement les fichiers du PC au programmateur. Il est portable et proposé avec une housse de transport pratique. Il est contrôlé par l'intermédiaire des menus d'un programme installé sur le PC connecté. Ce programme propose plusieurs fonctions comme la lecture des données sur une puce et leur enregistrement dans un fichier du système, l'écriture d'une puce à partir d'un fichier de données, la comparaison d'une puce avec un fichier et la vérification du contenu d'une puce avant le démarrage de la programmation. Une option de sauvegarde du BIOS à faible coût qui évite les désastres en cas d'erreur.

EPROM

L'EPROM (*Erasable Programmable ROM*, ROM programmable effaçable) est une sorte de PROM qui a été très populaire. C'est une PROM effaçable. On la reconnaît facilement, car elle a une petite fenêtre ronde contenant un cristal de quartz (voir Figure 4.4). On peut voir le silicium au travers. Elle a le même système d'identification que la PROM (27*nnnn*). Elle est identique à une PROM, mis à part la fenêtre de quartz.

Cette fenêtre a pour objet de laisser passer les rayons UV. Le verre normal bloque les UV. L'EPROM peut être effacée par une exposition à cette lumière.

Figure 4.4
Une EPROM avec sa fenêtre de quartz pour un effacement aux ultraviolets.

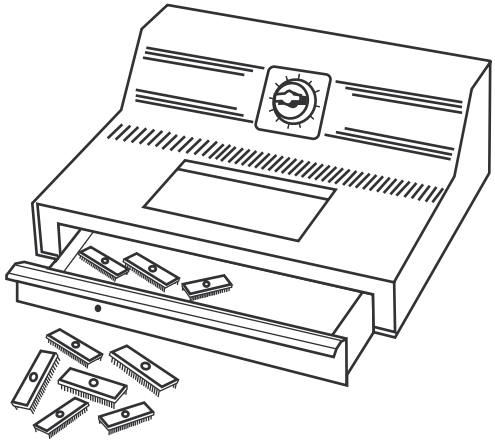


Infos

La fenêtre de quartz rend la mémoire EPROM plus chère que la PROM OTP. Ce surcoût ne se justifie que si on veut absolument pouvoir l'effacer.

La lumière UV provoque une réaction chimique qui reconstitue les fusibles de telle sorte que le 0 redevient 1. Pour être efficace, le rayon UV doit avoir une longueur d'onde de 2537 angströms et une intensité de 12000 uW/cm^2 à une distance de 2 à 3 cm pendant 5 à 15 minutes Un effaceur d'EPROM (voir Figure 4.5) est un appareil disposant d'une source de lumière ultraviolette (lampe à bronzer) avec un compartiment étanche où l'on place les puces.

Figure 4.5
Un effaceur d'EPROM professionnel.



La Figure 4.5 montre un effaceur d'EPROM professionnel qui accepte 50 puces en une fois. L'appareil DataBase de la marque Walling accepte quatre puces, est économique et portable.

La fenêtre d'une EPROM est habituellement recouverte par un ruban qui protège contre une exposition accidentelle aux UV. La lumière solaire contenant des UV peut, avec une exposition prolongée, provoquer des effacements. C'est pourquoi il est prudent de mettre une étiquette sur la fenêtre d'une EPROM programmée.

EEPROM/ROM Flash

L'EEPROM (*Electrically Erasable Programmable ROM*, ROM programmable effaçable électriquement) est un nouveau type de ROM qui est effaçable électriquement. On l'appelle aussi ROM Flash. Sa caractéristique principale est de pouvoir être effacée et reprogrammée directement sur le support sans démontage et sans équipement spécial. En utilisant une EEPROM, ou ROM Flash, il est possible d'effacer et de reprogrammer la ROM de la carte mère dans un PC sans démonter la puce du système ni même d'ouvrir le boîtier de l'ordinateur !

Avec une ROM Flash ou EEPROM, vous n'avez pas besoin d'un effaceur à UV ni d'un programmateur d'unité pour programmer ou effacer les puces. La quasi-totalité des cartes mères de PC construites depuis 1994 utilisent des ROM Flash ou EEPROM.

On reconnaît une EEPROM à son identification 28xxxx ou 29xxxx, et au fait qu'elle n'a pas de fenêtre en quartz. Si vous avez une EEPROM sur votre carte mère PC, vous pouvez facilement la mettre à jour. Il suffit de télécharger la nouvelle version depuis le site web du fabricant et d'activer un programme spécial. Cette procédure est décrite en détail un peu plus loin.

Il est recommandé de vérifier périodiquement le site du fabricant de votre carte mère pour savoir s'il n'existe pas une nouvelle version de BIOS disponible pour votre machine. Le nouveau BIOS pourrait résoudre certaines erreurs de l'ancien ou activer de nouvelles fonctions.

Les ROM Flash sont aussi très souvent utilisées pour ajouter de nouvelles fonctionnalités ou pour mettre à niveau les périphériques, par exemple pour que des modems prennent en charge de nouvelles normes de communication ou que des lecteurs de CD ou DVD réinscriptibles acceptent de nouveaux formats.

Actuellement, de plus en plus d'objets intègrent des calculateurs utilisant des ROM Flash. Par exemple, il est souvent possible de mettre à jour la ROM Flash des routeurs réseau, des points d'accès sans fil, des disques durs réseau et même des appareils photo numériques. Il suffit de télécharger la mise à jour depuis le site web du fabricant et d'exécuter le programme fourni. Qui sait, un jour vous pourriez mettre à jour votre grille-pain !

Les fabricants de BIOS en ROM

Plusieurs fabricants de BIOS se partagent aujourd'hui le marché et fournissent le code destiné aux ROM de la majorité des constructeurs de cartes mères et de systèmes.

Plusieurs sociétés sont spécialisées dans le développement de BIOS pour ordinateurs compatibles PC. Les trois plus connues sont American Megatrends, Inc. (AMI), Phoenix Technologies et Award

Software (aujourd'hui dans le giron de Phoenix Technologies). Chacune signe avec des fabricants de cartes mères des contrats de licence les autorisant à utiliser son BIOS, ce qui permet aux fabricants de ne plus avoir à se soucier que du matériel, non des logiciels. Pour se procurer un modèle de BIOS pour une gamme de cartes mères, le fabricant OEM doit répondre à de nombreuses questions sur l'architecture de la carte mère. Sur la base des réponses fournies, le fabricant de BIOS peut concevoir un BIOS adapté ou sélectionner le BIOS adéquat dans sa gamme de BIOS existants. Il est extrêmement difficile de réaliser l'association idéale entre une carte mère et un BIOS ; cette opération ne peut être effectuée que par des spécialistes. De plus, il n'existe pas qu'un seul BIOS, universel et donc compatible avec toutes les cartes mères. AMI, Award et Phoenix fournissent aux constructeurs de nombreuses versions de leur code de BIOS. Chaque version est personnalisée en fonction de telle ou telle carte mère.

Au fil des ans, le secteur des BIOS a connu de grands changements. Intel, sans doute le plus gros consommateur de BIOS, a changé de fournisseur, en quittant Phoenix pour rejoindre AMI. Depuis 1995, Intel utilisait un BIOS Phoenix, puis il est allé chez AMI, jusqu'en 1997 où il est revenu chez Phoenix. En 1999, Intel est retourné chez AMI. En fait, Intel prend le noyau d'AMI ou de Phoenix et le personnalise largement pour ses propres cartes mères.

Par ailleurs, au cours de 1998, la société Phoenix a racheté le fabricant Award. Depuis, Phoenix vend ses BIOS Phoenix et Award comme des produits différents. Le BIOS Award est vendu comme un produit standard, tandis que le BIOS Phoenix est une version enrichie pour les systèmes haut de gamme. Aujourd'hui, il n'y a donc plus que deux grands fabricants de BIOS – Phoenix et AMI – au lieu de trois. Néanmoins, non seulement Phoenix conçoit le BIOS de la plupart des ordinateurs mais il est également l'acteur qui influe le plus sur le développement des nouveaux BIOS et sur l'élaboration des nouveaux standards de BIOS.

Les années récentes ont également vu la création de BIOS distincts pour les systèmes bureautiques 32 bits et 64 bits, les systèmes mobiles, les serveurs 32 bits et 64 bits, ainsi que les périphériques embarqués. Même si les puces doivent réaliser les mêmes tâches, un BIOS optimisé pour un ordinateur portable doit offrir d'autres fonctionnalités comme la prise en charge des stations d'accueil, une gestion élaborée de l'alimentation ou le démarrage à partir d'une clé USB. Quant à un BIOS optimisé pour un serveur, il doit offrir des fonctions comme la supervision du matériel et la gestion des connecteurs 64 bits. En créant des BIOS adaptés aux différentes plates-formes, les fournisseurs apportent les fonctionnalités nécessaires à un environnement précis et de meilleures performances.

OEM

De nombreux fabricants OEM (*Original Equipment Manufacturer*, fabricant d'équipements spécifiques) passent des contrats avec AMI ou Phoenix pour le BIOS de leurs cartes mères, puis apportent leurs propres adaptations. Même s'ils utilisent les BIOS d'AMI ou de Phoenix, certains ont développé indépendamment leurs propres BIOS compatibles. Certaines sociétés telles que Dell, HP/Compaq, AT&T et Acer conçoivent leurs BIOS. Elles ont parfois commencé avec ceux d'AMI ou de Phoenix, mais elles ont poursuivi leurs développements en interne.

Les mises à jour du BIOS pour votre système doivent être obtenues auprès du fabricant du système ou de la carte mère. C'est particulièrement vrai lorsque le fabricant du système ou de la carte mère apporte ses propres modifications au BIOS.

AMI

Le BIOS d'AMI est à l'heure actuelle le plus répandu sur les PC. Les versions les plus récentes du BIOS d'AMI portent le nom de Hi-Flex (haute flexibilité) en raison de la grande souplesse du Setup du BIOS. Ce type de BIOS équipe les cartes mères de nombreux fabricants, dont Intel et AMI. L'une des caractéristiques d'AMI est qu'il est le seul fabricant indépendant de BIOS qui fabrique aussi ses propres cartes mères.

Au cours du processus de démarrage de l'ordinateur, la chaîne d'identification du BIOS apparaît dans l'angle inférieur gauche de l'écran. Elle indique la version du BIOS installé sur la machine et donne les valeurs de certains paramètres déterminés par le Setup intégré au BIOS.

Astuces

Pour pouvoir mieux examiner la chaîne d'identification du BIOS, vous pouvez recourir à une astuce consistant à éteindre l'ordinateur et à déconnecter ensuite le clavier ou à maintenir une touche enfoncée pendant la réinitialisation de la machine. Ces manœuvres provoquent toutes deux une erreur de clavier, qui induit un affichage permanent de la chaîne d'identification du BIOS.

Vous pouvez également télécharger l'outil AMIMBID (*AMI Motherboard ID*) depuis le site web d'AMI (**http://www.ami.com/support/mbid.cfm**). Il vous permettra de connaître la chaîne d'identification 1.

Pendant l'autotest de mise sous tension (l'exécution des routines POST), la chaîne principale d'identification du BIOS (ID String 1) apparaît dans l'angle inférieur gauche de l'écran, juste en dessous du message de copyright. Appuyez sur la touche Inser pendant le test POST pour que le code Hi-Flex AMI affiche deux autres chaînes d'identification (ID String 2 et ID String 3). Ces lignes indiquent les options configurées dans le BIOS.

Le format général de la chaîne d'identification ID String 1 des anciennes versions de BIOS AMI est décrit au Tableau 4.2. Le Tableau 4.3 détaille le format de la chaîne d'identification ID String 1 pour les versions AMI Hi-Flex BIOS, le Tableau 4.4 le format de la chaîne ID String 2, et le Tableau 4.5 le format de la chaîne ID String 3.

Tableau 4.2 : Format ABBB-NNNN-mmjjaa-KK de la chaîne d'identification 1 pour les anciennes versions de BIOS AMI

Position	Description
A	Options du BIOS :
	D = diagnostics intégrés
	S = configuration intégrée
	E = configuration étendue intégrée
BBB	Identificateur du chipset ou de la carte mère :
	C&T = chipset Chips & Technologies

Tableau 4.2 : Format ABBB-NNNN-mmjjaa-KK de la chaîne d'identification 1 pour les anciennes versions de BIOS AMI (*suite*)

Position	Description
	NET = chipset C&T NEAT 286
	286 = carte mère 286 standard
	SUN = chipset Suntac
	PAQ = carte mère Compaq
	INT = carte mère Intel
	AMI = carte mère AMI
	G23 = chipset G2 pour carte mère 386
NNNN	Numéro de référence de la licence du fabricant
mmjjaa	Date de sortie du BIOS, mm/jj/aa

Tableau 4.3 : Format AB-CCcc-DDDDDD-EFGHIJKL-mmjjaa-MMMMMMMM-N de la chaîne d'identification 1 du BIOS AMI Hi-Flex

Position	Description
A	Type du processeur :
	0 = 8086 ou 8088
	2 = 286
	3 = 386
	4 = 486
	5 = Pentium
	6 = Pentium Pro/II/III/Celeron/Athlon/Duron
B	Taille du BIOS :
	0 = BIOS de 64 Ko
	1 = BIOS de 128 Ko
	2 = BIOS de 256 Ko
CCcc	Numéro de version de BIOS supérieur et inférieur
DDDDDD	Numéro de référence de la licence du fabricant :
	0036xx = carte mère AMI 386, xx = série #
	0046xx = carte mère AMI 486, xx = série #
	0056xx = carte mère AMI Pentium, xx = série #
	0066xx = carte mère AMI Pentium Pro, xx = série #
E	1 = arrêter le processus en cas d'erreur lors du test POST
F	1 = initialiser la mémoire CMOS à chaque démarrage
G	1 = bloquer les broches 22 et 23 du contrôleur de clavier

Tableau 4.3 : Format AB-CCcc-DDDDDD-EFGHIJKL-mmjjaa-MMMMMMMM-N de la chaîne d'identification 1 du BIOS AMI Hi-Flex (*suite*)

Position	Description
H	1 = support souris dans le BIOS ou dans le contrôleur de clavier
I	1 = attendre que la touche F1 soit activée en cas d'erreur lors du test POST
J	1 = afficher les messages d'erreur de lecteur de disquettes lors du test POST
K	1 = afficher les messages d'erreur de circuit vidéo lors du test POST
L	1 = afficher les messages d'erreur de clavier lors du test POST
mmjjaa	Date du BIOS, au format mm/jj/aa
MMMMMMMM	Identificateur du chipset ou nom du BIOS

Tableau 4.4 : Format AAB-C-DDDD-EE-FF-GGGG-HH-II-JJJ de la chaîne d'identification ID String 2 du BIOS AMI

Position	Description
AA	Numéro de la broche du contrôleur de clavier pour la commutation de l'horloge
B	Fonction de la broche de commutation d'horloge du contrôleur de clavier : H = le signal haut fait basculer l'horloge en vitesse haute L = le signal haut fait basculer l'horloge en vitesse basse
C	Commutation d'horloge par l'intermédiaire des registres du chipset : 0 = désactivé 1 = activé
DDDD	Adresse du port permettant de commuter l'horloge en mode à vitesse haute
EE	Valeur des données qui permettent de commuter l'horloge en mode à vitesse haute
FF	Valeur du masque qui permet de commuter l'horloge en mode à vitesse haute
GGGG	Adresse du port qui permet de commuter l'horloge en mode à vitesse basse
HH	Valeur des données qui permettent de commuter l'horloge en mode à vitesse basse
II	Valeur du masque qui permet de commuter l'horloge en mode à vitesse basse

Tableau 4.5 : Format AAB-C-DDD-EE-FF-GGGG-HH-II-JJ-K-L de la chaîne d'identification ID String 3 du BIOS AMI

Position	Description
AA	Numéro de la broche du contrôleur de clavier qui contrôle la mémoire cache
B	Fonction de la broche du contrôleur de clavier qui contrôle la mémoire cache : H = le signal haut active la mémoire cache L = le signal haut désactive la mémoire cache

Tableau 4.5 : Format AAB-C-DDD-EE-FF-GGGG-HH-II-JJ-K-L de la chaîne d'identification ID String 3 du BIOS AMI (*suite*)

Position	Description
C	1 = le signal haut est utilisé sur la broche du contrôleur de clavier
DDD	Contrôle de la mémoire cache par l'intermédiaire des registres du chipset :
	0 = contrôle de la mémoire cache désactivé
	1 = contrôle de la mémoire cache activé
EE	Adresse du port qui permet d'activer la mémoire cache
FF	Valeur des données qui permettent d'activer la mémoire cache
GGGG	Valeur de masque qui permet d'activer la mémoire cache
HH	Adresse du port qui permet de désactiver la mémoire cache
II	Valeur des données qui permettent de désactiver la mémoire cache
JJ	Valeur du masque qui permet de désactiver la mémoire cache
K	Numéro de la broche qui permet de réactiver le contrôleur de mémoire 82335
L	Indicateur de modification du BIOS :
	0 = le BIOS n'a pas été modifié

Le BIOS AMI offre de nombreuses fonctions, dont un programme de configuration (Setup) intégré. Pour le lancer, il suffit d'appuyer sur la touche Échap ou Suppr lors des premières secondes du démarrage de l'ordinateur. Le BIOS indique sur quelle touche il faut appuyer, et à quel moment, pour accéder à ces programmes.

Certains BIOS AMI possèdent une fonction particulière : hormis le programme de configuration, ils intègrent un logiciel de diagnostic à menus, qui est en fait une version limitée du logiciel de diagnostic autonome AMIDIAG. Ces diagnostics internes ne remplacent pas les programmes plus complets stockés sur des supports externes, néanmoins ils peuvent se révéler fort utiles en cas de problème. Par exemple, ils n'effectuent pas de test exhaustif de la mémoire; le programme de formatage de bas niveau fonctionne au niveau du BIOS sans passer par le contrôleur. Ces restrictions rendent souvent impossible le formatage de disques très endommagés. La plupart des nouveaux modèles de BIOS AMI sont dépourvus d'outils de diagnostic de ce type.

La société AMI publie une version détaillée de la documentation technique de ses BIOS, intitulée *Programmer's Guide to the AMIBIOS*. Cet ouvrage est édité par Windcrest/McGraw-Hill (ISBN : 0-07-001561-9). Écrit par des ingénieurs d'AMI, il présente les fonctions, les caractéristiques, les codes d'erreurs, etc. des BIOS AMI. Malheureusement, ce livre est en rupture de stock. Vous pourrez toutefois en trouver des copies d'occasion sur Amazon.com.

AMI produit uniquement les mises à jour destinées à ses propres cartes mères. Si votre carte mère a été fabriquée par un autre constructeur et que le BIOS qui l'accompagne soit un BIOS AMI personnalisé, vous devrez contacter le fabricant de cette carte mère pour obtenir toute mise à niveau. Vous pouvez également vous tourner vers eSupport.com.

Phoenix Award BIOS

Phoenix donne à ses produits fondés sur le BIOS Award le nom *Phoenix Award BIOS*. Pendant plusieurs années, il s'appelait également Phoenix FirstBIOS. Le BIOS Award offre toutes les caractéristiques attendues, y compris un programme de configuration intégré et invoqué en appuyant sur une touche précise (en général indiquée à l'écran). Le POST est bon, même si les quelques codes sonores reconnus vous obligeront à consulter une fiche pour identifier les problèmes. Phoenix fournit une assistance technique pour le BIOS Award sur son site web (**www.phoenix.com**). eSupport.com propose également quelques mises à jour du BIOS Award pour certains systèmes.

Phoenix

Le BIOS Phoenix est désormais fourni sous les marques *SecureCore* et *TrustedCore*. Pendant de nombreuses années, il a été la référence en matière de compatibilité. Phoenix a été l'une des premières sociétés à désosser le BIOS IBM grâce à ses salles blanches. Pour cette opération, un groupe d'ingénieurs a étudié le BIOS IBM et rédigé un rapport sur la manière dont ce BIOS devait fonctionner et sur les caractéristiques à y incorporer. Ces informations ont alors été transmises à un second groupe d'ingénieurs n'ayant jamais vu de BIOS d'IBM. Ceux-ci ont alors mis au point, en toute légalité, un nouveau BIOS en suivant les indications communiquées par le premier groupe de travail. Cette technique a permis d'élaborer un BIOS unique et non une copie du BIOS d'IBM. Cette version de BIOS fonctionne pourtant de la même manière.

Le BIOS de Phoenix intègre un programme de configuration activé en appuyant sur F1 ou F2 pendant le POST. Dans la plupart des cas, il affiche brièvement la touche adéquate à l'écran.

Phoenix a rédigé toute une série d'ouvrages de références techniques pour son BIOS, qui sont considérés comme un standard dans le monde de l'informatique. Cette série est constituée de trois ouvrages : *System BIOS for IBM PC/XT/AT Computers and Compatible*s, *CBIOS for IBM/PS2 Computers and Compatibles* et *ABIOS for IBM PS/2 Computers and Compatibles*. Une version actualisée s'intitule *System BIOS for IBM PCs, Compatibles, and EISA Computers: The Complete Guide to ROM-Based System Software*. Ces ouvrages sont non seulement précieux pour maîtriser le fonctionnement du BIOS de Phoenix, mais ils servent aussi de référence générale pour tous les BIOS d'ordinateurs compatibles IBM. Ils ne sont plus imprimés, mais vous pourrez en trouver d'occasion sur Amazon.com.

Phoenix propose une assistance technique et une documentation très étendues sur son site web, à l'adresse **www.phoenix.com**. Vous trouverez également des informations complémentaires sur le site d'eSupport (**www.esupport.com**).

BIOS de Microid Research

Microid Research (MR) produit surtout des mises à jour pour les BIOS des anciennes cartes mères à base de 486 ou de Pentium qui ne sont plus supportés par leurs fabricants initiaux. Microid Research a été racheté par Unicore, qui a été ensuite acquis par Phoenix.

Mise à jour du BIOS

Les fabricants de cartes mères adaptent le code du BIOS au matériel qui équipe chaque carte. C'est pour cette raison que la mise à jour d'un BIOS peut se révéler problématique. Le BIOS réside généralement dans une ou plusieurs puces ROM sur la carte mère et contient le code propre à ce modèle et à cette version de carte mère. Autrement dit, vous devez vous procurer les mises à jour de votre BIOS auprès du fabricant de la carte mère ou auprès d'une entreprise spécialisée qui prend en charge votre carte mère. En général, vous ne devez pas les demander à la société qui développe le BIOS originel.

Très souvent, la mise à jour du BIOS est nécessaire pour profiter d'une autre mise à niveau. Par exemple, une mise à jour du BIOS peut ajouter la prise en charge des processeurs récents. Pour installer des disques durs plus volumineux sur d'anciennes machines, il faut généralement mettre à jour le BIOS.

Voici plusieurs raisons de mettre à jour le BIOS :

- prise en charge des processeurs plus récents et plus rapides;
- prise en charge des lecteurs optiques amorçables (spécifications *El Torito*);
- prise en charge des lecteurs USB amorçables (y compris les lecteurs flash);
- Fast POST pour un démarrage plus rapide;
- prise en charge des modes Ultra-DMA/100 ou Ultra-DMA/133;
- prise en charge des lecteurs SATA (*Serial ATA*) en mode natif AHCI (*Advanced Host Controller Interface*);
- prise en charge des disques durs ATA/SATA de taille supérieure à 8,4 Go ou 137 Go (LBA sur 48 bits);
- prise en charge et compatibilité avec les périphériques PnP (*Plug and Play*);
- corrections des bogues de calendrier et d'année bissextile;
- corrections de bogues ou des problèmes de compatibilité avec certains matériels et applications ou systèmes d'exploitation;
- prise en charge de la gestion de l'énergie ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*);
- prise en charge de la surveillance de la température et du contrôle de la vitesse des ventilateurs;
- prise en charge des périphériques USB anciens (clavier et souris);
- prise en charge de WOL (*Wake On Lan*) et du démarrage réseau;
- prise en charge de la détection de l'ouverture du boîtier.

Si vous installez un matériel ou un logiciel récent et suivez correctement les instructions, mais sans parvenir à le faire fonctionner, cela peut provenir de problèmes spécifiques avec le BIOS existant et que la mise à jour peut résoudre. C'est particulièrement le cas avec les derniers systèmes d'exploitation. De nombreux systèmes anciens doivent mettre à jour leur BIOS pour fonctionner correctement

avec les fonctions Plug and Play et la gestion de l'énergie ACPI de Windows XP ou Vista. Puisque ces problèmes varient d'une carte mère à l'autre, vous devez consulter périodiquement le site web du fabricant de la carte pour savoir si des mises à jour sont publiées et connaître les problèmes résolus.

Vous pouvez utiliser l'outil BIOS Wizard disponible auprès d'eSupport.com pour tester la compatibilité de votre BIOS avec les fonctionnalités les plus répandues.

Déterminer la version du BIOS

Pour rechercher une mise à jour du BIOS d'une certaine carte mère, les informations suivantes sont indispensables :

- la marque et le modèle de la carte mère (ou du système);
- la version du BIOS existant.

En général, il est possible d'identifier le BIOS en examinant l'écran lors de l'allumage de l'ordinateur. Il est préférable de commencer par mettre l'écran sous tension, car il peut demander plusieurs secondes avant de s'allumer et les informations du BIOS s'affichent généralement seulement un court instant. Vous pouvez appuyer sur la touche Pause du clavier lorsque les informations d'identification du BIOS s'affichent. Cela gèle le système, vous donnant ainsi le temps d'écrire ces informations. Appuyez sur une autre touche pour poursuivre le démarrage du système.

Infos

De nombreux PC affichent non pas l'écran du POST, mais le logo du fabricant de la carte mère ou du PC. Pour entrer dans la configuration du BIOS, vous devez appuyer sur une ou plusieurs touches (selon le fabricant du BIOS). Certains systèmes vous permettent de modifier cet écran initial afin d'y inclure le logo de votre entreprise ou l'image de votre choix. Intel propose à cet effet un logiciel gratuit à l'adresse **developer.intel.com/design/motherbd/gen_indx.htm** *(fonctionne uniquement avec ses cartes mères).*

Par ailleurs, les informations d'identification du BIOS sont généralement données dans les écrans du programme de configuration du BIOS. eSupport propose également le programme BIOS Agent qui permet d'obtenir ces informations, ainsi que le chipset et la puce Super I/O utilisés par la carte mère. Avec ces informations en main, vous pouvez contacter le fabricant de la carte mère pour savoir s'il propose une mise à jour du BIOS.

Vérifier la date du BIOS

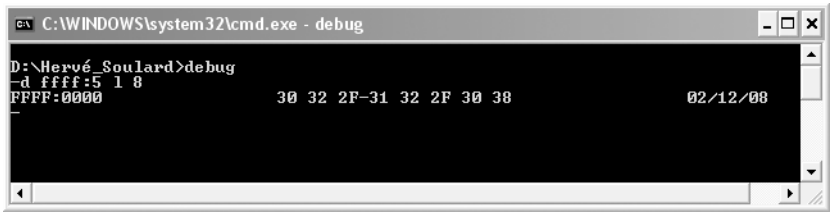
Pour déterminer l'âge et les possibilités de la ROM de votre carte mère, vous pouvez consulter la date du BIOS. Elle est enregistrée sous forme d'une chaîne de 8 octets à l'adresse mémoire FFFF5h. Elle indique généralement la date de dernière mise à jour du BIOS. À partir de cette information, vous avez une indication sur les fonctionnalités présentes ou non dans le BIOS.

L'outil `DEBUG` fourni avec Windows et DOS permet de consulter ces adresses. Pour obtenir la date du BIOS, ouvrez une invite de commandes (ou démarrez depuis une disquette DOS) et exécutez la commande `DEBUG`. À l'invite, saisissez `D FFFF:5 L 8`, afin que `DEBUG` affiche 8 octets de la mémoire

à l'adresse FFFF5. Vous obtenez les codes hexadécimaux et ASCII qui se trouvent à ces adresses. Saisissez `Q` pour quitter `DEBUG` et revenir à l'invite de commandes. La Figure 4.6 illustre cette procédure et montre un BIOS récent datant du 12 février 2008 (02/12/08).

Figure 4.6

Utiliser `DEBUG` pour afficher la date du BIOS de la carte mère.



Sauvegarder le BIOS

Avant de mettre à jour un BIOS, il est préférable d'essayer d'en créer une copie de sauvegarde. En effet, certains fabricants de cartes mères ne proposent que le dernier BIOS correspondant à votre carte et cette version peut parfois provoquer des problèmes ou engendrer des conséquences que vous n'acceptez pas. Grâce à une sauvegarde, vous pouvez revenir à la version précédente. Pour faire la sauvegarde, lancez le programme de mise à jour du BIOS et vérifiez s'il ne propose pas une option pour enregistrer le BIOS existant dans un fichier. Dans la négative, vérifiez si le fabricant de la carte mère propose en téléchargement des versions anciennes. Dans tous les cas, il existe certainement une solution pour créer une copie du BIOS.

Le code en ROM d'un PC occupe normalement 128 Ko de RAM en deux segments de 64 Ko, E0000-EFFFF et F0000-FFFFF. Les routines vidéo, ainsi que d'autres, résident dans les plages C0000-CFFFF et D0000-DFFFF. En raison de la nature de `DEBUG`, chaque segment de 64 Ko doit être sauvegardé séparément. Pour enregistrer les segments E000 et F000 avec `DEBUG`, procédez de la manière suivante depuis l'invite de commandes :

```
C:\>DEBUG           ; Lancer DEBUG.
-R BX               ; Changer le registre BX (poids fort de la taille du fichier)
BX 0000             ; de 0
:1                  ; à 1 (fichier de 65 Ko).
-N SEG-E.ROM        ; Nommer le fichier.
-M E000:0 FFFF CS:0 ; Déplacer 64 Ko de données du BIOS dans le segment
                    ; de code actuel.
-W 0                ; Écrire le fichier à partir du décalage 0 du segment
                    ; de code actuel.
Writing 10000 bytes; 10000h = 64 K
-N SEG-F.ROM        ; Nommer le fichier.
-M F000:0 FFFF CS:0 ; Déplacer 64 Ko de données du BIOS dans le segment
                    ; de code actuel.
-W 0                ; Écrire le fichier à partir du décalage 0 du segment
                    ; de code actuel.
Writing 10000 bytes; 10000h = 64 K
-Q                  ; Quitter DEBUG.
```

Si vous souhaitez enregistrer les segments qui contiennent le BIOS vidéo et les autres ROM des cartes adaptateurs de votre système, répétez la procédure suivante en utilisant C000:0 et D000:0 comme adresses de départ. Choisissez également des noms de fichiers différents.

Attention, les commandes doivent être saisies dans l'ordre indiqué. En particulier, la commande `Name` doit précéder la commande `Move`. Dans le cas contraire, certaines données au début du segment de code actuel seront corrompues.

Sauvegarder les paramètres de configuration du BIOS (RAM CMOS)

La mise à jour du BIOS efface souvent les paramètres de configuration du BIOS enregistrés dans la RAM CMOS. Vous devez donc sauvegarder ces paramètres, en particulier les plus importants, comme ceux des disques durs. Certains programmes de configuration du BIOS vous offrent la possibilité de sauvegarder et de restaurer les paramètres, mais cette possibilité n'est malheureusement pas universelle. Par ailleurs, les nouvelles versions du BIOS peuvent ajouter de nouveaux paramètres ou changer la position des données enregistrées dans la RAM CMOS. Dans ce cas, une sauvegarde et une restauration ne sont d'aucune utilité.

Il est généralement préférable d'enregistrer manuellement les paramètres de configuration du BIOS. Pour ce faire, appuyez sur la touche adéquate au cours du démarrage (en général F1, F2 ou Suppr) et écrivez les changements apportés aux paramètres par défaut. Si une imprimante parallèle est connectée à l'ordinateur, vous pouvez également imprimer les écrans en appuyant sur la touche Impr écran du clavier. Cela ne fonctionne qu'avec les imprimantes parallèles directement reconnues par le BIOS. Dans tous les cas, vous devez conserver les paramètres des disques durs car ils peuvent empêcher le démarrage du système et l'accès aux données.

Si vous ne pouvez pas imprimer vos écrans, prenez une photo de chacun d'eux à l'aide d'un appareil photo numérique.

Mettre à jour un BIOS Flash

Depuis 1996, pratiquement tous les PC utilisent une ROM Flash pour contenir le BIOS. Il s'agit d'une puce EEPROM qui peut être effacée et reprogrammée directement dans le système, sans matériel spécial. Dans certains systèmes, la ROM Flash n'est pas une puce séparée mais est intégrée au South Bridge.

Grâce à la ROM Flash, vous pouvez charger une mise à jour sans retirer ou remplacer la puce. En général, ces mises à jour sont téléchargées depuis le site web du fabricant de la carte mère. Selon les modèles, le programme de mise à jour doit être copié sur une disquette ou un disque optique amorçable, ou bien lancé lors du prochain démarrage (avant le chargement de Windows), ou encore comme une application Windows.

Certains systèmes permettent de verrouiller la ROM Flash (de la protéger contre les écritures). Dans ce cas, vous devez désactiver la protection avant d'effectuer la mise à jour. Cette protection peut être

mise en place par un cavalier ou un interrupteur, ou bien par un algorithme de sécurité qui empêche la mise à jour non autorisée.

Le fabricant de la carte mère peut fournir plusieurs manières de mettre à jour le BIOS, que ce soit depuis Windows ou un support amovible amorçable, comme une clé USB ou une disquette. Si vous avez le choix, préférez la plus simple à mettre en œuvre. Les choix disponibles dépendent également de l'état du système. Par exemple, si le BIOS est corrompu, vous n'aurez peut-être pas d'autre choix que d'utiliser les procédures de récupération d'urgence décrites plus loin. Si le BIOS à mettre à jour se trouve sur une machine sur laquelle une copie de Windows 2000 ou ultérieur n'est pas encore installée, vous devrez choisir une méthode qui utilise un support amorçable. Si les fichiers et les programmes de mise à jour sont trop volumineux pour tenir sur une disquette, vous devez alors utiliser un lecteur optique ou une clé USB.

La plupart des mises à jour d'une ROM Flash entrent dans les quatre catégories suivantes :

- programme Windows exécutable ;
- image de support amorçable ;
- support amorçable créé par l'utilisateur ;
- support de récupération d'urgence.

Programme Windows exécutable

Le programme Windows exécutable représente généralement la méthode la plus facile et la plus répandue. Elle ne sera sans doute pas disponible pour les cartes mères anciennes, mais les nouvelles cartes offrent cette possibilité. La procédure de mise à jour ne pourrait être plus facile. Vous devez simplement télécharger le programme de mise à jour et le lancer. Il s'exécute directement sous Windows ou installe une routine qui s'exécutera automatiquement lors du prochain démarrage pour mettre à jour la ROM Flash et redémarrer le système. Dans tous les cas, une fois la mise à jour terminée, le système redémarre et la procédure est terminée. Cette méthode a pour seul inconvénient d'exiger la présence de Windows 2000 ou ultérieur sur le système. Elle n'est donc pas adaptée aux systèmes qui ne disposent pas encore du système d'exploitation ou pour des systèmes alternatifs, comme Linux.

Image de support amorçable

L'utilisation des images amorçables fait partie des méthodes les plus simples et fonctionne avec n'importe quel système d'exploitation installé (ou non installé). Elle est parfaitement adaptée aux systèmes non-Windows ou aux nouvelles machines lorsque aucun système d'exploitation n'a encore été installé. Pour cette procédure, le fabricant de votre carte mère doit fournir une image de disquette ou de CD-ROM amorçable contenant les fichiers nécessaires pour la mise à jour.

Puisque les lecteurs de disquettes ne sont plus installés dans les systèmes récents et que les images du BIOS des nouvelles cartes mères sont trop volumineuses pour tenir sur une disquette, de nombreux fabricants offrent à présent des images de CD-ROM amorçables pour la mise à jour du BIOS. Ces images sont généralement sous la forme d'un fichier ISO, c'est-à-dire un fichier image qui con-

tient une copie secteur par secteur d'un CD-ROM. Pour procéder à la mise à jour, vous devez graver le fichier ISO sur un disque vierge. Malheureusement, Windows Vista, XP ou les versions antérieures ne proposent aucun logiciel de gravure de CD/DVD qui permet de lire ou d'écrire des images ISO. Vous devez donc vous procurer un logiciel tiers pour réaliser cette opération. Certains programmes commerciaux, comme ceux de Roxio, Nero ou Sonic, sont parfois fournis avec le nouveau système ou les lecteurs optiques. Vous disposez donc peut-être du logiciel nécessaire sur votre système. Dans le cas contraire, nous pouvons vous conseiller ImgBurn (**www.imgburn.com**).

À l'aide de votre logiciel de gravure, créez le CD-ROM à partir du fichier ISO. Ensuite, pour effectuer la mise à niveau, vérifiez que le lecteur optique est le premier dans la séquence de démarrage, puis redémarrez le système en laissant le CD-ROM dans le lecteur. Le système doit démarrer à partir du CD-ROM et la procédure de mise à niveau doit se lancer automatiquement. Suivez simplement les instructions pour réaliser la mise à niveau puis, une fois celle-ci terminée, retirez le CD-ROM et redémarrez le système.

Support amorçable créé par l'utilisateur

De nombreux fabricants de cartes mères proposent également des mises à jour du BIOS sous la forme d'un utilitaire DOS combiné à un fichier image, que vous pouvez exécuter manuellement à partir de n'importe quel support DOS amorçable. Si vous utilisez cette technique, la mise à jour peut se faire depuis une disquette, un CD-ROM ou même une clé USB, que le système d'exploitation soit Windows, Linux ou même absent. Les fichiers nécessaires sont normalement placés dans une archive téléchargeable depuis le site web du fabricant. Malheureusement, cette solution nécessite plus de travail que les autres car elle implique plusieurs étapes. La partie la plus difficile consiste à créer manuellement le support amorçable. S'il est assez simple de créer une disquette amorçable, il n'en va pas de même pour un CD-ROM ou une clé USB.

Heureusement, certains outils seront très utiles. Pour créer un CD-ROM amorçable, nous vous conseillons le paquetage Clean Boot CD, disponible gratuitement à l'adresse **www.nu2.nu/bootcd/#clean**. Téléchargez l'exécutable autoextractible dans un nouveau dossier et exécutez-le. Suivez les indications pour copier l'utilitaire de mise à jour et les fichiers image correspondant à votre carte mère dans le dossier approprié. Une fois tous les fichiers en place, vous pouvez exécuter la commande `buildclean`, qui construit automatiquement une image ISO d'un CD-ROM amorçable, avec le système d'exploitation et vos fichiers. Servez-vous d'un logiciel de gravure comme ImgBurn (**www.imgburn.com**) pour créer le CD-ROM.

Démarrez ensuite le système à partir du CD-ROM, allez dans le dossier qui contient l'utilitaire de mise à jour, puis saisissez la commande permettant de démarrer la mise à jour. Pour les cartes mères Intel qui utilisent l'outil IFLASH.EXE et des fichiers image ayant l'extension .BIO, la commande est `IFLASH /PF XXX.BIO`, où `XXX.BIO` doit être remplacé par le nom réel du fichier image.

La même procédure peut être réalisée avec une clé USB, mais la création d'une clé USB amorçable peut être complexe. Heureusement, il existe un outil Windows disponible gratuitement auprès de HP

à l'adresse **tinyurl.com/ydao7p**. Ce programme a besoin des fichiers système du DOS (`command.com`, `io.sys` et `msdos.sys`). Vous pouvez choisir n'importe quelle version de DOS, mais nous vous conseillons le DOS 6.22. Si vous n'en disposez pas, vous pouvez télécharger les fichiers système correspondants sous la forme d'une image de disquette amorçable depuis le site **www.bootdisk.com**.

Infos

Les BIOS et les fabricants de cartes mères ne prennent en charge le démarrage à partir d'un périphérique USB que depuis 2001. Si votre système date de cette époque, ou d'avant, il ne sera peut-être pas en mesure de démarrer depuis un tel périphérique. Lorsque vous configurez un système pour démarrer depuis une clé USB, elle doit être insérée avant d'allumer le système et d'entrer dans la configuration du BIOS. Dans la séquence de démarrage, la clé doit apparaître en premier soit comme un périphérique de stockage générique, soit comme un lecteur amovible. Avec la plupart des systèmes, lorsque la clé est débranchée, elle est automatiquement retirée de la séquence de démarrage.

Après le formatage de la clé USB comme un disque amorçable, vous pouvez ajouter l'outil de mise à jour du BIOS et les fichiers image qui correspondent à la carte mère. Connectez la clé USB à votre système, puis redémarrez-le. Configurez le BIOS pour que le système démarre à partir de la clé USB. Relancez le système, qui doit alors s'initialiser à partir du DOS présent sur la clé USB. À l'invite du DOS, vous pouvez lancer la commande afin de mettre à jour le BIOS.

Récupération d'urgence du BIOS

Lorsque vous mettez à jour un BIOS Flash, vous devez obtenir un message d'avertissement semblable au suivant :

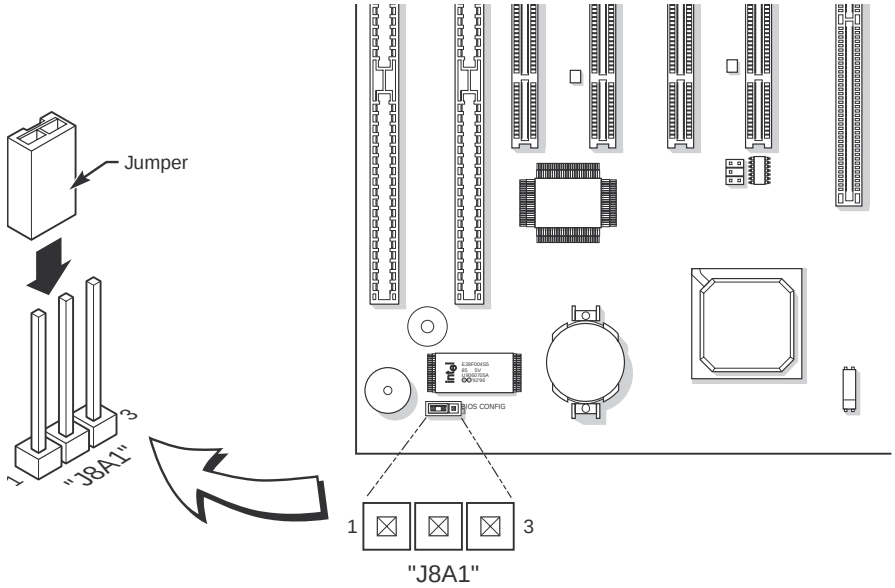
```
The BIOS is currently being updated. DO NOT REBOOT OR POWER DOWN until the update
is completed (typically within three minutes)...

Le BIOS est en cours de mise à jour. Ne redémarrez pas, ni n'éteignez,
l'ordinateur tant que la mise à jour n'est pas terminée (en général, dans les
trois minutes)...
```

Si vous ne respectez pas cet avertissement ou si quelque chose interrompt la procédure de mise à jour, vous risquez d'avoir un système dont le BIOS est corrompu. Autrement dit, vous ne serez pas en mesure de redémarrer le système et de reprendre la procédure, tout au moins pas facilement. Selon la carte mère, vous devrez remplacer la puce de la ROM Flash par un autre exemplaire déjà programmé par le fabricant de la carte mère. Cette solution est la moins agréable.

Sur la plupart des systèmes, la ROM est soudée sur la carte mère et ne peut donc pas être remplacée. Heureusement, les cartes mères de ce type disposent généralement d'une procédure de récupération du BIOS qui restaure le contenu de la puce. Il est conservé dans une partie protégée de la ROM, totalement dédiée à cette procédure et appelée *bloc d'amorce*. Ce bloc contient une fonction de récupération qui permet de restaurer le code du BIOS principal.

Selon les versions des cartes mères et des BIOS, les techniques de récupération peuvent varier. La plupart des cartes mères, y compris celles d'Intel, disposent d'un cavalier de configuration du BIOS, dont l'un des modes correspond à la procédure de récupération. La Figure 4.7 présente ce cavalier sur une carte mère classique.

Figure 4.7
Cavalier de configuration du BIOS.



Outre le déplacement du cavalier, la procédure de récupération demande qu'une disquette ou qu'un disque optique contenant l'image du BIOS soit attaché au système et correctement configuré. Si certaines cartes mères pourront utiliser les différents types de lecteurs pour la procédure de récupération, un seul est généralement reconnu. Les cartes mères anciennes ne prennent en charge la récupération qu'à partir d'une disquette, tandis que, parmi les plus récentes, certaines ne reconnaissent pas les lecteurs de disquettes ou disposent d'images de BIOS trop volumineuses pour tenir sur une disquette.

Avant de démarrer la procédure de récupération à partir d'une disquette ou d'un disque optique, vous devez télécharger le fichier image correspondant à votre carte mère. Bien évidemment, cela doit se faire à partir d'un autre système puisque le vôtre n'est plus opérationnel. Pour exécuter la procédure de récupération du BIOS à partir d'une disquette, procédez de la manière suivante :

1. Copiez uniquement le fichier image (*.BIO) sur une disquette vierge formatée.
2. Placez la disquette dans le lecteur principal connecté au système à récupérer.
3. Éteignez le système et retirez le cavalier de configuration du BIOS afin de passer en mode récupération du BIOS (voir Figure 4.7).
4. Allumez le système ; la récupération doit débuter automatiquement. Vous devez entendre un bip au début et constater une activité sur le lecteur de disquettes au cours de la procédure.
5. La récupération doit prendre entre deux et cinq minutes. Le système doit ensuite s'éteindre automatiquement ou vous inviter à le faire manuellement.

6. Le système étant éteint, retirez la disquette et replacez le cavalier de configuration du BIOS afin d'activer le mode de fonctionnement normal.

Vous pouvez utiliser un lecteur optique sur les cartes mères récentes qui n'ont pas de contrôleur de disquette ou dont l'image ne tient pas sur une disquette de 1,44 Mo. Si le lecteur peut être de n'importe quel type, le disque à utiliser doit être un CD-R ou un CD-RW gravé avec le fichier *.BIO et finalisé (fermé). Pour exécuter la procédure de récupération du BIOS à partir d'un CD-ROM, procédez de la manière suivante :

1. Gravez et finalisez un CD-ROM à partir d'une copie du fichier image de récupération (*.BIO).
2. Placez le CD-ROM dans le premier lecteur optique du système à récupérer.
3. Éteignez le système et retirez le cavalier de configuration du BIOS afin de passer en mode récupération du BIOS.
4. Allumez le système; la récupération doit débuter automatiquement.
5. La récupération doit prendre entre deux et cinq minutes. Le système doit ensuite s'éteindre automatiquement ou vous inviter à le faire manuellement.
6. Le système étant éteint, replacez le cavalier de configuration du BIOS afin d'activer le mode de fonctionnement normal.

Infos

La procédure de récupération du BIOS peut effacer les informations de configuration enregistrées dans la RAM CMOS. Si un message d'erreur indiquant un défaut dans la RAM apparaît lors du premier démarrage après la mise à jour, appuyez sur la touche indiquée afin d'entrer dans la configuration du BIOS, appuyez sur F9 pour changer les paramètres par défaut, puis sur F10 pour les enregistrer et sortir.

Si votre carte mère ne dispose pas d'un cavalier de configuration du BIOS, elle peut néanmoins offrir une procédure de récupération. Par exemple, certains BIOS AMI possèdent un bloc d'amorce avec une procédure de récupération opérationnelle même sans cavalier. Si le BIOS principal est endommagé, le code du bloc d'amorce est conçu pour rechercher un fichier nommé AMIBOOT.ROM sur une disquette et le placer dans la ROM trouvée. Pour procéder à la récupération, commencez par télécharger le fichier image du BIOS de la carte mère, copiez-le sur une disquette vierge formatée et renommez le fichier image en AMIBOOT.ROM. Éteignez le système, insérez la disquette et rallumez le système. La procédure de récupération doit débuter automatiquement.

Certains BIOS Award contiennent également un bloc d'amorce offrant des possibilités de récupération. Ils sont conçus pour démarrer automatiquement à partir d'une disquette si le BIOS principal est endommagé. Pour procéder à la récupération, commencez par télécharger les fichiers de mise à jour pour la carte mère. Extrayez les fichiers et copiez le programme de flashage d'Award (awdflash.exe) et l'image du BIOS (*.bin) sur une disquette amorçable formatée. Créez ensuite un fichier AUTOEXEC.BAT sur la disquette, en y insérant la commande `awdflash.exe *.bin` (`*.bin` doit être remplacé par le nom du fichier image du BIOS). Éteignez le système, insérez la disquette et rallumez le système. L'ordinateur doit démarrer à partir de la disquette et la procédure de récupération doit débuter automatiquement.

Infos

La procédure de récupération du BIOS est souvent la solution la plus rapide pour mettre à jour un grand nombre de machines. C'est particulièrement le cas si vous réalisez d'autres mises à niveau en même temps et/ou si les machines sont nouvelles, donc sans système d'exploitation.

Spécification des paramètres CMOS

Le BIOS doit être configuré avec les informations spécifiques à votre système avant de pouvoir utiliser cet ordinateur. Le programme Setup livré avec votre système permet de sélectionner les options.

Exécuter ou accéder au programme de configuration (Setup) CMOS

Si vous voulez exécuter le programme Setup BIOS, il faut généralement redémarrer l'ordinateur et appuyer sur une touche particulière ou une combinaison de touches pendant le déroulement du test POST. Normalement, cette information s'affiche à l'écran pendant le POST. Les principaux vendeurs ont standardisé les combinaisons de touches suivantes pour entrer dans ce programme :

- **BIOS AMI.** Appuyer sur la touche F1 ou Suppr pendant le POST.
- **BIOS Phoenix.** Appuyer sur la touche F1 ou F2 pendant le POST.
- **BIOS Award.** Appuyer sur la touche Suppr ou sur les touches Ctrl+Maj+Échap pendant le POST.
- **BIOS Microid Research.** Appuyer sur la touche Échap pendant le POST.

Si votre système ne répond à aucune de ces combinaisons de touches, vous devrez contacter le fabricant ou rechercher les touches correctes dans la documentation de votre système.

Voici quelques systèmes avec des touches spécifiques :

- **IBM Aptiva/Valuepoint ou ThinkPad.** Appuyer sur la touche F1 pendant le POST ou durant la mise sous tension du système.
- **Portables Toshiba.** Appuyer sur la touche Échap ou durant la mise sous tension du système, puis F1 à l'invite.
- **Anciens BIOS Phoenix.** Démarrer une session DOS en mode Sans échec, puis appuyer sur Ctrl+Maj+Échap ou Ctrl+Maj+S.
- **Compaq.** Appuyer sur F10 pendant le POST.

L'écran principal du Setup BIOS se compose généralement d'un menu principal permettant d'accéder à d'autres menus et sous-menus ou à des sections ou écrans différents. Nous allons parcourir tous ces menus et sous-menus proposés par la plupart des cartes mères d'Intel. Les paramètres des autres cartes pourront différer légèrement, mais la majorité d'entre eux seront similaires.

Les menus de configuration du BIOS

Les menus des BIOS les plus récents apparaissent dans une barre en haut de l'écran principal. Cette barre permet de se déplacer dans les principaux menus. Le Tableau 4.6 présente les options d'une barre de menus typique.

Tableau 4.6 : Menus de configuration du BIOS

Menu du Setup	Description
Maintenance	Efface les mots de passe et affiche les informations du processeur
Main	Permet la configuration du processeur et de la date/heure
Advanced	Spécifie des fonctions avancées disponibles avec le chipset
Security	Spécifie les mots de passe et les fonctions de sécurité
Power	Spécifie les fonctions de gestion d'énergie
Boot	Spécifie les options de démarrage et les contrôles d'alimentation
Exit	Enregistre ou supprime les modifications des options du programme Setup

Infos

Les BIOS les plus répandus utilisent des paramètres similaires. Les menus cités dans cette section offrent cependant une idée générale de ceux que l'on rencontre dans un BIOS.

Le menu Maintenance

Le menu Maintenance est un menu particulier destiné à régler la vitesse du processeur et à réinitialiser les mots de passe. Sur les anciennes cartes mères, cette vitesse était configurée à l'aide de cavaliers. La plupart des derniers modèles de carte mère offrent maintenant ce contrôle *via* le Setup du BIOS plutôt que par l'intermédiaire de cavaliers. Dans le cas d'Intel, la carte contient toujours le cavalier de configuration qui doit être placé en mode Configure pour que le menu Maintenance soit disponible.

Le programme Setup n'affiche ce menu que si le système se trouve en mode Configure. Pour définir ce mode, éteignez le système et déplacez le cavalier de configuration de la carte mère du mode normal vers le mode Configure (voir Figure 4.7). Ce cavalier est facile à détecter puisqu'il s'agit du seul cavalier sur une carte Intel moderne. Au redémarrage du système, le programme Setup du BIOS s'exécute automatiquement et vous avez la possibilité de sélectionner le menu Maintenance. Après avoir effectué les modifications et sauvegardes nécessaires, arrêtez de nouveau le système et replacez le cavalier en mode normal.

Notez que la plupart des nouveaux processeurs d'Intel sont conçus pour ne fonctionner qu'à une vitesse égale ou inférieure à celle pour laquelle ils ont été conçus, alors que d'autres autorisent la sélection d'une vitesse supérieure.

Si des utilisateurs oublient leur mot de passe, il suffit de positionner le cavalier de configuration, d'entrer dans le menu Maintenance dans le Setup du BIOS et d'utiliser l'option d'effacement du mot de passe. Cette fonction ne révélera pas le mot de passe à l'utilisateur. Ce mot de passe est sim-

plement effacé, ce qui permet d'en définir un nouveau si nécessaire. La sécurité est donc liée à l'accès au boîtier du système puisque toute personne capable de déplacer le cavalier de configuration peut effacer le mot de passe et accéder au système. C'est pour cette raison que les meilleurs boîtiers sont équipés de verrous.

Le menu Main

Le menu standard du Setup CMOS existait déjà avant l'ère des 286, quand le Setup BIOS était constitué d'un unique menu. Dans le menu standard, vous pouvez définir l'horloge système et enregistrer les paramètres relatifs au disque dur et au lecteur de disquettes ainsi que le type vidéo de base. Les BIOS les plus récents comprennent des programmes de configuration plus compliqués avec davantage de menus et de sous-menus. Leur menu principal apparaît donc plus dépouillé que celui des anciens systèmes.

Le menu principal d'un système moderne affiche les informations système, telles que la version du BIOS, le type et la fréquence du processeur, la quantité de mémoire, et indique si la mémoire ou la mémoire cache est configurée pour fonctionner avec ECC. Le menu principal permet aussi de définir l'heure et la date du système.

La plupart des BIOS anciens font une distinction entre la mémoire de base et la mémoire étendue. La première est typiquement constituée de 640 Ko et se nomme quelquefois mémoire conventionnelle. La mémoire étendue est celle qui se situe au-delà du premier mégaoctet dans le système.

Vous ne pouvez modifier aucune valeur dans les champs de mémoire. Ils apparaissent uniquement pour votre information parce qu'ils sont automatiquement comptabilisés par le système. Si la quantité de mémoire ne correspond pas à celle que vous avez installée, une partie de cette mémoire est probablement endommagée, mal installée ou son type est incompatible avec votre système.

Le menu Advanced

Le menu Advanced permet de définir les fonctions avancées disponibles avec le chipset de la carte mère. Cette partie du programme de configuration est spécifique au chipset utilisé par la carte. Le marché des chipsets est très diversifié, et chacun propose une fonctionnalité unique. Le Setup du chipset est conçu de sorte que l'utilisateur puisse en personnaliser les fonctions et contrôler certains de ses paramètres. De manière générale, c'est dans ce menu que sont configurées les caractéristiques spécifiques du bus PCI (affectation des IRQ), du bus PCI-Express, de la mémoire (overclocking), du démarrage, du chipset (overclocking), des périphériques intégrés à la carte mère, des lecteurs, de la carte vidéo, des ports USB, des ventilateurs et de la supervision du matériel (tensions, températures, etc.).

Prenez soin de bien configurer les paramètres des disques durs. Le plus souvent, il est préférable de conserver les valeurs par défaut ou automatiques. Avec les paramètres par défaut, le BIOS envoie une commande d'identification au lecteur, qui répond par des informations indiquant les paramètres adaptés. À partir de là, le BIOS est capable de détecter les spécifications et d'opérer en mode opti-

mal avec pratiquement tous les disques durs ATA et SATA. En mode automatique, les caractéristiques des disques sont obtenues pendant le POST. Même si vous changez les disques, le BIOS est alors en mesure de s'y adapter.

Sur les systèmes datant d'avant 1997, à moins d'avoir été mis à jour, les disques durs sont généralement limités à une taille maximale de 8,4 Go. À partir de 1998, ils acceptent généralement des disques allant jusqu'à 137 Go. Après 2002, les systèmes reconnaissent les disques dont la taille dépasse 137 Go (LBA sur 48 bits), même si une mise à jour du BIOS peut être nécessaire.

Le paramètre de fonctionnement du contrôleur SATA présente une importance particulière. Il précise comment les disques durs SATA sont vus par le système et peut avoir des conséquences sur l'installation du système. SATA doit être capable d'émuler ATA. Autrement dit, un lecteur SATA doit être reconnu par les mêmes pilotes et logiciels qu'un lecteur Parallel ATA. Mais, pour fournir de nouvelles fonctionnalités, SATA dispose d'un mode "natif" appelé AHCI (*Advanced Host Controller Interface*). Voici les trois modes de fonctionnement d'un contrôleur SATA sur la plupart des cartes mères :

- **Mode IDE.** Apporte une émulation d'ATA, sans prise en charge d'AHCI ou du RAID.
- **Mode AHCI.** Active les fonctionnalités du SATA natif, sans le RAID.
- **Mode RAID.** Prend en charge le RAID et l'AHCI.

Tout système d'exploitation qui gère les lecteurs ATA standard prend également en charge les lecteurs SATA si l'adaptateur hôte est en mode IDE. Cependant, avec les modes AHCI ou RAID/AHCI, les pilotes ATA standard ne fonctionneront plus et vous aurez besoin de pilotes AHCI/RAID adaptés. Sous Windows XP, vous devez appuyer sur la touche F6 au moment de l'installation pour fournir ces pilotes. Le DVD de Windows Vista comprend des pilotes AHCI/RAID pour la majorité des adaptateurs SATA.

Le menu de configuration du système vidéo permet de préciser la carte graphique principale. Il est très utile dans les configurations à deux écrans. Vous pouvez indiquer que le périphérique graphique de démarrage se trouve sur le connecteur PCI-Express, AGP ou PCI.

La configuration des ports USB permet la prise en charge des claviers et souris USB de manière indépendante du système d'exploitation ou des pilotes. Si votre clavier et votre souris USB ne fonctionnent pas tant qu'un système d'exploitation compatible USB n'est pas installé, vérifiez les paramètres de ce menu, notamment celui nommé USB Legacy.

Le menu Security

La plupart des BIOS sont protégés par deux mots de passe, le mot de passe superviseur et le mot de passe utilisateur. Ces mots de passe filtrent l'accès au Setup BIOS et contrôlent le redémarrage de l'ordinateur. Le mot de passe superviseur est également appelé mot de passe setup parce qu'il contrôle l'accès au programme de configuration. Le mot de passe utilisateur est aussi nommé mot de passe système parce qu'il contrôle l'accès au système complet.

Si un mot de passe superviseur est défini, il doit être fourni pour entrer dans les menus du Setup BIOS. Le mode de passe superviseur permet d'afficher et de modifier sans contraintes toutes les options du programme Setup. Si le mot de passe superviseur n'est pas fourni ou l'est de façon incorrecte, l'accès à l'affichage et aux modifications des options du programme Setup est limité.

Si le mot de passe utilisateur est défini, il doit être fourni pour que l'ordinateur puisse démarrer. Si le mot de passe superviseur est le seul à être défini, l'ordinateur démarre sans demander de mot de passe puisque ce mot de passe contrôle uniquement l'accès aux menus du Setup BIOS. Si les deux mots de passe sont définis, une boîte de dialogue apparaît au démarrage dans laquelle un des deux mots de passe doit être saisi pour que l'ordinateur démarre. Ce mot de passe est généralement constitué de sept ou huit caractères maximum.

Si vous oubliez le mot de passe, un cavalier sur la carte mère permet de tous les effacer. Cela signifie qu'un bon niveau de sécurité ne peut être obtenu si le boîtier du système n'est pas verrouillé. Toujours pour des raisons de sécurité, ce cavalier n'est pas repéré sur la carte. Il doit être localisé en consultant la documentation du système ou de la carte mère.

Il faut remarquer que si le mot de passe est connu, il est possible de s'introduire dans le Setup BIOS et de l'effacer en sélectionnant la fonction Clear Password. Si cette fonction n'existe pas, vous pouvez toujours supprimer le mot de passe en appuyant simplement sur Entrée (pas de mot de passe) en réponse à la demande du mot de passe de la fonction Set Password.

La plupart des cartes mères disposent d'un cavalier ou d'un interrupteur pour effacer les mots de passe si l'un d'entre eux est oublié. Sur les cartes mères Intel, vous devez positionner le cavalier de configuration, entrer dans le menu Maintenance du Setup BIOS, puis sélectionner la fonction Clear Password. Si vous ne retrouvez pas la documentation de votre carte, vous pouvez essayer de retirer la pile pendant 15 minutes, ce qui aura pour effet d'effacer la RAM CMOS. Ce laps de temps est nécessaire sur certains systèmes dont les circuits sont équipés de condensateurs qui maintiennent une charge. Cette opération effacera aussi tous les autres paramètres du BIOS, y compris les paramètres du disque dur qui devront donc être enregistrés au préalable.

Le menu Power Management

Grâce à la gestion de l'alimentation, le système réduit automatiquement l'alimentation de ses différents composants à différents degrés et à différents niveaux de consommation d'électricité pendant les périodes d'inactivité. Il existe deux classes principales de gestion de l'alimentation : la version standard originale était nommée APM (*Advanced Power Management*, gestion d'alimentation avancée). Cette spécification est supportée par les systèmes depuis les processeurs 386 et 486. Plus récemment, un nouveau type de gestion d'énergie appelé ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*, interface avancée de configuration et d'alimentation) a été développé et est présent sur la plupart des systèmes vendus depuis mai 1998. Dans la spécification APM, la gestion de l'énergie est confiée au matériel, et le système d'exploitation ou tout autre logiciel a très peu d'influence. Avec ACPI, la gestion de l'alimentation est réalisée par le système d'exploitation et le BIOS. Le contrôle

est davantage centralisé, la gestion est plus à la portée des applications. Au lieu d'utiliser les options du BIOS, vérifiez simplement qu'ACPI est activé, puis gérez les paramètres d'alimentation depuis Windows.

En mode veille, le BIOS réduit la consommation d'énergie en arrêtant les disques durs et en réduisant ou en coupant l'alimentation des écrans conformes au standard DPMS (*Display Power-Management Signaling*, signalisation d'écran pour la gestion d'alimentation) de la VESA (*Video Electronics Standards Association*, Association pour les standards de systèmes électroniques vidéo). En mode veille, le système continue à répondre aux interruptions externes, comme celles en provenance des claviers, souris, fax/modem ou cartes réseau. Toute activité au niveau du clavier ou de la souris, par exemple, interrompt le mode veille du système et restaure immédiatement l'alimentation du moniteur.

Sur la plupart des systèmes, le système d'exploitation remplace certains paramètres de gestion de l'énergie et, dans certains cas, il peut même remplacer des paramètres du BIOS. Cette règle est toujours vraie si le système d'exploitation et la carte mère supportent tous deux l'interface ACPI.

Le menu Boot (séquence de démarrage, ordre)

Le menu Boot permet de définir les fonctions de démarrage et la séquence d'amorçage. Si votre système d'exploitation comprend un CD amorçable – Windows XP, par exemple –, utilisez ce menu pour changer l'ordre du contrôle des lecteurs au démarrage afin de placer le CD avant le disque dur.

Ce menu permet de configurer les périphériques à partir desquels le système démarre et l'ordre dans lequel ils sont parcourus. Il permet aussi d'accéder aux sous-menus Hard Drive et Removable Devices à partir desquels vous définissez l'ordre des périphériques dans la séquence d'amorçage. Vous pouvez choisir les disques durs comme premier choix d'amorçage, par exemple, puis décider dans le sous-menu Hard Drive de démarrer d'abord sur le lecteur secondaire puis sur le lecteur primaire. Le choix par défaut est normalement le contraire.

Certains systèmes récents donnent la possibilité de démarrer à partir d'un lecteur USB externe, y compris les lecteurs Flash et les clés USB.

Le menu Exit

Le menu Exit permet de sortir du programme Setup, d'enregistrer les modifications et de charger et d'enregistrer les paramètres par défaut.

Une fois que vous avez sélectionné les paramètres appropriés dans le Setup BIOS, vous pouvez les enregistrer *via* l'option Save Custom Defaults. Vous pourrez ainsi restaurer rapidement vos paramètres s'ils sont endommagés ou perdus. Tous les paramètres du BIOS sont stockés en mémoire RAM CMOS, qui est alimentée par une pile incluse sur la carte mère.

Les autres fonctions du Setup BIOS

Certains Setup de BIOS proposent des fonctions supplémentaires dont les plus courantes sont présentées au Tableau 4.7.

Tableau 4.7 : Autres fonctions du Setup BIOS

Fonction	Description
Virus Warning	L'activation de cette option déclenche l'émission d'un message d'alerte quand un programme tente d'écrire sur le secteur d'amorçage ou dans la table des partitions du disque dur. Si vous recevez ce message en cours de fonctionnement normal, vous devez exécuter un programme antivirus pour contrôler une infection éventuelle. Cette fonction protège uniquement le secteur d'amorçage maître, et non l'ensemble du disque dur. Notez que les programmes qui écrivent habituellement dans le secteur d'amorçage maître, tels que FDISK, peuvent déclencher le message d'alerte antivirus.
CPU Internal Cache/ External Cache	Cette option permet de désactiver la mémoire cache de niveau 1 (interne) et de niveau 2 (externe) du processeur. Cette fonction est souvent utilisée pour le test de la mémoire, auquel cas la mémoire cache ne doit pas intervenir. Ces deux mémoires doivent cependant être activées pour un fonctionnement normal.
Quick Power On Self Test	L'activation de cette option réduit la durée de l'exécution du test POST. La version rapide de ce test saute certaines étapes telles que le test de la mémoire. Si vous estimez que votre système est fiable, vous pouvez activer cette option, mais il est plutôt recommandé d'exécuter la version complète du POST.
Swap Floppy Drive	Ce champ est accessible uniquement sur les systèmes équipés de deux lecteurs de disquettes. Lorsque vous activez cette option, le lecteur physique B: est affecté au lecteur logique A:, et le lecteur physique A: au lecteur logique B:.
Boot Up Floppy Seek	Quand cette option est activée, le BIOS teste les lecteurs de disquettes pour déterminer leur format (40 ou 80 pistes). Seuls les lecteurs de disquettes d'une capacité de 360 Ko possèdent 40 pistes. Les lecteurs d'une capacité de 720 Ko, 1,2 Mo et 1,44 Mo possèdent 80 pistes. Rares sont les PC modernes équipés de lecteurs de disquettes 40 pistes; vous pouvez donc désactiver cette fonction pour gagner du temps.
Boot Up System Speed	Sélectionnez High pour démarrer à la vitesse de processeur par défaut. Sélectionnez Low pour démarrer à une vitesse de 8 MHz simulée. Cette option était souvent utilisée dans le passé avec certains programmes protégés en copie parce que cette protection disparaissait avec un démarrage en pleine vitesse. Cette option n'est plus utilisée aujourd'hui.
Gate A20 Option	Gate A20 fait référence à la façon dont le système adresse la mémoire au-delà de 1 Mo (mémoire étendue). Quand cette option est définie à Fast, le chipset du système contrôle la ligne A20. Quand cette option est définie à Normal, une broche dans le contrôleur du clavier contrôle la ligne A20. Le choix de Fast améliore la vitesse du système, en particulier avec des systèmes d'exploitation en mode protégé tels que Windows 9x et Windows 2000/XP.
Typematic Rate Setting	Quand cette option est désactivée, les deux paramètres qui suivent (Typematic Rate et Typematic Delay) ne présentent plus aucun intérêt. La répétition d'une touche se fait à une fréquence déterminée par le contrôleur de clavier de votre système. Quand cette fonction est activée, vous pouvez sélectionner la vitesse de répétition et le délai de répétition.
Typematic Rate (Chars/Sec)	Quand la fonction Typematic Rate Setting est activée, vous pouvez sélectionner une vitesse de répétition (la vitesse à laquelle les caractères se répètent quand vous maintenez une touche enfoncée) de 6, 8, 10, 12, 15, 20, 24 ou 30 caractères par seconde.
Typematic Delay (Msec)	Quand la fonction Typematic Rate Setting est activée, vous pouvez sélectionner un délai de répétition (le délai avant que la répétition du clavier ne débute) de 250, 500, 750 ou 1000 millisecondes.

Tableau 4.7 : Autres fonctions du Setup BIOS (*suite*)

Fonction	Description
Report No FDD For WIN 95	Sélectionnez Yes pour libérer l'IRQ6 quand le système ne contient aucun lecteur de disquettes, pour la compatibilité avec la certification logo Windows 95. Sur l'écran Integrated Peripherals (périphériques intégrés), désactivez le champ Onboard FDC Controller.
ROM Shadowing	Les puces ROM sont typiquement très lentes, avec un temps d'accès de 150 ns (nanosecondes) environ, et fonctionnent en 8 bits seulement, alors qu'une RAM a un temps d'accès de 60 ns, voire de 10 ns ou moins, et fonctionne en 32 bits ou en 64 bits dans la plupart des systèmes. Shadowing consiste à copier le code du BIOS depuis la ROM vers la RAM, où le processeur peut lire les pilotes du BIOS à la vitesse supérieure de la RAM.

BIOS Plug and Play

L'installation et la configuration des périphériques dans les PC ont toujours été des opérations difficiles. Au cours de l'installation, l'utilisateur doit configurer la nouvelle carte en sélectionnant l'IRQ, les ports d'entrées/sorties et le canal DMA. Autrefois, les utilisateurs devaient même déplacer des cavaliers ou basculer des interrupteurs sur les cartes ajoutées pour contrôler ces paramètres. Ils devaient connaître exactement les ressources déjà utilisées pour déterminer un jeu de ressources qui n'entrerait pas en conflit avec les périphériques déjà présents dans le système. En cas de conflit, le système peut ne pas démarrer, le périphérique pourrait ne pas être pris en compte ou provoquer la panne du matériel avec lequel il se trouve en conflit.

Avec la technologie PnP, les problèmes de configuration sont supprimés et l'utilisateur peut aisément faire évoluer son PC. Il lui suffit d'enficher la nouvelle carte et le système se charge de la configurer automatiquement.

PnP est constitué de trois composants principaux :

- BIOS Plug and Play;
- ESCD (*Extended System Configuration Data*, données de configuration système étendues);
- système d'exploitation Plug and Play.

Le BIOS PnP initie la configuration des cartes PnP au cours du processus d'amorçage. Si les cartes ont déjà été installées, le BIOS lit les informations ESCD et initialise les cartes, puis démarre le système. Quand de nouvelles cartes Plug and Play doivent être installées, le BIOS consulte les données ESCD pour déterminer quelles ressources sont disponibles dans le système pour la carte supplémentaire. Si le BIOS peut trouver suffisamment de ressources disponibles, il configure la carte. S'il ne peut obtenir suffisamment de ressources, les routines PnP du système d'exploitation achèvent le processus de configuration. Au cours de ce processus, les registres de configuration (dans le BIOS Flash) sur la carte ainsi que les données ESCD sont mis à jour avec les nouvelles données de configuration.

Identifier les périphériques PnP

Les périphériques Plug and Play doivent pouvoir être identifiés de façon unique par le système d'exploitation qui doit charger les pilotes appropriés. Ils comprennent donc un numéro d'identification dont l'affectation est à la charge du fabricant. Ce numéro est figé dans le matériel.

Un numéro d'identification de vendeur sur trois caractères doit être attribué à chaque fabricant de périphériques PnP. Ce fabricant doit ensuite attribuer un numéro de produit unique à chacun de ses produits. Quand un numéro d'identification a été attribué, il ne devra plus être attribué à un autre modèle fabriqué par la même société (avec la même identification de vendeur).

ACPI

ACPI signifie *Advanced Configuration and Power Interface* et définit une méthode standard pour intégrer la gestion de l'énergie et les fonctions de configuration du système dans un PC, y compris le matériel, le système d'exploitation et les applications. ACPI va beaucoup plus loin que la norme précédente, appelée APM (*Advanced Power Management*), qui concernait principalement le processeur, le disque dur et l'affichage. ACPI contrôle non seulement l'alimentation, mais également la configuration matérielle Plug and Play du système. Ces aspects ne sont plus contrôlés depuis le BIOS, mais le sont entièrement depuis le système d'exploitation.

ACPI permet au système d'activer et de désactiver automatiquement des périphériques, comme des CD-ROM, des cartes réseau, des disques durs et des imprimantes, ainsi que les périphériques externes connectés au PC, comme des magnétoscopes, des téléviseurs, des téléphones et des chaînes hi-fi. De plus, grâce à la technologie ACPI, les périphériques peuvent activer ou désactiver le PC. Par exemple, l'insertion d'une cassette dans un magnétoscope peut allumer le PC, qui peut ensuite activer un téléviseur grand écran et un système audio haute fidélité.

Au cours de la configuration du système et du processus de démarrage, les versions de Windows qui prennent en charge ACPI (depuis Windows 98) réalisent une suite de vérifications et de tests pour savoir si le matériel du système et le BIOS sont compatibles avec ACPI. Si ce n'est pas le cas ou en cas de problème, le système revient généralement en mode APM. Cependant, certains problèmes peuvent également provoquer un blocage et afficher un écran rouge ou bleu avec un code d'erreur ACPI.

Les écrans rouges indiquent que le problème vient probablement du matériel ou du BIOS. Les écrans bleus indiquent que le problème est probablement lié au logiciel ou dont l'origine est mystérieuse. Les codes d'erreur ACPI sont donnés au Tableau 4.8.

Toutes ces erreurs sont virtuellement le résultat d'une implémentation partielle ou incomplète d'ACPI ou d'une incompatibilité dans le BIOS ou les pilotes de périphériques. Si vous rencontrez

Tableau 4.8 : Codes d'erreur ACPI

Code d'erreur	Description
1xxx -	Indique une erreur pendant la phase d'initialisation du pilote ACPI et signifie généralement que le pilote ne peut pas lire une ou plusieurs tables ACPI
2xxx -	Indique une erreur de l'interpréteur du langage machine ACPI (AML, *ACPI Machine Language*)
3xxx -	Indique une erreur avec le gestionnaire d'événements du pilote ACPI
4xxx -	Indique des erreurs de gestion de la température

ces erreurs, contactez le fabricant de votre carte mère pour une mise à jour du BIOS ou le fabricant des périphériques pour des pilotes plus récents.

Initialiser un périphérique PnP

Pendant le déroulement de l'autotest POST, le BIOS PnP est chargé de la détection et de l'initialisation de toutes les cartes d'extension PnP. Il doit leur attribuer un numéro de sélection de carte valide (CSN, *Card Select Number*). Une fois le CSN affecté, le BIOS du système peut alors attribuer les ressources aux cartes. Le BIOS s'intéresse uniquement à la configuration des périphériques d'amorçage. Tous les autres périphériques PnP pourront être configurés dynamiquement par le système d'exploitation.

Le BIOS PnP effectue ces diverses opérations en respectant les étapes ci-après :

1. Il désactive tous les périphériques configurables.
2. Il identifie tous les périphériques PnP.
3. Il construit une carte d'allocation des ressources allouées statiquement aux périphériques du système.
4. Il active les périphériques d'entrées/sorties.
5. Il analyse la ROM des périphériques ISA.
6. Il configure les périphériques de chargement de programme initial (IML).
7. Il active les périphériques PnP ISA et les autres périphériques configurables.
8. Il lance le chargeur d'amorce.

Si le système d'exploitation chargé est compatible Plug and Play, il va prendre en main la gestion des ressources du système. Tout périphérique PnP non configuré le sera par le logiciel système approprié ou par le système d'exploitation PnP.

Le système d'exploitation est à présent chargé et a pris le contrôle des ressources système PnP. L'utilisateur peut alors contrôler tout périphérique PnP par l'intermédiaire du gestionnaire de périphériques du système d'exploitation (tel que Windows).

Messages d'erreur du BIOS

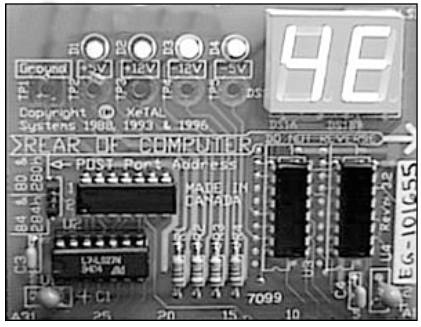
Quand un système PC est mis sous tension, celui-ci exécute le test POST (*Power-On Self Test*, test automatique à la mise sous tension). Si des erreurs se produisent pendant ce test, un message d'erreur s'affiche à l'écran dans la plupart des cas. Il est possible que ces erreurs se produisent avant l'initialisation de la carte vidéo. Dans ce cas, elles ne pourront être signalées à l'écran. Le système utilise alors deux autres moyens pour transmettre le message. Le premier consiste à émettre des bips suivant un certain code selon les erreurs détectées.

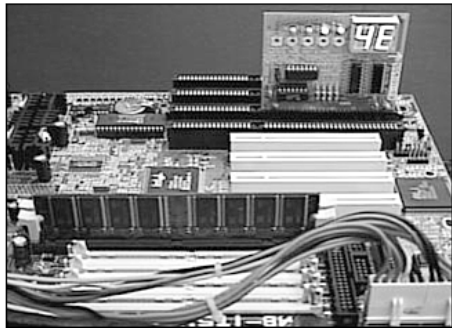
✔ Pour la liste détaillée des codes sonores du POST, voir le Chapitre 19.

L'autre solution consiste à envoyer un code d'erreur hexadécimal vers le port d'entrées/sorties 80h, qui pourra être lu par le biais d'une carte spéciale insérée dans un des connecteurs de bus. Quand le BIOS ROM exécute le POST, dans la plupart des systèmes les résultats de ces tests sont envoyés en continu vers le port d'entrées/sorties 80h afin d'être supervisés par des cartes de diagnostic particulières nommées cartes POST (voir Figure 4.8). On nomme quelquefois ces tests "tests de fabrication" parce qu'ils ont été initialement conçus pour tester les systèmes sur les lignes d'assemblage en l'absence de tout écran vidéo.

Figure 4.8

Carte POST standard avec affichage hexadécimal sur deux chiffres (à gauche) et une carte en action (à droite).





Les cartes POST sont pourvues d'un affichage hexadécimal sur deux chiffres, qui indique le numéro de la routine de test en cours d'exécution. Ce numéro est transmis vers le port sous la forme d'un code numérique hexadécimal avant l'exécution de chaque test. Si le test échoue et plante la machine, le code hexadécimal du dernier test en cours d'exécution reste affiché sur la carte.

De nombreux tests sont exécutés dans un système avant que la carte vidéo ne soit activée, en particulier s'il s'agit d'un écran EGA ou VGA. De nombreuses erreurs peuvent donc se produire avant que le système ne soit en mesure d'afficher leur code *via* le système vidéo. Ces erreurs ne génèrent pas toutes des codes audio ; un système sur lequel se produit ce genre de problème (comme un échec de mémoire dans le banc zéro) pourrait apparaître complètement "mort". Une carte POST disponible dans le commerce suffit souvent pour diagnostiquer le problème.

Ces codes dépendent complètement du BIOS parce que la carte ne fait rien de plus qu'afficher les codes qui lui sont envoyés. Certains BIOS disposent de procédures POST plus détaillées et sont ainsi en mesure d'envoyer des codes plus représentatifs. Les cartes POST sont disponibles auprès de JDR Microdevices ou d'autres sources. Elles existent pour bus ISA et PCI.

Pour signaler les erreurs ne pouvant être affichées à l'écran, la plupart des versions de BIOS émettent également des codes audio qui permettent de diagnostiquer de tels problèmes. Les codes audio sont analogues aux codes POST, mais ils sont reconnus en écoutant le haut-parleur de l'ordinateur plutôt qu'en utilisant une carte spéciale.

Les sections qui suivent détaillent le texte, les codes audio et les codes d'erreur du port d'entrées/sorties 80h pour les versions de BIOS les plus répandues.

Infos

Le DVD-ROM qui accompagne cet ouvrage contient une liste complète des codes d'erreur du BIOS, des messages d'erreur et des codes audio pour les BIOS Phoenix, AMI, Award, Microid Research et IBM.

Messages d'erreur du BIOS au démarrage

Au cours du processus de démarrage, le chargeur d'amorce contenu dans le BIOS de la carte mère lit le premier secteur physique de chaque lecteur ou périphérique amorçable. Il s'agit du cylindre 0, tête 0, secteur 1 en mode CHS ou du bloc logique d'adresse 0 en mode LBA. Le code de ce premier secteur est chargé en RAM et les deux derniers octets sont examinés pour vérifier qu'ils correspondent à la signature 55AAh. Si c'est le cas, cela signifie que le premier secteur contient un MBR valide et que le BIOS peut poursuivre en passant le contrôle au code du MBR.

Si les deux derniers octets ne correspondent pas à 55AAh, le BIOS poursuit sa procédure en vérifiant le premier secteur physique du périphérique amorçable suivant, indiqué dans la séquence de démarrage, jusqu'à ce qu'il trouve un MBR valide ou qu'il n'y ait plus de périphériques. Si aucun MBR valide n'est trouvé, le BIOS déclenche une interruption (18h) qui invoque le code d'affichage d'un message d'erreur. Le texte du message varie selon le fabricant et la version du BIOS.

Messages du BIOS d'IBM

Lorsque aucun MBR valide ou périphérique amorçable n'est trouvé, les systèmes équipés d'un BIOS IBM très ancien affichent l'infâme interpréteur BASIC en ROM :

```
The IBM Personal Computer Basic
Version C1.10 Copyright IBM Corp 1981
62940 Bytes free (62940 octets libres)
OK
```

Certains systèmes d'IBM affichent à l'écran un message graphique semblable à celui de la Figure 4.9. Il signifie "Insérez une disquette dans le lecteur A: et appuyez sur la touche F1".

Messages du BIOS AMI

Lorsque aucun MBR valide ou périphérique amorçable n'est trouvé, les systèmes équipés d'un BIOS AMI affichent le message suivant :

BASIC en ROM d'IBM

Sur la plupart des PC, la configuration de la ROM est identique à celle des ordinateurs IBM originaux avec lesquels ces PC sont compatibles, à l'exception de la partie correspondant à l'interpréteur BASIC en ROM. Cela peut sembler surprenant, mais le PC original d'IBM permettait de brancher un magnétophone à cassettes pour enregistrer des programmes ou des données à partir ou à destination de cassettes audio. Les cassettes audio étaient couramment utilisées à cette époque (y compris par Apple), car les lecteurs de disquettes étaient très chers; de plus, les disques durs n'existaient pas, même en option. Le prix des lecteurs de disquettes a baissé rapidement, et le port de lecteur de cassettes a disparu des ordinateurs IBM ainsi que des modèles compatibles.

Les premiers PC étaient livrés en standard avec 16 Ko de mémoire en configuration de base. Ils ne possédaient pas de lecteur de disquettes; il était donc impossible de charger des fichiers ou de les sauvegarder sur disquette. L'utilisateur pouvait soit écrire ses propres programmes en langage BASIC (*Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code*, code d'instructions symboliques polyvalent pour débutants) soit lancer des programmes écrits par des programmeurs. Un interpréteur de langage BASIC était intégré au BIOS de ces premiers PC. Il était capable de communiquer avec le port de lecteur de cassettes situé à l'arrière de l'ordinateur.

Le plus étrange est qu'IBM a conservé ce système de BASIC en ROM jusqu'au début des années 1990. Sur ces ordinateurs, le BASIC en ROM est une sorte de vestige de la préhistoire informatique, mais il n'a plus aucune raison d'être.

Sur les vieux ordinateurs qui en sont équipés, il est possible d'accéder au BASIC en ROM en désactivant tous les lecteurs. Quand l'ordinateur démarre, il ne trouve pas de disque amorçable et bascule sans autre forme de procès en mode d'affichage BASIC de ROM (millésime 1981).

Beaucoup d'utilisateurs redoutaient par-dessus tout de voir apparaître ce message sur leur écran, car cela signifiait généralement que le disque dur n'avait pas été reconnu! Tous les ordinateurs compatibles ne possédaient pas d'interpréteur de BASIC en ROM; les ingénieurs des fabricants concurrents ont donc dû trouver d'autres messages d'erreur pour les cas de figure où les systèmes IBM font appel au BASIC en ROM. Les ordinateurs compatibles équipés d'un BIOS AMI affichent un message ambigu :

```
NO ROM BASIC - SYSTEM HALTED (pas de BASIC en ROM - système arrêté)
```

```
NO ROM BASIC - SYSTEM HALTED (pas de BASIC en ROM - système arrêté)
```

Ce message d'erreur est plutôt confus car il semble indiquer un problème avec le BASIC en ROM, ce qui n'est évidemment pas le cas! Le BIOS AMI n'intègre pas d'interpréteur BASIC (tout comme aucune autre ROM, excepté celle des très anciennes machines d'IBM) et, au lieu de sauter au code du BASIC ou d'afficher un message pertinent, il présente cette information peu claire. Sa signification est la même que celle de tous les autres messages, à savoir qu'aucun périphérique amorçable contenant un MBR valide n'a été trouvé.

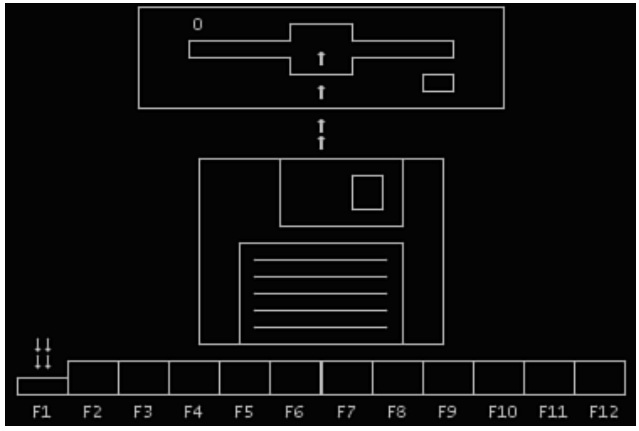


Figure 4.9
Affichage d'un message par le BIOS d'IBM indiquant un MBR invalide.

Messages du BIOS Compaq

Lorsque aucun MBR valide ou périphérique amorçable n'est trouvé, les systèmes équipés d'un BIOS Compaq affichent le message suivant :

```
Non-System disk or disk error (erreur disque ou disque non système)
replace and strike any key when ready (remplacez et appuyez sur une touche pour
continuer)
```

Ce message est également équivoque, car le VBR de DOS/Windows 9x/Me contient exactement le même message qui s'affiche normalement quand les fichiers système sont introuvables ou endommagés. Si vous voyez ce message sur un système Compaq, vous ne pouvez pas savoir si le problème vient du MBR, du VBR ou des fichiers système.

Messages du BIOS Award

Lorsque aucun MBR valide ou périphérique amorçable n'est trouvé, les systèmes équipés d'un BIOS Award affichent le message suivant :

```
DISK BOOT FAILURE, INSERT SYSTEM DISK AND PRESS ENTER (erreur du secteur
d'amorçage, insérez une disquette système et appuyez sur Entrée)
```

Ce message est sans doute le moins confus. Vous n'avez pas besoin d'un décodeur pour savoir ce qu'il signifie.

Messages du BIOS Phoenix

Lorsque aucun MBR valide ou périphérique amorçable n'est trouvé, les systèmes équipés d'un BIOS Phoenix affichent le message suivant :

```
No boot device available (aucun lecteur amorçable disponible)
strike F1 to retry, F2 for setup utility (appuyez sur F1 pour réessayer ou sur F2
pour lancer le Setup)
```

ou celui-ci :

```
No boot sector on fixed disk - (aucun secteur d'amorçage sur le disque dur)
strike F1 to retry, F2 for setup utility (appuyez sur F1 pour réessayer ou sur F2
pour lancer le Setup)
```

Le message affiché dépend du problème : aucun périphérique amorçable n'a été trouvé ou n'est lisible, ou bien le secteur de démarrage a été trouvé mais il ne contient pas la bonne signature.

Messages d'erreur du MBR au démarrage

Si le BIOS a pu lire le MBR et si les octets de signature sont corrects, il passe ensuite le contrôle au code du MBR. Celui-ci vérifie la table des partitions (également présente dans le MBR) en consultant les octets qui indiquent le type d'amorçage au niveau de chacune des quatre entrées de la table des partitions. Ces octets se trouvent respectivement aux adresses 446 (lBEh), 462 (lCEh), 478 (lDEh) et 494 (lEEh) dans le MBR. Ils sont utilisés pour indiquer celle des quatre entrées de la table des partitions possibles, qui contient une partition active à partir de laquelle initialiser l'ordinateur. Si l'un de ces octets contient la valeur 80h, c'est que l'entrée correspondante comprend la partition active. Tous les autres octets doivent contenir la valeur 00h. Conformément aux règles établies par IBM et Microsoft, seules deux possibilités sont autorisées quant aux octets d'indication du démarrage :

- Ils sont tous à 00h, ce qui indique l'absence de partition active (amorçable).
- L'un des octets est à 80h et les trois autres à 00h, ce qui indique qu'une partition est active (amorçable).

Si ces quatre octets ont pour valeur 00h, c'est qu'il n'y a pas de partition active. Dans ce cas, le MBR retourne le contrôle à la ROM de la carte mère, qui doit alors afficher l'un des messages précédents. C'est exactement ce qui arrivera si vous avez supprimé les partitions existantes d'un disque sans en créer de nouvelles ou si vous avez oublié de marquer une partition comme active. Par exemple, lorsqu'on crée plusieurs partitions sur un disque, il est possible d'oublier d'en activer une. Si cela vous arrive, le disque dur n'est pas amorçable et vous devez corriger le problème en démarrant depuis une disquette ou un CD-ROM qui contient un logiciel de partitionnement, comme FDISK ou DISKPART.

Si un seul des octets vaut 80h et les autres 00h (obligatoire pour un bon démarrage de l'ordinateur), le système poursuit la procédure en chargeant le VBR depuis la partition active.

Table des partitions invalide

Toute autre configuration des octets d'indication de démarrage est interdite et signale que la table des partitions est corrompue. Le code de MBR génère alors un message d'erreur et s'arrête. Par exemple, si plusieurs octets contiennent la valeur 80h (ce qui indique que plusieurs partitions sont actives) ou si certains contiennent une valeur qui n'est ni 80h ni 00h, l'ordinateur affiche le message suivant :

```
Invalid partition table (table des partitions invalide)
```

Lorsque vous voyez ce message, essayez de redémarrer à partir d'un autre média ou d'un lecteur différent, et tentez d'accéder aux données sur le lecteur incriminé. Selon le degré de corruption de la table des partitions, du MBR ou des autres secteurs du disque, il sera peut-être plus facile de recommencer à zéro et de recréer toutes les partitions (en perdant les données qu'elles contiennent) ou d'essayer les options de récupération des données si vous n'avez pas de sauvegarde.

Erreur de chargement du système d'exploitation

Lorsque le code du MBR a passé le contrôle des octets de signature et que l'une des partitions a été marquée active (amorçable), le code du MBR poursuit en examinant les informations suivantes dans la table des partitions active afin de déterminer l'emplacement du secteur de démarrage pour la partition active. L'emplacement du secteur de démarrage est une adresse de secteur indiqué par les valeurs CHS (cylindre/tête/secteur) et LBA (adresse de bloc logique). La valeur CHS est utilisée pour les disques de capacité égale ou inférieure à 8,4 Go. La valeur LBA est employée avec les disques de capacité supérieure à 8,4 Go (tous les disques actuels). Le premier secteur d'une partition contient le VBR (*Volume Boot Record*), également appelé *enregistrement de démarrage du système d'exploitation* car il est installé sur le disque pendant le processus de formatage de la partition du système d'exploitation. Une fois l'adresse VBR de la partition active déterminée, le code du MBR peut lire ce secteur à partir du disque.

Si le VBR de la partition active ne peut pas être lu correctement à cause d'une erreur de lecture (problèmes physiques avec le disque), une suite de cinq tentatives est déclenchée. Si après toutes ces tentatives, le VBR ne peut toujours pas être lu, le message suivant s'affiche et le système s'arrête :

```
Error loading operating system (erreur de chargement du système d'exploitation)
```

Ce message est mauvais signe. Il indique généralement des problèmes physiques avec le disque. Cependant, il peut également apparaître lorsque les paramètres du disque sont incorrects dans la configuration du BIOS ou si l'emplacement du secteur VBR indiqué dans la table des partitions du MBR est invalide.

Si vous recevez ce message, commencez par vérifier la configuration des disques dans le BIOS afin d'être certain qu'elle est correcte. Vérifiez ensuite les entrées de la table des partitions. Enfin, lancez un test de diagnostic du disque lui-même. Si le disque est défectueux ou fonctionne mal et si vous devez récupérer des données, adressez-vous à un professionnel de la récupération des données.

Système d'exploitation manquant

Si le code du MBR a réussi à charger le VBR sans erreurs de lecture, il vérifie les deux derniers octets du VBR afin de trouver la signature 55AAh. Si elle est absente, le message d'erreur suivant s'affiche et le système s'arrête :

```
Missing operating system (système d'exploitation manquant)
```

Cela peut se produire si, par exemple, vous venez de créer la partition et si vous n'avez pas encore effectué un formatage de haut niveau. Cela signifie que la partition n'a pas encore été formatée par le système d'exploitation ou que celui-ci n'est pas encore installé.

5 La mémoire

Au sommaire de ce chapitre

- Principes de base de la mémoire
- SDRAM
- SDRAM DDR
- SDRAM DDR2
- SDRAM DDR3
- RDRAM
- Mémoire physique
- SIMM, DIMM et RIMM
- Brochage des DIMM DDR2
- Brochage des DIMM DDR3
- Déterminer la taille et les caractéristiques d'un module
- Bancs de mémoire
- Vitesse des barrettes de mémoire
- Parité et ECC (code de correction d'erreurs)
- Contrôle de parité
- Installation d'extensions de la mémoire RAM
- Choix et installation de la mémoire
- Installation de modules mémoire
- Installer des SIMM
- Dépannage

Principes de base de la mémoire

Ce chapitre présente la mémoire tant d'un point de vue logique que physique. Nous commencerons par examiner ce qu'est la mémoire, sa place dans l'architecture du PC et son fonctionnement. Ensuite, nous étudierons les différents types de mémoires, leurs vitesses et le conditionnement des modules que vous pouvez acheter et installer vous-même.

L'agencement de la mémoire, les différentes zones et leurs utilisations seront également abordés. La cartographie de la mémoire et sa composition logique demeurent certainement le sujet le plus difficile à appréhender dans l'univers des PC. Ce chapitre contient une quantité d'informations utiles pour éliminer les mystères qui entourent la mémoire et tirer le meilleur parti de votre ordinateur.

La *mémoire* est la zone de travail de l'ordinateur. C'est une zone de stockage temporaire dans laquelle les programmes et les données doivent se trouver. Ces données et ces programmes n'y restent que si l'ordinateur est maintenu sous tension et que le système n'est pas relancé. Avant ces opérations, on devra copier tout ce qui a été modifié sur une unité de stockage permanent, habituellement un disque dur, avant d'éteindre la machine. De cette façon, on pourra charger de nouveau les programmes et les données.

La mémoire est souvent appelée RAM (*random access memory*, mémoire à accès aléatoire, par opposition à mémoire séquentielle) ou mémoire vive parce qu'on peut y accéder rapidement. Ce terme prête quelque peu à confusion et est souvent l'objet d'une mauvaise interprétation. La mémoire ROM (*read only memory*, mémoire en lecture seule), par exemple, est également une mémoire à accès aléatoire, mais elle se différencie de la mémoire RAM par le fait d'être en lecture seulement. Il est impossible d'y écrire quoi que ce soit. Même si un disque dur peut être employé comme mémoire à accès aléatoire, il n'est pas considéré comme de la RAM.

Au fil des années, la définition du terme RAM s'est modifiée. Il s'agissait au début d'un simple sigle, mais à l'heure actuelle ce terme représente l'espace de mémoire principal utilisé par le processeur pour exécuter des programmes. Cette mémoire repose sur un type de puce nommée DRAM (*dynamic RAM*). La particularité des puces DRAM (et donc de la RAM en général) est de stocker les données dynamiquement, ce qui signifie deux choses : d'abord que l'information peut être réécrite dans la RAM autant de fois qu'on le désire, et cela à tout moment, et deuxièmement que la mémoire DRAM doit être rafraîchie (réécrite) toutes les quelques millisecondes. La RAM statique (SRAM) n'exige pas de rafraîchissement. L'une des caractéristiques les plus importantes de la RAM est que les données ne sont conservées que pendant la durée du fonctionnement de l'ordinateur.

Infos

Les mémoires DRAM et SRAM conservent leur contenu tant que l'ordinateur est alimenté. En revanche, la mémoire flash garde ses données même lorsque l'alimentation est coupée. Ce type de mémoire est très répandu dans les appareils photo numériques, les lecteurs multimédias et les clés USB. Du point de vue du PC, un périphérique à mémoire flash émule un disque (non de la RAM) et l'accès se fait au travers d'une lettre de lecteur, comme n'importe quel autre disque ou lecteur optique.

Quand on parle de la mémoire d'un ordinateur, il s'agit habituellement de la RAM ou mémoire physique. C'est là que se trouvent le programme actif et ses données. Le mot *stockage* ne devrait être utilisé que pour désigner les unités de disque ou de bande magnétique (bien qu'elles puissent être utilisées comme une sorte de RAM nommée mémoire virtuelle).

La RAM peut désigner à la fois les modules électroniques qui composent la mémoire de l'ordinateur et l'organisation logique de celle-ci. Cette organisation précise comment les adresses mémoire sont liées aux composants physiques et quels types d'informations sont rangés à ces adresses.

Ceux qui ne sont pas des familiers de l'informatique confondent souvent la mémoire vive (RAM) et la mémoire disque, car toutes les deux ont une capacité qui s'exprime en mégaoctets (Mo) ou gigaoctets (Go). La meilleure image que l'on puisse trouver pour expliquer la différence entre mémoire vive et mémoire disque est d'imaginer un bureau avec une table et une armoire.

Dans cette analogie simple, l'armoire est le disque dur dans lequel les programmes et les données sont archivés pour une longue période. La mémoire vive est représentée par la table sur laquelle l'employé (tenant le rôle de l'ordinateur) met les dossiers directement accessibles. Les dossiers représentent les programmes et les documents qu'il est possible de "charger" dans la mémoire. Pour travailler sur un dossier, il faut d'abord aller le chercher dans l'armoire et le mettre sur la table. Si la table est assez grande, on peut y poser plusieurs dossiers en même temps; de la même façon, si votre ordinateur a beaucoup de mémoire, vous pouvez activer plus de programmes ou des programmes plus volumineux, et vous pouvez travailler sur plus de documents ou sur des documents plus importants.

Ajouter de la capacité disque revient à mettre une armoire plus grande dans le bureau; on peut alors stocker plus de dossiers. Ajouter plus de mémoire à un système revient à agrandir la table, afin de travailler simultanément sur un plus grand nombre de programmes.

Il existe cependant une différence entre cet exemple et la manière de travailler de l'ordinateur. Le chargement d'un fichier en mémoire est, en fait, une copie. L'original reste sur le disque. Les fichiers qui ont été modifiés après le chargement doivent être sauvegardés de nouveau sur le disque dur avant l'arrêt du système et l'effacement de la mémoire. Si un fichier modifié n'est pas sauvegardé, la copie d'origine ne subit pas de modification. Cela revient à dire que les modifications apportées aux dossiers laissés sur la table sont abandonnées quand le bureau est fermé. Mais les dossiers originaux sont encore dans l'armoire.

La mémoire accueille temporairement les programmes avec les données qu'ils utilisent pendant leur exécution. La mémoire RAM est quelquefois appelée *mémoire volatile* ou *mémoire non rémanente*, car en cas d'arrêt volontaire de l'ordinateur ou de coupure de courant tout ce qui est en mémoire est perdu, à moins d'avoir enregistré le travail sur le disque dur.

Du fait de la nature volatile de la RAM, les utilisateurs avisés ont l'habitude de sauvegarder fréquemment leur travail. Certaines applications logicielles peuvent faire des sauvegardes automatiques régulières.

Sur le plan matériel, la *mémoire principale* de l'ordinateur est constituée de puces ou de modules connectés à la carte mère. Ces composants peuvent être de types différents. Pour un fonctionnement correct, ils doivent être compatibles avec le système sur lequel ils sont installés. Les différents types de modules seront examinés dans ce chapitre.

Selon le nombre et le type des modules mémoire que vous achetez, le coût de la mémoire de votre PC variera. En général, on dépense autant d'argent pour la carte mère que pour la mémoire, c'est-à-dire entre 50 $ et 150 $.

Avant son effondrement spectaculaire au milieu de l'année 1996, le prix de la mémoire était constant depuis de nombreuses années, soit environ 45 $ le mégaoctet. Une configuration classique de 16 Mo coûtait donc à l'époque plus de 500 $. Ces prix élevés attiraient tellement l'attention que des fabricants de barrettes de mémoire ont subi plusieurs vols à main armée. Ces attaques avaient trois motifs : la mémoire avait de la valeur, la demande était élevée et les puces ou les modules dérobés

étaient impossibles à identifier. À la suite de cette recrudescence de vols, les fabricants ont engagé des gardiens armés et ont renforcé les procédures de sécurité.

À la fin de 1996, les prix ont baissé considérablement, jusqu'à près de 3 $ le mégaoctet. Cela correspond à une variation de 10 à 1 en moins d'une année. Les prix ont continué à chuter pour atteindre 0,53 $ environ par mégaoctet en 1997. Mais en 1998, il s'est ensuivi une grave pénurie et les prix ont rapidement quadruplé. Le principal responsable de cette crise était Intel et le Rambus, avec l'obligation des constructeurs de supporter un nouveau type de mémoire appelé Rambus DRAM (RDRAM). Il en résulta une pénurie des modules SDRAM si populaires. Pour couronner le tout, un tremblement de terre à Taïwan accentua encore la pénurie et l'augmentation des prix.

Depuis lors, les choses se sont arrangées, et si les prix ont retrouvé leurs valeurs les plus basses – de l'ordre de 0,05 $ par mégaoctet –, l'année 2001 a tout particulièrement été désastreuse pour l'industrie des semi-conducteurs, qui a subi de plein fouet l'effondrement des sociétés "dot.com" et les événements mondiaux. Les prix sont descendus en dessous de leur niveau de l'année précédente, forçant certaines entreprises à fusionner ou même à cesser leur activité.

Mais si la mémoire est moins chère que jamais, sa durée de vie est devenue beaucoup plus courte. Chaque mois, de nouveaux types de mémoires sont disponibles. Un système nouveau n'acceptera pas la même mémoire que celle de votre machine actuelle. Cela signifie que, lors d'une réparation ou d'une mise à niveau, vous devez changer la mémoire si vous changez la carte mère. La probabilité de pouvoir réutiliser la mémoire lors d'un changement de carte mère est très faible.

Pour toutes ces raisons, il est important de connaître tous les types de mémoires disponibles actuellement sur le marché. Ainsi, vous pourrez mieux décider lesquels sont adaptés à chaque système et préparer les futures réparations et mises à niveau.

Pour vous familiariser avec les différents types de mémoires, il est nécessaire de voir où et comment la mémoire s'intègre dans le système. Les trois principaux types de mémoires installés sur les PC modernes sont :

- ROM (*read only memory*, mémoire en lecture seule);
- DRAM (*dynamic random access memory*, mémoire à accès aléatoire dynamique);
- SRAM (*static random access memory*, mémoire à accès aléatoire statique).

Le seul type de mémoire que vous devez normalement acheter et installer dans un système est la DRAM. Les autres sont intégrés à la carte mère (ROM), au processeur (SRAM) et aux autres composants, comme la carte vidéo, les disques durs, etc.

ROM

La mémoire ROM (*read only memory*, mémoire en lecture seule) est un type de mémoire capable de stocker des données de façon permanente ou semi-permanente. Elle est souvent appelée mémoire *en lecture seule*, car il est difficile, voire impossible, d'écrire dessus. On l'appelle aussi quelquefois *mémoire non volatile*, car les données enregistrées y restent, même si l'ordinateur est arrêté. C'est pour cette raison que la ROM est un emplacement idéal pour mettre les instructions de démarrage du système, c'est-à-dire le programme d'*amorçage*.

Remarquez que la ROM et la RAM ne sont pas deux formes de mémoires concurrentes, il s'agit simplement de deux types différents de mémoires. En fait, la ROM est techniquement un sous-ensemble de la RAM. En d'autres termes, une partie de l'espace de mémoire RAM est allouée à une ou plusieurs puces de mémoire ROM. Cela est nécessaire pour accueillir le logiciel indispensable à l'amorçage du PC. Sinon l'ordinateur ne démarrerait pas et la mémoire resterait inopérante après la mise sous tension.

✔ Voir la section "BIOS de la carte mère", p. 293.

Le BIOS se trouve dans une puce ROM sur la carte mère. Il existe aussi des cartes d'extension possédant des mémoires ROM. Ces mémoires contiennent des modules de programme complémentaires et des pilotes, en particulier pour les adaptateurs qui doivent être actifs au démarrage, comme les cartes vidéo. Les autres cartes n'ont pas de ROM. Les pilotes qui leur sont nécessaires sont chargés à partir du disque dur lors du déroulement du programme de démarrage.

✔ Voir la section "Mise à jour du BIOS", p. 308.

La plupart des systèmes actuels utilisent un type de ROM appelé EEPROM (*electrically erasable programable ROM*, ROM programmable effaçable électriquement), une forme de mémoire flash. La mémoire flash est une véritable mémoire non volatile et réinscriptible, permettant aux utilisateurs de mettre à niveau très facilement la ROM, le firmware de la carte mère ou tout autre composant (carte vidéo, carte SCSI, périphériques, etc.).

DRAM

La DRAM (*dynamic RAM*, RAM dynamique) est le type de mémoire qu'utilisent la plupart des PC modernes. Les points forts de la DRAM sont sa densité et son faible coût, ce qui la rend abordable pour des tailles importantes de mémoire.

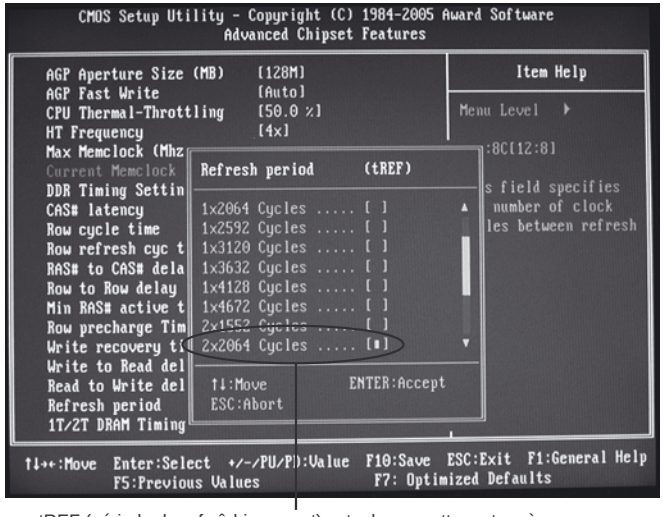
Les éléments de base d'un module DRAM sont de minuscules condensateurs qui emmagasinent la charge correspondant à une donnée binaire. Le problème de la DRAM est qu'elle est dynamique – son contenu peut être changé. À chaque frappe sur le clavier ou chaque clic de souris, son contenu change. Par ailleurs, toutes les données qu'elle contient peuvent disparaître en cas de crash du système. Du fait de sa conception, elle doit constamment être régénérée, sinon les condensateurs se vident et les données se perdent. Le rafraîchissement se produit quand le contrôleur mémoire accède aux rangées de données pendant un très court instant. La plupart des systèmes disposent d'un contrôleur de mémoire (dans le North Bridge ou sur le processeur pour les Athlon 64 et Opteron d'AMD) qui établit un intervalle de rafraîchissement standard de 15 ms. Ce qui veut dire que toutes les données sont rafraîchies dans un délai de 15 ms.

✔ Voir la section "Chipsets", p. 135.

Le rafraîchissement de la mémoire se fait malheureusement au détriment des autres tâches. Dans les anciens PC, cela représentait environ 10 % du temps du processeur. Dans les machines récentes qui tournent à plusieurs gigahertz, cette opération prend moins de 1 % du temps du processeur. Certains

systèmes permettent de modifier le cycle de rafraîchissement mémoire *via* un paramètre du Setup dans le BIOS. Le temps entre les cycles de rafraîchissement se nomme *tREF* et ne s'exprime pas en millisecondes mais en cycles d'horloge (voir Figure 5.1).

Figure 5.1
La période de rafraîchissement et les autres paramètres de la mémoire peuvent être ajustés manuellement dans le programme de configuration du BIOS.



tREF (période de rafraîchissement) actuel pour cette carte mère

Il faut être très prudent, car si on allonge le délai entre les cycles de rafraîchissement pour accélérer le système, certaines cellules de mémoire peuvent commencer à perdre l'information, ce qui entraîne des erreurs non consécutives à une cause matérielle.

Une *erreur logicielle* est une erreur dans les données qui ne provient pas d'une puce défectueuse. Pour éviter ces erreurs, il est plus sage de maintenir le délai de rafraîchissement recommandé ou celui par défaut. Puisque le rafraîchissement n'occupe que moins de 1 % de la bande passante des systèmes modernes, les conséquences sur les performances ne sont pas sensibles. En général, il vaut mieux utiliser les paramètres par défaut ou automatiques de fréquence de la mémoire dans le Setup du BIOS. Beaucoup de systèmes modernes ne permettent pas de modifier les paramètres de fréquence de la mémoire et sont définis en permanence sur les paramètres automatiques. Dans ce cas, la carte mère lit les paramètres à partir de la ROM SPD (*Serial Presence Detect*) du module de mémoire et adapte la vitesse de cycle.

Les DRAM n'ont qu'un transistor et un condensateur par bit, ce qui les rend très compactes. Les modules DRAM offrent des volumes de 2 Gbits, ce qui représente 1 milliard de transistors sur une puce ! En comparaison, le Core 2 Duo avec ses 291 millions de transistors fait pâle figure. La différence est que dans une puce de mémoire, les composants sont rangés suivant une structure de grille simple, alors que dans un processeur les circuits sont très complexes et de structure différente.

Le transistor de chaque cellule élémentaire lit l'état du condensateur qui lui est attaché. S'il est chargé, la cellule est à 1, sinon elle est à 0. Dans ces condensateurs minuscules, la charge ne se main-

tient que par un rafraîchissement très fréquent. Une microcoupure ou une interférence sur le cycle de rafraîchissement peuvent suffire à provoquer une perte de la charge et la destruction de la donnée. Si elles surviennent sur un système en fonctionnement, cela peut mener à un "écran bleu", des erreurs de protection globale, des corruptions de fichiers ou tout autre type de blocage du système.

La mémoire DRAM est utilisée dans les PC parce qu'elle est dense, bon marché et qu'elle occupe peu de place. Malheureusement, la DRAM est plus lente que le processeur. C'est pour cette raison que l'on a recherché différentes organisations de DRAM pour en accélérer le fonctionnement. Ces architectures sont étudiées plus loin dans ce chapitre.

Mémoire cache : SRAM

Il existe un autre type de mémoire sensiblement plus rapide que la plupart des autres types de DRAM. Il s'agit de la *SRAM* (*static RAM*, RAM statique). La mémoire SRAM doit son nom au fait que, contrairement à la DRAM, elle n'a pas besoin d'être rafraîchie. Par sa conception, ce type de mémoire est plus rapide que la DRAM et tout à fait en mesure de s'intégrer dans les PC modernes.

La mémoire SRAM est disponible avec des temps d'accès de 2 ns ou moins, ce qui lui permet de s'adapter à des processeurs fonctionnant à 500 MHz ou plus. Ces performances s'expliquent par la conception de la SRAM, qui utilise un groupe de six transistors par bit de stockage. L'emploi de transistors à la place des condensateurs a éliminé le rafraîchissement nécessaire avec la DRAM, dont les condensateurs se déchargeaient si la mémoire n'était pas rafraîchie. Tant qu'elle est sous tension, la SRAM conserve ses données. Avec de telles caractéristiques, pourquoi ne pas utiliser de la SRAM dans tous les systèmes informatiques ? La réponse à cette question est simple et tient à différents facteurs.

Comparée à la DRAM, la SRAM est plus rapide, mais de faible densité et de coût élevé (voir Tableau 5.1). La faible densité explique que les puces soient plus grandes tout en stockant moins d'information. Le grand nombre de transistors et leur organisation en groupes de six expliquent que ce type de mémoire soit plus coûteux à produire que les puces de DRAM. Une puce de DRAM de 64 Mo correspond physiquement en taille et en coût à une puce de SRAM de 2 Mo. Pratiquement, une puce de SRAM est 30 fois plus grosse et plus chère qu'une puce de DRAM équivalente. Ce sont ces éléments qui ont empêché la SRAM de trouver sa place dans les PC.

Tableau 5.1 : Comparaison entre DRAM et SDRAM

Type	Fréquence	Densité	Coût
DRAM	Lente	Haute	Bas
SRAM	Rapide	Faible	Élevé

Bien que la SRAM soit trop onéreuse pour être utilisée comme mémoire principale du PC, les concepteurs de PC ont trouvé le moyen d'augmenter considérablement les performances de leurs

machines grâce à ce type de puce. Plutôt que de remplacer la totalité de la RAM par de la mémoire SRAM dont la vitesse est comparable à celle du processeur, il est beaucoup plus rentable d'introduire une petite quantité de mémoire SRAM qui jouera le rôle d'intermédiaire. Cette mémoire est nommée *cache* ou *mémoire cache*. Elle fonctionne à une fréquence avoisinant celle du processeur et c'est directement dans cette mémoire que le processeur effectue des opérations de lecture et d'écriture. Au cours des opérations de lecture, la mémoire cache très rapide est alimentée par avance avec les données en provenance de la DRAM plus lente. Pour convertir un temps d'accès de nanosecondes en mégahertz, utilisez la formule ci-après :

1 / nanosecondes × 1000 = mégahertz

De la même façon, pour convertir des mégahertz en nanosecondes, utilisez la formule inverse :

1 / mégahertz × 1000 = nanosecondes

La mémoire opère aujourd'hui à des fréquences supérieures à 1 GHz (1 ns), mais jusqu'à la fin des années 1990, la DRAM était limitée à environ 60 ns (16 MHz). Tant que les PC tournaient à 16 MHz, il était possible à la mémoire de s'intégrer parfaitement dans les ordinateurs sans être épaulée par de la mémoire cache. Depuis que la barrière des 16 MHz a été franchie, l'harmonie a été rompue, et c'est à ce moment-là que la mémoire SRAM a fait son apparition. C'était vers 1986-1987, avec les premiers PC 386 cadencés à 16 ou 20 MHz. À ce moment-là, les PC ont commencé à utiliser ce qu'on appelle de la *mémoire cache*, c'est-à-dire une mémoire tampon très rapide, de type SRAM, qui alimente directement le processeur. Puisque le cache opère à la vitesse du processeur, il sert de tampon entre le processeur et la DRAM lente du système. Le contrôleur du cache anticipe les besoins en mémoire du processeur et précharge des données dans la mémoire cache ultrarapide. Ensuite, lorsque le processeur accède à une adresse mémoire, les données correspondantes peuvent être prises dans le cache à la place de la mémoire principale plus lente.

L'efficacité de la mémoire cache s'exprime par un taux de réussite (ou taux d'anticipations pertinentes). Il s'agit du nombre de réponses pertinentes du cache par rapport au nombre total d'accès en mémoire. Ce fait se produit lorsque les données qui sont nécessaires au processeur ont été préchargées dans le cache depuis la mémoire vive, de façon que celui-ci puisse les lire directement à partir de la mémoire cache. Une *absence* se produit lorsque le contrôleur de la mémoire cache n'a pas anticipé le besoin d'une adresse spécifique. La donnée souhaitée n'a donc pas été préchargée dans le cache et le processeur doit l'extraire de la mémoire vive, qui est plus lente. Lorsque le processeur doit lire des données dans la mémoire vive, un temps d'attente est nécessaire, car les cycles de cette mémoire sont plus lents que ceux du processeur. Si, avec une mémoire cache intégrale sur la matrice, le processeur tourne à 3,6 GHz (3600 MHz) sur un bus à 800 MHz, le cycle du processeur et de la mémoire cache est de 0,28 ns. Celui de la mémoire vive est, quant à lui, cinq fois plus lent avec de la DDR2 à 800 MHz (1,25 ns). Donc, chaque fois que le processeur à 3,6 GHz se voit dans l'obligation d'extraire des données de la mémoire vive, il doit ralentir à 800 MHz ! Pour obtenir ce ralentissement, le processeur exécute des *états d'attente*. Ce sont des cycles au cours desquels il ne se passe rien. Le processeur attend que la mémoire vive lui transmette la donnée désirée. Naturellement, il est préférable que le processeur ralentisse le moins possible. L'importance de la mémoire cache s'accroît donc proportionnellement avec la vitesse du système.

Pour éviter au maximum le recours à la mémoire vive, il existe deux ou trois niveaux de mémoire cache dans les ordinateurs récents. Il s'agit de la mémoire cache de niveau 1 (L1), de niveau 2 (L2) et de niveau 3 (L3). La mémoire cache L1 est également nommée *mémoire interne*, car elle est directement intégrée au processeur et fait partie de la pastille de circuit imprimé du processeur. De ce fait, la mémoire cache L1 s'exécute toujours à la même vitesse que le noyau du processeur et représente donc le cache le plus rapide sur tous les systèmes. Tous les 486 et les processeurs suivants intègrent une mémoire cache de niveau 1, ce qui les rend sensiblement plus rapides que leurs prédécesseurs. La mémoire cache L2 est également nommée *mémoire externe*, car elle est externe à la puce du processeur. À l'origine, cela signifiait qu'elle était installée sur la carte mère, comme c'était le cas avec tous les systèmes de type 386, 486 et la première génération de Pentium. Sur ces ordinateurs, la mémoire cache L2 fonctionne à la vitesse de la carte mère, car elle est installée sur cette dernière. Sur les Pentium et les systèmes plus récents, elle se trouve généralement à proximité immédiate du support du processeur.

✔ Voir la section "Fonctionnement du cache", p. 53.

Pour accroître les performances, les processeurs récents d'Intel et AMD incorporent la mémoire cache de niveau 2 au processeur. Dans tous les processeurs depuis la fin 1999 (et même sur certains modèles antérieurs), le cache L2 était directement intégré comme composant de la pastille du processeur, comme le cache L1. Dans les puces avec cache L2 sur la pastille du processeur, le cache travaille à la même vitesse que le processeur : il est donc bien plus efficace qu'auparavant. À l'inverse, les processeurs d'avant la fin 1999 comprenaient un cache L2 séparé de la pastille du processeur, sous la forme d'une pastille ou d'une puce distincte, logée dans le boîtier du processeur. Ces caches L2 ne fonctionnaient qu'à une vitesse égale à la moitié ou au tiers de celle du noyau du processeur. Puisque la rapidité du cache est très importante, les systèmes dont le cache L2 se trouve sur la carte mère étaient les plus lents. Lorsqu'on l'a intégré au processeur, les performances se sont améliorées, mais en le plaçant directement au cœur du processeur (et non sous forme de puces à côté de la pastille), elles ont encore fait un bond en avant.

Depuis 2001, un troisième niveau de cache est présent sur les processeurs destinés aux stations de travail et aux serveurs. Le premier processeur pour ordinateurs de bureau à disposer d'un cache L3 a été le Pentium 4 Extreme Edition. Cette puce haut de gamme présentée en 2003 avait un cache L3 de 2 Mo directement sur la matrice. À ce moment-là, si la généralisation du cache L3 semblait évidente, il s'est ensuite avéré que le cache L3 a disparu des processeurs Pentium 4 Extreme Edition (ainsi que son successeur, le Pentium Extreme Edition). À la place, des caches L2 de plus grande taille ont été employés. Bien que le cache L3 puisse revenir dans les futurs processeurs, la tendance actuelle est à utiliser la place disponible pour ajouter d'autres cœurs et des caches L2 plus vastes.

Le meilleur moyen, pour comprendre comment sont placées la mémoire cache et la mémoire vive, est d'observer l'architecture globale du système. Le Chapitre 3 propose plusieurs diagrammes illustrant des systèmes récents avec différents types de mémoires cache. Le Tableau 5.2 illustre le besoin et le fonctionnement d'une mémoire cache dans des systèmes modernes.

La mémoire cache fonctionnait, à l'origine, en mode *asynchrone*, c'est-à-dire qu'elle ne tournait pas à la même vitesse que le processeur ou n'était pas synchronisée avec celui-ci. Avec le chipset 430FX, au début de l'année 1995, est apparu un nouveau type de cache synchrone. Cela suppose que les puces fonctionnent à la même vitesse que le bus du processeur. Une fonction appelée *mode rafale (Burst) à pipeline* est également apparue à cette époque. Elle réduisait le nombre de cycles d'attente en offrant des accès sur un seul cycle pour les transferts multiples, une fois le premier effectué. L'association de la synchronisation et du mode rafale à pipeline apporte une amélioration de 20 % des performances générales de l'ordinateur, ce qui n'est pas négligeable.

Le contrôleur de mémoire cache est intégré soit dans la puce North Bridge du chipset pour le Pentium et les systèmes moins puissants, soit dans le processeur lui-même pour le Pentium II, l'Athlon et les systèmes plus récents. C'est le contrôleur de mémoire cache qui détermine les possibilités de la mémoire cache. Certains contrôleurs limitent la quantité de mémoire qui peut être mise en cache. Quelquefois, cette limite est relativement basse. La plupart des chipsets de la classe Pentium originale, 430FX/VX/TX, ne vont pas au-delà des premiers 64 Mo. Si vous ajoutez de la mémoire au-delà de ces 64 Mo, vous pourrez ressentir un ralentissement, car toutes les données placées après ces premiers 64 Mo ne sont jamais transférées dans le cache et subissent donc les temps d'attente liés à la DRAM plus lente. Selon le logiciel que vous utilisez et l'emplacement des données en mémoire, cette limite peut avoir une grande importance. Par exemple, les systèmes d'exploitation Windows 32 bits se chargent en fin de mémoire. Avec 96 Mo, le système ira se charger au-delà des 64 Mo dans la zone qui ne peut bénéficier du cache. Il s'ensuit une dégradation sérieuse des performances, qui ne trouve sa solution qu'en enlevant la mémoire excédentaire. Il est imprudent d'installer plus de mémoire RAM que n'en peuvent gérer votre chipset ou votre processeur. Cette limite n'affecte plus les systèmes modernes à base de Pentium III ou de processeurs plus récents, car toute la mémoire est concernée par le cache.

Tableau 5.2 : Relations entre les caches L1 (interne) et L2 (externe) dans les systèmes modernes

Type processeur	Pentium	Pentium Pro	Pentium II	AMD K6-2	AMD K6-3
Vitesse processeur	233 MHz	200 MHz	450 MHz	550 MHz	450 MHz
Vitesse cache L1	4,3 ns (233 MHz)	5,0 ns (200 MHz)	2,2 ns (450 MHz)	1,8 ns (550 MHz)	2,2 ns (450 MHz)
Taille cache L1	16 K	32 K	32 K	64 K	64 K
Type cache L2	Sur carte	Sur puce	Sur puce	Sur carte	Sur pastille
Rapport cache L2/noyau	–	1/1	1/2	–	1/1
Vitesse cache L2	15 ns (66 MHz)	5 ns (200 MHz)	4,4 ns (225 MHz)	10 ns (100 MHz)	2,2 ns (450 MHz)
Taille cache L2	–	256 K	512 K	–	256 K
Bande passante du bus processeur	533 Mo/s	533 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s	800 Mo/s
Vitesse bus mémoire	60 ns (16 MHz)	60 ns (16 MHz)	10 ns (100 MHz)	10 ns (100 MHz)	10 ns (100 MHz)

1. 4 Mo de cache L2 au total, 2 Mo par cœur.
2. 8 Mo de cache L2 au total, 4 Mo par cœur.

Les chipsets pour le Pentium Pro et plus récents ne contrôlent pas le cache L2, celui-ci ayant été déplacé dans le processeur. Ainsi, avec le Pentium Pro et au-delà, c'est le processeur qui définit les limites de cache. Avec le Pentium Pro et certains processeurs plus anciens, seuls les 512 premiers mégaoctets de l'espace d'adressage peuvent aller dans le cache. Les Pentium II peuvent prendre en compte jusqu'à 4 Go, tandis que les Pentium III et plus récents atteignent la limite supérieure de 64 Go. C'est plus que le maximum de mémoire RAM pris en charge par n'importe quel chipset.

Le Tableau 5.2 présente l'évolution du cache et de la mémoire principale depuis la première génération de Pentium. Remarquez en particulier le déplacement du cache L2 et son agrandissement. Par ailleurs, la vitesse du processeur a également énormément augmenté, en parallèle de celle du cache, de la mémoire et du bus.

Types de RAM et performances

Parfois on peut confondre les notions de vitesse et de performance, car la vitesse de la mémoire est habituellement exprimée en nanosecondes (ns) alors que celle du processeur s'exprime en mégahertz (MHz) ou en gigahertz (GHz). Pour ajouter à la confusion générale, la vitesse de quelques-uns des types de mémoires les plus récents et les plus rapides est exprimée en mégahertz. Par chance, il est possible de convertir une unité en l'autre.

Une *nanoseconde* représente le milliardième d'une seconde. Pour illustrer cela, prenons un exemple. La vitesse de la lumière est de 299,792 km/seconde, elle parcourt donc 29,98 cm en un milliardième de seconde, distance inférieure à la longueur d'une règle classique !

Les fréquences des puces et de l'ordinateur sont exprimées en mégahertz (MHz), ce qui représente des millions de cycles par seconde, ou en gigahertz (GHz), ce qui représente des milliards de cycles par seconde. À l'heure actuelle, les processeurs fonctionnent entre 2 et 4 GHz, mais l'amélioration

Pentium III	Athlon	Athlon XP	Pentium 4	Athlon 64 X2	Core 2 Duo	Core 2
1,4 GHz	1,4 GHz	2,2 GHz	3,8 GHz	3 GHz	2,66 GHz	2,93 GHz
0,71 ns (1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)	0,26 ns (3,8 GHz)	0,33 ns (3 GHz)	0,37 ns (2,66 GHz)	0,34 ns (2,93 GHz)
32 K	128 K	128 K	20 K	256 K	64 K	64 K
Sur pastille	Sur pastille	Sur pastille	Sur pastille	Sur pastille	Sur pastille	Sur pastille
1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
0,71 ns (1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)	0,26 ns (3,8 GHz)	0,33 ns (3 GHz)	0,37 ns (2,66 GHz)	0,34 ns (2,93 GHz)
512 K	256 K	512 K	2 M	2 M	4 M[1]	8 M[2]
1066 Mo/s	2133 Mo/s	3200 Mo/s	6400 Mo/s	4000 Mo/s	8533 Mo/s	8533 Mo/s
7,5 ns (133 MHz)	3,8 ns (266 MHz)	2,5 ns (400 MHz)	1,25 ns (800 MHz)	2,5 ns (400 MHz)	0,94 ns (1066 MHz)	0,94 ns (1066 MHz)

Tableau 5.3 : Relations entre vitesse d'horloge (MHz) et durée de cycle (ns)

Vitesse d'horloge	Durée de cycle	Vitesse d'horloge	Durée de cycle	Vitesse d'horloge	Durée de cycle
4,77 MHz	210 ns	450 MHz	2,2 ns	1 900 MHz	0,53 ns
6 MHz	167 ns	466 MHz	2,1 ns	2 000 MHz	0,50 ns
8 MHz	125 ns	500 MHz	2,0 ns	2 100 MHz	0,48 ns
10 MHz	100 ns	533 MHz	1,88 ns	2 200 MHz	0,45 ns
12 MHz	83 ns	550 MHz	1,82 ns	2 300 MHz	0,43 ns
16 MHz	63 ns	566 MHz	1,77 ns	2 400 MHz	0,42 ns
20 MHz	50 ns	600 MHz	1,67 ns	2 500 MHz	0,40 ns
25 MHz	40 ns	633 MHz	1,58 ns	2 600 MHz	0,38 ns
33 MHz	30 ns	650 MHz	1,54 ns	2 700 MHz	0,37 ns
40 MHz	25 ns	666 MHz	1,50 ns	2 800 MHz	0,36 ns
50 MHz	20 ns	700 MHz	1,43 ns	2 900 MHz	0,34 ns
60 MHz	17 ns	733 MHz	1,36 ns	3 000 MHz	0,333 ns
66 MHz	15 ns	750 MHz	1,33 ns	3 100 MHz	0,323 ns
75 MHz	13 ns	766 MHz	1,31 ns	3 200 MHz	0,313 ns
80 MHz	13 ns	800 MHz	1,25 ns	3 300 MHz	0,303 ns
100 MHz	10 ns	833 MHz	1,20 ns	3 400 MHz	0,294 ns
120 MHz	8,3 ns	850 MHz	1,18 ns	3 500 MHz	0,286 ns
133 MHz	7,5 ns	866 MHz	1,15 ns	3600 MHz	0,278 ns
150 MHz	6,7 ns	900 MHz	1,11 ns	3 700 MHz	0,270 ns
166 MHz	6,0 ns	933 MHz	1,07 ns	3 800 MHz	0,263 ns
180 MHz	5,6 ns	950 MHz	1,05 ns	3 900 MHz	0,256 ns
200 MHz	5,0 ns	966 MHz	1,04 ns	4 000 MHz	0,250 ns
225 MHz	4,4 ns	1 000 MHz	1,00 ns	4 100 MHz	0,244 ns
233 MHz	4,3 ns	1 100 MHz	0,91 ns	4 200 MHz	0,238 ns
250 MHz	4,0 ns	1 133 MHz	0,88 ns	4 300 MHz	0,233 ns
266 MHz	3,8 ns	1200 MHz	0,83 ns	4 400 MHz	0,227 ns
300 MHz	3,3 ns	1 300 MHz	0,77 ns	4 500 MHz	0,222 ns
333 MHz	3,0 ns	1 400 MHz	0,71 ns	4 600 MHz	0,217 ns
350 MHz	2,9 ns	1 500 MHz	0,67 ns	4 700 MHz	0,213 ns
366 MHz	2,7 ns	1 600 MHz	0,63 ns	4 800 MHz	0,208 ns
400 MHz	2,5 ns	1 700 MHz	0,59 ns	4 900 MHz	0,204 ns
433 MHz	2,3 ns	1 800 MHz	0,56 ns	5 000 MHz	0,200 ns

des performances provient essentiellement des changements apportés à l'architecture du processeur (plusieurs cœurs) et non de l'augmentation des fréquences.

Ces différentes mesures de fréquence pouvant prêter à confusion, il peut être intéressant de voir comment les comparer. Au début de ce chapitre, nous avons évoqué les formules permettant de convertir mathématiquement ces valeurs. Le Tableau 5.3 montre le rapport entre nanosecondes (ns) et mégahertz (MHz) dans les PC d'hier, d'aujourd'hui et de demain. Comme on peut le voir, plus la vitesse d'horloge augmente, plus la durée du cycle diminue.

Tout au long du développement du PC, la mémoire a eu des difficultés à suivre le processeur. Il a fallu placer plusieurs niveaux de mémoire cache à haute vitesse pour intercepter les accès du processeur à la mémoire lente. Cependant, plus récemment, les systèmes fondés sur de la SDRAM DDR, DDR2 et DDR3 ont des bus mémoire de même niveau que le bus processeur. Lorsque la vitesse du bus mémoire est égale à la vitesse du processeur, les performances de la mémoire principale sont optimales.

À partir des données du Tableau 5.3, il est évident que la mémoire DRAM de 60 ns, utilisée dans les Pentium et Pentium II d'origine jusqu'en 1998, est extrêmement lente avec ses 16,7 MHz. Si on constate que cette mémoire très lente de 16,7 MHz a été installée dans des PC équipés d'un processeur cadencé à 300 MHz ou plus, avec une fréquence de bus de processeur à 66 MHz, on peut comprendre qu'il y a un fossé entre la vitesse du processeur et celle de la mémoire. À partir de 1998, l'industrie est passée à la mémoire SDRAM plus rapide. Elle était capable de fonctionner à la fréquence du bus de processeur de l'époque (66 MHz). Depuis, la mémoire a beaucoup évolué, pour rester en phase avec le bus de processeur.

En 2000, le standard était des mémoires et un bus processeur de 100 MHz et même 133 MHz, respectivement appelées PC100 et PC133. En 2001, les mémoires à double taux de données DDR de 200 et 266 MHz sont de plus en plus répandues. En 2002, la mémoire DDR est passée à 333 MHz, puis à 400 MHz en 2003. Courant 2004, la mémoire DDR2 est arrivée, tout d'abord à 400 MHz, puis à 533 MHz. Cette mémoire a suivi l'augmentation de la fréquence des processeurs pendant les années 2005 et 2006, pour atteindre 667 MHz et 800 MHz. En 2007, la mémoire DDR2 existait dans des fréquences allant jusqu'à 1066 MHz. Les modèles DDR3 à 1066 MHz et plus arrivent à présent sur le marché. Le Tableau 5.4 recense les principaux types de mémoires pour PC et leurs performances.

Les sections suivantes détaillent les types de mémoires les plus importants.

Tableau 5.4 : Types et performances des mémoires utilisées dans les PC

Standard module	Années de popularité	Type de module	Tension	Vitesse horloge max.	Débit max. en monocanal	Débit max. en double canal
DRAM FPM (*Fast Page Mode*)	1987-1995	SIMM 30/72 b.	5 V	22 MHz	177 Mo/s	N/A
DRAM EDO (*Extended Data Out*)	1995-1998	SIMM 72 b.	5 V	33 MHz	266 Mo/s	N/A
SDRAM SDR (*Single Data Rate*)	1998-2002	DIMM 168 b.	3,3 V	133 MHz	1066 Mo/s	N/A

Tableau 5.4 : Types et performances des mémoires utilisées dans les PC (*suite*)

Standard module	Années de popularité	Type de module	Tension	Vitesse horloge max.	Débit max. en monocanal	Débit max. en double canal
RDRAM (*Rambus DRAM*)	2000-2002	RIMM 184 b.	2,5 V	1066 MT/s	2133 Mo/s	4266 Mo/s
SDRAM DDR (*Double Data Rate*)	2002-2005	DIMM 184 b.	2,5 V	400 MT/s	3200 Mo/s	6400 Mo/s
SDRAM DDR2	2005–2008	DIMM DDR2 240 b.	1,8 V	1066 MT/s	8533 Mo/s	17066 Mo/s
SDRAM DDR3	2008+	DIMM DDR3 240 b.	1,5 V	1600 MT/s	12800 Mo/s	25600 Mo/s

MHz = Mégacycle par seconde.
MT/s = Mégatransfert par seconde.
Mo/s = Mégaoctet par seconde.
SIMM = *Single Inline Memory Module*, module de mémoire à une rangée de contacts.
DIMM = *Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de contacts.

SDRAM

SDRAM (*Synchronous DRAM*, DRAM synchrone) est un type de mémoire qui fonctionne en synchronisation avec le bus. La mémoire SDRAM livre l'information en rafales très rapides à l'aide d'une interface utilisant une horloge. Elle élimine la plus grande partie des temps de latence inhérents aux modules de DRAM en se synchronisant avec l'horloge de la carte mère.

Comme pour n'importe quel autre type de mémoire, votre chipset doit être en mesure de supporter ce type de mémoire. Depuis 1996, avec les chipsets 430VX et 430TX, la plupart des chipsets d'Intel supportent la SDRAM, qui est devenue le type de mémoire le plus connu dans les nouveaux systèmes.

Les performances de la SDRAM sont largement supérieures à celles de la RAM FPM et EDO. Avec un temps de latence identique, mais des temps de cycles beaucoup plus rapides, le mode rafale SDRAM a un cycle de 5-1-1-1 ; autrement dit, quatre opérations de lecture de la mémoire peuvent être réalisées en seulement huit cycles, contre 11 pour la RAM EDO et 14 pour la RAM FPM. Le gain de vitesse est donc de l'ordre de 20 % par rapport à la RAM EDO.

En outre, la SDRAM est capable de fonctionner avec un bus cadencé à 133 MHz (7,5 ns) qui est devenu le standard depuis 1998. Presque tous les PC vendus de 1998 à 2002 sont équipés de mémoire SDRAM.

La mémoire SDRAM est vendue sous forme de modules DIMM, et ses performances sont exprimées en mégahertz plutôt qu'en nanosecondes, ce qui représente une source de confusion. La Figure 5.5, plus loin dans ce chapitre, montre les caractéristiques physiques des DIMM.

Pour répondre aux fréquences sans cesse accrues des chipsets, Intel a créé des spécifications pour des modules SDRAM appelées PC66, PC100 et PC133. Vous pensez peut-être que la bonne fréquence pour des opérations à 100 MHz est de 10 ns, mais la spécification PC100 requiert une mémoire plus rapide à 8 ns pour que tous les paramètres de cadençage puissent être satisfaits avec une marge d'erreur suffisante.

En mai 1999, le JEDEC (*Joint Electron Device Engineering Council*; voir leur site web à l'adresse **www.jedec.org**) a mis au point une spécification appelée PC133. Elle obtient cette augmentation de 33 MHz en partant de la spécification PC100 et en ajustant au plus près le cadençage et les condensateurs. La mémoire PC133 a rapidement connu le succès : c'est sans conteste la version la plus populaire pour tous les systèmes travaillant avec un bus de processeur en 133 MHz. Les premières puces utilisées dans les modules PC133 étaient calibrées à 7,5 ns ou 133 MHz. Ensuite, elles étaient sélectionnées à 7,0 ns, c'est-à-dire 143 MHz. Ces puces plus rapides étaient toujours employées dans les modules PC133, mais elles permettaient d'améliorer le temps d'accès à une colonne (CAS, *Column Address Strobe*, ou CL) et donc les performances globales de la mémoire.

Le Tableau 5.5 montre le cadençage, la vitesse réelle et la vitesse annoncée.

Tableau 5.5 : Cadençage, vitesse réelle et vitesse annoncée des SDRAM

Cadençage	Vitesse réelle	Vitesse annoncée
15 ns	66 MHz	PC66
10 ns	100 MHz	PC66
8 ns	125 MHz	PC100
7,5 ns	133 MHz	PC133
7 ns	143 MHz	PC133

La SDRAM est normalement livrée en modules DIMM à 168 broches, fonctionnant à différentes vitesses. Le Tableau 5.6 recense les vitesses standard des modules SDRAM SDR et les débits résultants.

Tableau 5.6 : Types et largeurs de bande des modules SDRAM

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)
PC66	10 ns	66	1	66	8	533
PC100	8 ns	100	1	100	8	800
PC133	7/7,5 ns	133	1	133	8	1066

MT/s = Mégatransfert par seconde.
Mo/s = Mégaoctet par seconde.
ns = Nanoseconde.

Plusieurs constructeurs de modules vendent des produits annoncés comme étant PC150 ou PC166, bien que ces vitesses ne soient pas des standards officiellement reconnus par le JEDEC ou Intel et qu'aucun chipset ou processeur ne prenne ces vitesses en charge. En principe, il s'agit de modules en 7,5 ns (133 MHz) ou 7,0 ns (143 MHz) qui sont overclockés pour fonctionner en 150 MHz ou

166 MHz. Par essence, il serait plus juste d'appliquer aux mémoires PC150 ou PC166 la dénomination PC133, qui correspond à des performances testées et vérifiées. Ces modules sont vendus à des amateurs qui cherchent à overclocker le chipset de leur carte mère et à bénéficier ainsi d'un gain de vitesse au niveau du processeur et du bus mémoire.

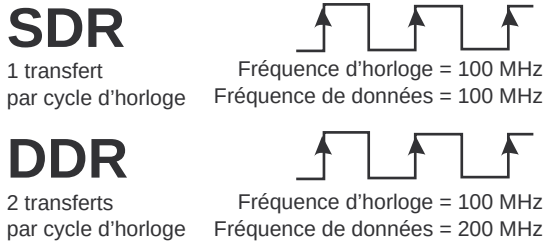
Attention

En général, la mémoire PC133 est considérée comme rétrocompatible avec la mémoire PC100. Cependant, certains chipsets et cartes mères imposent des contraintes plus précises sur la conception des modules et des puces 100 MHz ou 133 MHz. Si vous devez mettre à niveau un système ancien équipé de mémoire PC100, ne choisissez de la mémoire PC133 que si le fabricant certifie explicitement leur compatibilité avec votre système. Vous pouvez utiliser les outils en ligne de sélection de la mémoire proposés par la plupart des fournisseurs.

SDRAM DDR

La mémoire SDRAM DDR (*Double Data Rate*, double taux de données) est un standard JEDEC dans laquelle les données sont transférées deux fois plus vite que dans la version SDRAM classique. Au lieu de doubler la fréquence d'horloge, la mémoire DDR arrive à doubler les performances en effectuant deux transferts par cycle : un transfert en début de cycle et un autre en fin de cycle (voir Figure 5.2).

Figure 5.2
Cycle d'un module SDR (à gauche) et d'un module DDR (à droite).



Les SDRAM DDR sont apparues sur le marché au cours de l'année 2000, en étant tout d'abord utilisées par les cartes graphiques puisque aucun chipset de carte mère ne les prenait en charge. Cette mémoire est devenue la norme en 2002 avec l'arrivée des premières cartes mères et des chipsets compatibles. De 2002 à 2005, la DDR a été la mémoire la plus employée dans les PC grand public. Les SDRAM DDR utilisent une nouvelle conception de module à 184 broches. La Figure 5.6, plus loin dans ce chapitre, montre le détail d'un module SDRAM DDR DIMM.

Les SDRAM DDR existent en plusieurs versions de vitesse et de taux de transfert et travaillent en principe avec une tension de 2,5 V. Il s'agit en fait d'extensions des SDRAM standard, adaptées pour accepter le doublement des transferts. Pour éviter toute confusion avec les DDR, on appelle souvent les SDRAM normales des SDR (*Signe Data Rate*, taux de données unique). Le Tableau 5.7 compare les divers types de modules standard SDRAM DDR. Comme vous pouvez le constater, les puces nues sont désignées par leur vitesse exprimée en mégatransferts par seconde, alors que les modules sont désignés par leur débit approximatif en mégaoctets par seconde.

Tableau 5.7 : Types et largeurs de bande des modules DDR standard (JEDEC), DIMM à 184 broches

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)	Taux de transfert en double canal (Mo/s)
PC1600	DDR200	100	2	200	8	1600	3200
PC2100	DDR266	133	2	266	8	2133	4266
PC2700	DDR333	166	2	333	8	2667	5333
PC3200	DDR400	200	2	400	8	3200	6400

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
DIMM = *Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de contacts.
DDR = *Double Data Rate*, taux de données double.

La plupart des fabricants produisent des modules conformes aux spécifications du JEDEC. Cependant, pour permettre l'overclocking, certains achètent des puces sans marque et non testées auprès des fondeurs. Ils les testent et les trient eux-mêmes, en fonction de leurs performances. Elles sont ensuite revendues sous des désignations non officielles. Le Tableau 5.8 recense les modèles officieux disponibles sur le marché. Pour les exploiter, vous devrez également overclocker l'ensemble de votre système.

Tableau 5.8 : Types et largeurs de bande des modules DDR overclockés (non-JEDEC), DIMM à 184 broches

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)	Taux de transfert en double canal (Mo/s)
PC3500	DDR433	216	2	433	8	3466	6933
PC3700	DDR466	233	2	466	8	3733	7466
PC4000	DDR500	250	2	500	8	4000	8000
PC4200	DDR533	266	2	533	8	4266	8533
PC4400	DDR550	275	2	550	8	4400	8800
PC4800	DDR600	300	2	600	8	4800	9600

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
DIMM = *Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de contacts.
DDR = *Double Data Rate*, taux de données double.

Les largeurs de bande listées dans ces tableaux s'entendent par module. Beaucoup de chipsets récents prennent en charge les mémoires DDR double canal, une technique avec laquelle deux

modules DIMM DDR sont installés et fonctionnent comme un banc unique, avec une double largeur de bande équivalant à deux fois celle d'un module unique. Par exemple, si un chipset accepte des modules PC3200 standard, la bande passante d'un seul module serait de 3200 Mo/s. Cependant, en mode double canal, la largeur de bande totale est de 6400 Mo/s. Le fonctionnement en double canal optimise la conception du PC en veillant à ce que le bus de processeur et le bus de mémoire travaillent à la même vitesse (nous parlons ici de largeur de bande, pas de mégahertz) de manière à arriver à des transferts synchrones entre les bus, sans aucun retard.

SDRAM DDR2

La mémoire SDRAM DDR2 est tout simplement une version plus rapide des mémoires DDR traditionnelles. Son débit est plus important du fait de l'emploi de paires de câbles de signaux différentiels assurant une accélération des signaux et l'absence de bruit et d'interférences. La DDR2 offre un doublement du taux de données, comme la mémoire DDR, mais la méthode modifiée de gestion des signaux permet des vitesses supérieures avec une meilleure immunité aux bruits et interférences. Les signaux supplémentaires ont augmenté le nombre de broches. Les modules DIMM DDR2 en possèdent 240, à comparer aux 184 broches de la mémoire DDR. La spécification initiale DDR plafonnait à 400 MHz alors que la DDR2 commence à 400 MHz pour atteindre 1066 MHz et au-delà. Le Tableau 5.9 présente les modules DDR2 reconnus par le JEDEC et les spécifications de largeur de bande.

Tableau 5.9 : Types et largeurs de bande des modules DDR2 standard (JEDEC), DIMM à 240 broches

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)	Taux de transfert en double canal (Mo/s)
PC2-3200	DDR2-400	200	2	400	8	3200	6400
PC2-4200	DDR2-533	266	2	533	8	4266	8533
PC2-5300	DDR2-667	333	2	667	8	5333	10667
PC2-6400	DDR2-800	400	2	800	8	6400	12800
PC2-8500	DDR2-1066	533	2	1066	8	8533	17066

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
DIMM = *Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de contacts.
DDR = *Double Data Rate*, taux de données double.

Le standard DDR2 le plus rapide défini par le JEDEC se nomme DDR2-1066. Il opère à une vitesse réelle de 1066 MHz (mégatransferts réels par seconde), et les modules PC2-8500 obtiennent donc une largeur de bande de 8533 Mo/s. Cependant, comme pour la DDR, de nombreux fabricants produisent des modules encore plus rapides pour les systèmes overclockés. Le Tableau 5.10 recense les modèles officieux disponibles sur le marché. Pour les exploiter, vous devrez également overclocker l'ensemble de votre système.

Tableau 5.10 : Types et largeurs de bande des modules DDR2 overclockés (non-JEDEC), DIMM à 240 broches

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)	Taux de transfert en double canal (Mo/s)
PC2-6000	DDR2-750	375	2	750	8	6000	12000
PC2-7200	DDR2-900	450	2	900	8	7200	14400
PC2-8000	DDR2-1000	500	2	1000	8	8000	16000
PC2-8800	DDR2-1100	550	2	1100	8	8800	17600
PC2-8888	DDR2-1111	556	2	1111	8	8888	17777
PC2-9136	DDR2-1142	571	2	1142	8	9136	18272
PC2-9200	DDR2-1150	575	2	1150	8	9200	18400
PC2-9600	DDR2-1200	600	2	1200	8	9600	19200
PC2-10000	DDR2-1250	625	2	1250	8	10000	20000

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
DIMM = *Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de contacts.
DDR = *Double Data Rate*, taux de données double.

En plus du gain de vitesse et de largeur de bande, les mémoires DDR2 offrent d'autres avantages. Elles utilisent un voltage plus faible que les DDR conventionnelles (1,8 V contre 2,5 V), d'où une consommation électrique moindre et un dégagement de chaleur moins important. Du fait du nombre plus élevé de broches des puces DDR2, elles sont en général placées dans des boîtiers FBGA (*Fine-pitch Ball Grid Array*) plutôt que dans des boîtiers TSOP (*Thin Small Outline Package*) des modules DDR et SDRAM traditionnels. Les puces FBGA sont connectées au substrat (c'est-à-dire le plus souvent au module de mémoire) *via* de petites soudures très serrées à la base de la puce.

Les DIMM DDR2 ressemblent aux DIMM DDR traditionnels, mais avec plus de broches et des découpes différentes pour éviter toute confusion ou toute mise en place erronée. À titre d'exemple, les découpes physiquement différentes empêchent l'insertion d'un module DDR2 dans un connecteur traditionnel DDR (ou SDR). Les modules de mémoire DDR2 sont dotés de 240 broches, soit nettement plus que les DDR ou les DIMM SDRAM ordinaires.

Le JEDEC a commencé à travailler sur la spécification DDR2 en avril 1998 et a publié la norme en septembre 2003. La production de puces et de modules DDR2 a commencé au milieu de l'année 2003, et les premiers chipsets et cartes mères adaptés sont apparus mi-2004. Des variantes de DDR2, telles que les modules G-DDR2 (DDR2 graphiques), équipent quelques cartes graphiques haut de gamme. Les chipsets grand public prenant en charge la mémoire DDR2 sur les systèmes à processeurs Intel sont apparus en 2005. En revanche, les processeurs AMD ne géraient pas cette

mémoire en 2005, car les modèles Athlon 64 et Opteron incluaient un contrôleur de mémoire DDR. Cela a changé au milieu de l'année 2006, avec la sortie des cartes mères à Socket AM2 et des processeurs correspondants. Le Socket F d'AMD, également nommé 1207 FX, prend en charge la mémoire DDR2.

Il est intéressant de noter qu'il a fallu presque deux ans après Intel pour qu'AMD passe de la mémoire DDR à la DDR2. En effet, le contrôleur de mémoire était incorporé aux processeurs Athlon 64 et plus récents, au lieu d'être inclus dans le North Bridge comme dans la conception classique d'Intel. Si l'intégration du contrôleur au processeur présente des avantages, elle a pour inconvénient d'empêcher une adoption rapide des nouvelles architectures de mémoire. Ce retard d'AMD risque de se renouveler lors du passage de la DDR2 à la DDR3 prévu en 2008.

SDRAM DDR3

La mémoire DDR3 représente la dernière norme définie par le JEDEC. Elle permet des niveaux de performance supérieurs, ainsi qu'une consommation plus faible et une fiabilité plus élevée que la mémoire DDR2. Le JEDEC a commencé à travailler sur la spécification DDR3 en juin 2002. Les premiers modules, ainsi que les chipsets adéquats (famille Intel 3xx), sont sortis au milieu de l'année 2007 pour les systèmes de type Intel. AMD pense présenter en 2008 de nouveaux processeurs et sockets compatibles avec la mémoire DDR3. Celle-ci sera initialement plus coûteuse que la mémoire DDR2 et sera employée dans des systèmes exigeant des niveaux de performance extrêmement élevés. Il est prévu que la mémoire DDR3 arrive réellement sur les PC grand public au cours de l'année 2009.

Les modules DDR3 se fondent sur une conception élaborée des signaux, notamment une autocalibration et une synchronisation des données, avec une sonde thermique intégrée facultative. Ils demandent une tension d'alimentation de seulement 1,5 V, ce qui correspond à une baisse d'environ 20 % par rapport aux 1,8 V de la mémoire DDR2. De cette combinaison d'une tension plus faible et d'une meilleure efficacité, on espère une baisse générale de la consommation de 30 % par rapport à la mémoire DDR2.

Normalement, les modules DDR3 équiperont les systèmes dont le bus de processeur et/ou de mémoire fonctionnent à 1333 MHz, ce qui est plus rapide que la fréquence maximale acceptée par la DDR2 (1066 MHz). Pour les systèmes standard, c'est-à-dire non overclockés, les modules DDR3 étiquetés PC3-10600 et PC3-12800 permettront d'obtenir des taux de transfert de 10667 Mo/s et de 12800 Mo/s. En mode double canal, un couple de modules PC3-12800 offrira un débit total de 25600 Mo/s. Le Tableau 5.11 présente les modules DDR3 reconnus par le JEDEC, avec les spécifications de largeur de bande.

Les DIMM DDR3 ressemblent aux DIMM DDR2, avec le même nombre de broches, la même taille et le même format. Cependant, ils sont incompatibles avec l'électronique DDR2 et présentent donc des détrompeurs différents afin qu'ils ne soient pas physiquement interchangeables.

Tableau 5.11 : Types et largeurs de bande des modules DDR3 standard (JEDEC), DIMM à 240 broches

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)	Taux de transfert en double canal (Mo/s)
PC3-6400	DDR3-800	400	2	800	8	6400	12800
PC3-8500	DDR3-1066	533	2	1066	8	8533	17066
PC3-10600	DDR3-1333	667	2	1333	8	10667	21333
PC3-12800	DDR3-1600	800	2	1600	8	12800	25600

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
DDR = *Double Data Rate*, taux de données double.

RDRAM

La RDRAM (*Rambus DRAM*, DRAM Rambus) est une technologie propriétaire (non-JEDEC) que l'on trouve principalement dans les systèmes Intel à base de Pentium III et 4, sortis entre 2000 et 2002. En 1996, Intel a signé un contrat avec Rambus, assurant qu'il adopterait et soutiendrait la mémoire RDRAM en 2001. Pensant que ses choix de mémoire seraient automatiquement suivis par l'industrie, Intel a également lourdement investi dans Rambus. Puisque la RDRAM était un standard propriétaire détenu par Rambus, l'utilisation ou la production d'une telle mémoire nécessitait une licence. Cette contrainte n'a pas été très populaire auprès des autres fabricants de mémoire et de chipsets. Malgré tout, la technologie a fait l'objet de licences et Intel a initialement promis de fournir des chipsets et des cartes mères adaptés en 1998.

Malheureusement, des problèmes ont retardé de plusieurs mois l'arrivée des chipsets sur le marché. Les fabricants de mémoire se sont donc retrouvés avec des stocks de puces RDRAM, sans aucun système pour les utiliser. Pendant ce temps-là, la SDRAM et la DDR ont donc été très utilisées. Cette débâcle industrielle a conduit Intel à revoir puis à abandonner ses investissements dans cette technologie. Après 2001, Intel a continué la prise en charge de la mémoire RDRAM dans les systèmes existants. Cependant, les nouveaux chipsets et nouvelles cartes mères sont rapidement passés à la SDRAM DDR. AMD n'a jamais investi dans la technologie RDRAM et aucun système de ce type n'utilise donc de RDRAM.

Même si des standards RDRAM ont été proposés pour prendre en charge les processeurs plus rapides jusqu'en 2006, sans le soutien d'Intel, très peu de systèmes à base de RDRAM ont été vendus après 2002. En l'absence de chipsets et de cartes mères compatibles, la RDRAM n'a équipé les PC que pendant très peu de temps et ne jouera certainement aucun rôle dans les PC futurs.

Avec la RDRAM, Rambus a développé ce qui est essentiellement un bus de mémoire interpuce, dont la conception permet de communiquer à des fréquences très élevées. Cette technologie a été développée dans un premier temps pour les ordinateurs destinés aux jeux. Elle doit son succès au système Nintendo 64 et a bien évidemment été appliquée à la Playstation 2 de Sony !

Les systèmes de mémoire conventionnelle qui utilisent des mémoires SDRAM sont des systèmes à larges canaux. Ils disposent de canaux de mémoire aussi larges que les bus de données du processeur, ce qui correspond à 64 bits pour le Pentium et les processeurs plus récents ou même plus en mode double canal. Le module DIMM (*Dual In Line Memory Module*, module de mémoire à deux rangées de broches) est une unité 64 bits, ce qui signifie qu'il lui est possible de transférer 64 bits (ou 8 octets) de données à la fois.

La RDRAM, quant à elle, est un dispositif à canal étroit. Elle ne transfère que 16 bits (2 octets) de données à la fois (plus 2 bits de parité optionnels), mais à des fréquences nettement plus élevées. Elle s'écarte en cela de la conception parallèle pour se rapprocher de la conception plus orientée série que l'on retrouve dans les évolutions d'autres bus des PC.

Chaque puce individuelle est connectée successivement à la suivante sur un module nommé RIMM (*Rambus Inline Memory Module*, module de mémoire à rangée de contacts Rambus), qui ressemble à un module DIMM mais n'est pas compatible. Tous les transferts s'effectuent entre le contrôleur de mémoire et une seule unité, et non plusieurs d'entre elles. Un seul canal de mémoire Rambus possède trois supports et peut supporter jusqu'à 32 unités RDRAM individuelles (les puces RDRAM), et plus si les mémoires tampons sont utilisées. Cependant, la plupart des cartes mères n'implémentent que deux modules par canal (quatre supports dans une conception double canal) afin d'éviter les problèmes d'interférences entre les signaux.

Le bus de mémoire RDRAM relie chaque unité et module sur le bus. Chaque module est équipé de connecteurs d'entrée et de sortie à chacune de ses extrémités. Tout support RIMM vide (sans module RIMM) doit recevoir un module de continuité afin d'assurer la continuité du chemin. Les signaux qui atteignent la fin du bus se terminent sur la carte mère.

Un module RIMM à 16 bits et canal unique s'exécutait généralement à 800 MHz, ce qui signifie que le débit général était de 800 × 2, soit 1,6 Go par seconde pour un canal unique, à l'identique d'un module PC1600 SDRAM DDR. La plupart des premiers systèmes Pentium 4 utilisaient simultanément deux bancs, créant un système à double canal capable de traiter 3,2 Go/s, ce qui correspond à la vitesse du bus des processeurs Pentium 4 originaux. Du fait de la conception des RDRAM, les temps d'attente sont réduits entre les transferts, car ils s'exécutent tous de manière synchrone dans un système qui tourne en boucle et dans une seule direction.

Les nouvelles versions RIMM fonctionnent à 1066 MHz ou 1200 MHz en complément du taux initial de 800 MHz, mais peu de chipsets et de cartes mères ont été produits pour ces vitesses.

Chaque RDRAM située sur un module RIMM1600 fonctionne comme un module autonome se trouvant sur un canal de données 16 bits. En interne, chaque puce RDRAM possède un noyau qui fonctionne sur un bus de 128 bits divisé en huit bancs de 16 bits tournant à la fréquence de 100 MHz. En d'autres termes, toutes les 10 ns (100 MHz), chaque puce RDRAM peut transférer 16 octets depuis et vers le noyau. Cette interface rapide, dont la largeur de bande est grande en interne, mais étroite en externe, constitue la clé de la RDRAM.

D'autres améliorations de la conception consistent à séparer les signaux de contrôle des signaux de données sur le bus. Les bus de contrôle et d'adresses sont indépendants et séparés en deux groupes

de broches correspondant aux commandes lignes et colonnes. Les données sont transférées sur un bus de données d'une largeur de 2 octets. L'horloge du bus de mémoire réelle tourne à 400 MHz. Les données sont néanmoins transférées sur les deux fronts descendant et montant du signal de l'horloge, soit deux fois par impulsion. Le front descendant est nommé *cycle pair* et le front montant s'appelle *cycle impair*. La synchronisation complète du bus de mémoire est assurée par l'envoi de paquets de données au début d'un cycle pair. Le temps d'attente avant que le transfert de mémoire puisse débuter (temps de latence) est seulement d'un cycle, soit 2,5 ns au maximum.

La Figure 5.2 montre la relation entre les cycles d'horloge et de données. Vous pouvez voir les cycles d'horloge et de données utilisés par la RDRAM et la SDRAM DDR. Un paquet de données RDRAM débute toujours lors d'un cycle pair (front descendant) pour assurer la synchronisation. Cette architecture supporte aussi les transactions multiples et entrelacées dans plusieurs domaines de temps distincts. Cela signifie qu'un second transfert peut débuter avant la fin du premier.

Une caractéristique également importante de la RDRAM est qu'il s'agit d'une mémoire qui ne nécessite pas une grande puissance. Les modules RIMM ainsi que les dispositifs RDRAM fonctionnent en 2,5 V et utilisent une faible amplitude de signal de 1,0 V à 1,8 V, soit une différence de seulement 0,8 V. La RDRAM a également quatre modes de désactivation et se met automatiquement en mode veille à la fin d'une transaction, d'où des économies d'énergie.

Un module RIMM est semblable en taille et en forme à une barrette DIMM, mais ils ne sont pas interchangeables. Les modules RIMM sont disponibles en des tailles allant jusqu'à 1 Go, voire plus. Ils peuvent être ajoutés individuellement dans un système, car chaque module RIMM représente des bancs multiples. Ils doivent toutefois être installés par paires si votre carte mère prend en charge des RDRAM à double canal et que vous utilisiez des RIMM en 16 bits.

Les RIMM sont disponibles en quatre vitesses de base et travaillent en général en environnement à double canal, elles doivent être installées par paires, avec chaque module de la paire dans un autre ensemble de connecteurs. Chaque ensemble de connecteurs RIMM sur des cartes de ce type représente un canal. Les versions 32 bits incorporent des canaux multiples dans un système unique et sont conçues pour une installation individuelle, supprimant l'exigence de paires adaptées. Le Tableau 5.12 compare les divers types de modules RDRAM. Notez que les noms peu courants des modules RIMM, comme PC800, ont été remplacés par des noms qui reflètent la bande passante réelle des modules afin d'éviter toute confusion avec la mémoire DDR.

Tableau 5.12 : Types et largeurs de bande des modules RDRAM

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)
RIMM1200	PC600	300	2	600	2	1200
RIMM1400	PC700	350	2	700	2	1400

Tableau 5.12 : Types et largeurs de bande des modules RDRAM (*suite*)

Standard	Type de puce	Fréquence d'horloge (MHz)	Cycles de données	Vitesse de bus (MT/s)	Largeur de bus (octets)	Taux de transfert (Mo/s)
RIMM1600	PC800	400	2	800	2	1600
RIMM2100	PC1066	533	2	1066	2	2133

MT/s = Mégatransferts par seconde.
Mo/s = Mégaoctets par seconde.
RIMM = *Rambus Inline Memory Module*, module de mémoire à rangée de contacts Rambus.

Avec à l'origine le poids d'Intel derrière la mémoire Rambus, le succès semblait devoir être au rendez-vous. Malheureusement, en raison de retards au niveau des chipsets, dus à des difficultés techniques liées à la conception des mémoires RDRAM, et le peu de systèmes prenant en charge les RIMM, la plupart des fabricants de mémoire sont revenus ou sont passés à la SDRAM DDR. Cela a entraîné au départ un niveau de prix deux à trois fois supérieur aux modèles DIMM comparables. Plus récemment, le coût des RIMM RDRAM a baissé pour s'aligner pratiquement sur celui des SDRAM DDR, mais le temps a passé et Intel conçoit ses chipsets pour la mémoire DDR et DDR2.

La principale considération en matière de mémoire est que le taux de transfert du bus de mémoire devrait correspondre à celui du bus de processeur, et dans ce domaine les RIMM RDRAM sont mieux adaptées aux systèmes rapides à processeur Intel Pentium 4. Cependant, avec l'augmentation de la fréquence du bus de processeur du Pentium 4 et la sortie des chipsets prenant en charge la mémoire DDR double canal, les modules DDR, DDR2 et DDR3 constituent les meilleurs choix pour les processeurs Intel et AMD. En résumé, les nouveaux chipsets font que la mémoire DDR est la mieux adaptée aux systèmes modernes, en offrant les meilleures performances possibles.

Infos

Malheureusement pour les fabricants de barrettes de mémoire, Rambus a réclamé des licences couvrant à la fois le standard et la conception des SDRAM DDR. De ce fait, qu'ils fabriquent des SDRAM, des DDR ou des RDRAM, les constructeurs sont obligés de verser des redevances à Rambus. Plusieurs affaires sont en cours devant les tribunaux contre des sociétés qui ont défié ces licences et beaucoup de personnes sont impatientes d'en connaître les résultats. Les affaires qui ont donné lieu à des procès se sont toutes soldées par des décisions contre Rambus, avec invalidation de ses licences et de ses prétentions sur les DDR et SDRAM. De nombreux appels sont en cours et il faudra du temps pour que les problèmes de brevets soient résolus.

Depuis 2003, la mémoire RDRAM n'est plus vraiment supportée et a donc rapidement disparu du marché du PC. Du fait de sa faible disponibilité, si vos systèmes existants sont équipés d'une mémoire RDRAM, il est généralement peu avantageux de les mettre à niveau en ajoutant d'autres barrettes.

Mémoire physique

La taille, la forme et le type de la mémoire physique doivent être adaptés au processeur et au chipset. Avec les années, deux changements importants sont à noter pour la mémoire. Elle est devenue plus

rapide et sa capacité a augmenté considérablement. Or, la vitesse et la taille de la mémoire sont sous le contrôle direct du processeur et du chipset. Dans les PC modernes, le contrôleur de mémoire se trouve dans le chipset de la carte mère. Même si un système peut supporter une certaine taille de mémoire, la nature du logiciel est également un élément prépondérant.

✔ Voir la section "Caractéristiques du processeur", p. 19.

Les processeurs 8088 et 8086 avec un bus d'adresses 20 bits peuvent accepter au plus 1 Mo (1024 Ko) de mémoire. Les 286 et 386SX ont un bus d'adresses 24 bits et supportent jusqu'à 16 Mo. Les 386DX, 486, Pentium et Pentium-MMX ont un bus 32 bits et peuvent gérer 4 Go. Quant aux Pentium Pro, Pentium II/III et 4 ainsi que Athlon et Duron, avec un bus à 36 bits, ils acceptent jusqu'à 64 Go. L'Itanium, avec ses 44 bits, sait gérer jusqu'à 16 To (téraoctets) de RAM physique.

✔ Voir la section "Modes de processeur", p. 26.

Quand un 286 ou un processeur plus puissant émule un 8088 (c'est le cas quand on exécute un logiciel en mode 16 bits comme DOS ou Windows 3.x), il met en œuvre un mode d'exécution appelé *mode réel*. Ce mode est le seul disponible sur les puces 8088 et 8086 dans les ordinateurs PC et XT. Dans cette configuration, tous les processeurs, y compris le Pentium, ne disposent que de 1 Mo et le système se réserve 384 Ko sur ce total. C'est seulement en mode protégé que les 286 et suivants retrouvent leur espace d'adressage.

Les PC de classe P5 peuvent adresser 4 Go de mémoire, ceux de la classe P6/P7 accèdent à 64 Go. Pour mieux mesurer ce que cela représente, on dira que 64 Go coûtent environ 10000 $! Même si on pouvait s'offrir toute cette mémoire, il faut savoir qu'aujourd'hui les plus grands modules disponibles sont des barrettes DIMM de 2 Go. Pour installer 64 Go de RAM, il faudrait donc 32 barrettes de 2 Go, et les ordinateurs actuels n'ayant que quatre ou huit supports de barrettes, cela paraît difficile.

Même si les tailles de mémoire ont augmenté et que certaines cartes mères acceptent des modules de 2 Go, les limites réelles sont fixées par le nombre de supports sur la carte mère et par le chipset. La plupart des cartes mères ont entre deux et quatre supports DIMM, ce qui permet de monter de 4 Go à 8 Go au maximum. Ces limitations sont dues au chipset et non au processeur ou aux modules RAM. Si certains processeurs savent adresser 64 Go de mémoire, aucun chipset disponible actuellement sur le marché ne le permet !

✔ Voir la section relative aux chipsets du Chapitre 3 (page 135) et les tableaux correspondants.

SIMM, DIMM et RIMM

Sur les premiers PC, la mémoire s'installait sous la forme de puces individuelles. On les appelait puces *DIP* (*Dual Inline Package*, boîtier à deux rangées de broches). Les cartes mères des PC et XT IBM disposaient de 36 supports pour ces puces, c'est pourquoi la plupart d'entre elles étaient montées sur des cartes mémoire qu'on enfichait dans les connecteurs de bus.

Le temps passé à installer les puces sur leurs supports n'était pas le seul problème de cette mémoire : les puces avaient une fâcheuse tendance à se désolidariser de leur support à la suite des variations de température. Lorsque vous rallumiez et éteigniez votre ordinateur chaque jour, celui-ci chauffait et se refroidissait successivement. Les puces sortaient alors progressivement de leur support. Les contacts devenaient ainsi défectueux, d'où des erreurs qu'on ne pouvait éliminer qu'en appuyant sur chaque puce pour la remettre en place.

Une solution à ce problème a consisté à les souder sur la carte mère ou les cartes d'extension. Les puces ne pouvaient donc plus bouger et les connexions devenaient ainsi permanentes, mais un autre problème se posait alors. En cas de défaut dans une seule puce, il fallait la dessouder et la remplacer. Cette opération était coûteuse et délicate à effectuer.

Il fallait trouver une puce soudée et facilement amovible. C'est exactement ce qui a été réalisé avec les barrettes de mémoire *SIMM* (*Single Inline Memory Module*, module de mémoire à une rangée de contacts). La mémoire des ordinateurs modernes est constituée soit de barrettes SIMM, soit de barrettes *DIMM* (*Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à double rangée de contacts), soit encore de barrettes *RIMM*. Ces barrettes sont enfichées dans la carte mère. Les puces de mémoire individuelles sont soudées à ces barrettes. Les retirer ou les remplacer est donc impossible. Dans le cas d'erreur due à une seule puce, on change la barrette qui est considérée comme une puce à grande capacité.

Il existe dans les ordinateurs de bureau deux types principaux de SIMM, trois types principaux de DIMM et un type de RIMM. Ils sont souvent décrits par leur nombre de broches, de largeur de lignes ou de type de mémoire.

Les modules SIMM, par exemple, existent en version 30 broches (une puce 8 bits et 1 bit de parité) ou en version 72 broches (32 bits plus 4 bits de parité), avec diverses capacités et spécifications. Physiquement, les SIMM 30 broches sont plus courtes que les SIMM 72 broches, les deux modèles pouvant avoir des puces soudées sur une ou deux faces. Les SIMM étaient très utilisées entre 1980 et 1990, mais elles sont à présent obsolètes.

Les barrettes DIMM existent également en trois types. Elles contiennent en général des puces SDRAM ou SDRAM DDR et se différencient par diverses caractéristiques physiques. Les barrettes DIMM standard sont des modules à 168 broches, présentent une encoche de chaque côté et deux encoches le long de la barre de contact. En revanche, les barrettes DDR DIMM disposent de 184 broches, deux encoches de chaque côté et une seule encoche le long de la barre de contact. Les DIMM DDR2 possèdent 240 broches, deux encoches sur chaque côté et une au centre de la zone des contacts. Toutes ces barrettes existent en 64 bits sans parité ou en 72 bits avec parité et ECC (*Error Correcting Code*, code de correction d'erreurs). La principale différence physique entre les barrettes SIMM et les DIMM est que les DIMM ont des contacts différents sur chacun de leurs côtés. C'est pourquoi elles sont nommées *Dual Inline Memory Modules* ou *modules de mémoire à double rangée de contacts*. C'est également la raison pour laquelle elles possèdent beaucoup plus de contacts que les barrettes SIMM.

Les RIMM ont également des broches de signaux différentes sur chaque face. Trois types physiquement différents de RIMM sont disponibles : une version 16/18 bits à 184 broches, une version 32/36 bits à 232 broches et une version 64/72 bits à 326 broches. Elles viennent toutes s'enficher dans des connecteurs de taille identique, mais des encoches sur les connecteurs et les RIMM empêchent toute erreur : une carte donnée n'acceptera qu'un seul type. La version de loin la plus répandue est celle en 16/18 bits. La version 32 bits a été introduite fin 2002 et la version 64 bits en 2004.

Les barrettes RIMM standard 16/18 bits sont des modules double face avec 184 broches, dotés d'une encoche de chaque côté et de deux encoches sur la barre de contact. Les versions 16 bits sont utilisées pour les versions non-ECC, alors que les versions 18 bits incorporent les bits supplémentaires requis pour ECC.

Les Figures 5.3 à 5.9 montrent respectivement les barrettes SIMM 30 broches (8 bits), 72 broches (32 bits), DIMM SDRAM 168 broches, DIMM SDRAM DDR 184 broches (64 bits), DIMM DDR2 240 broches, DIMM DDR3 240 broches et RIMM 184 broches. Les contacts sont numérotés de gauche à droite et sont présents des deux côtés du module. Les contacts de DIMM sont différents de chaque côté, alors que sur les barrettes SIMM ils sont identiques. Les dimensions sont données en millimètres.

Par rapport à leur taille compacte, ces modules ont une capacité très importante. Le Tableau 5.13 donne la liste des capacités pour les différents modèles.

Figure 5.3
La SIMM 30 broches.

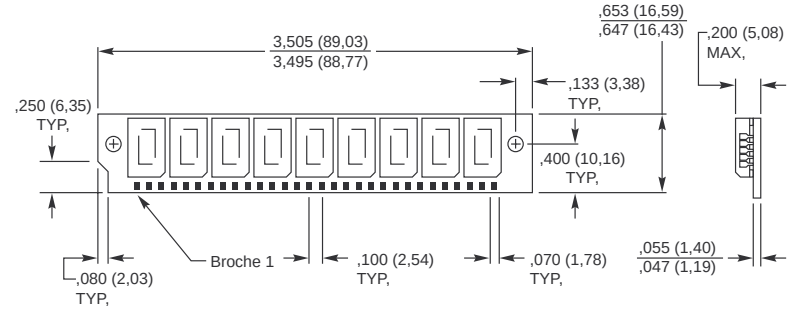


Figure 5.4
La SIMM 72 broches.

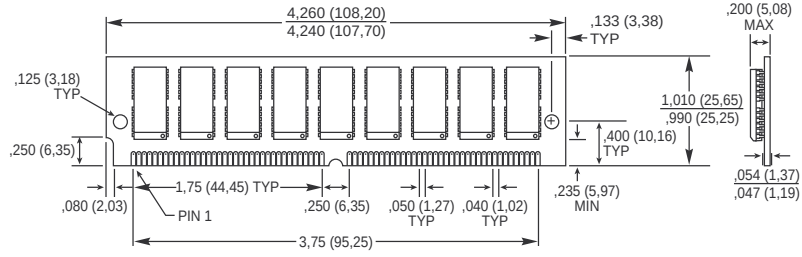


Figure 5.5
La DIMM SDRAM 168 broches.

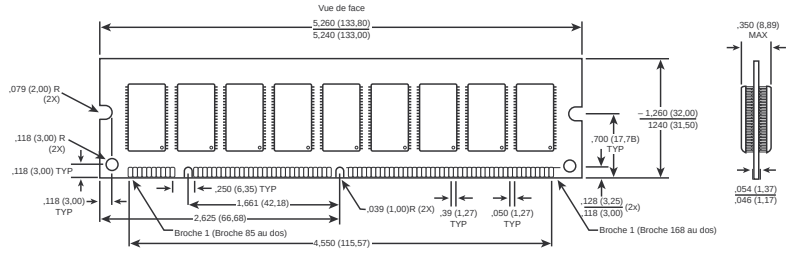


Figure 5.6
La DIMM DDR 184 broches.

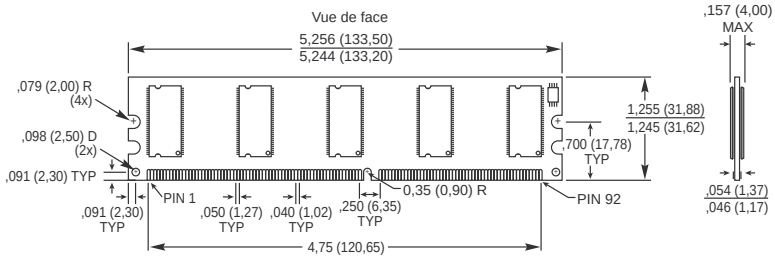
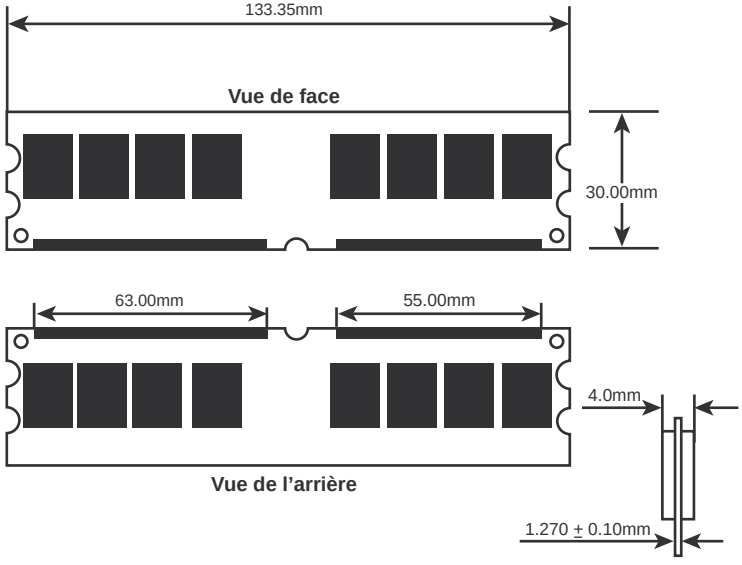


Figure 5.7
La DIMM DDR2 240 broches.



Les modules de mémoire existent en différentes vitesses. Consultez la documentation de votre carte mère pour déterminer la vitesse et le type adaptés à votre système. Il est en général conseillé de faire correspondre la vitesse de la mémoire (appelée aussi taux de transfert ou largeur de bande) avec la vitesse du bus de données du processeur (appelé parfois bus frontal ou FSB).

Tableau 5.13 : Capacités des barrettes SIMM, DIMM et RIMM

Capacité	Parité/ECC	Standard
	SIMM 30 broches	
256 Ko	256 Ko × 9	256 Ko × 8
1 Mo	1 Mo × 9	1 Mo × 8
4 Mo	4 Mo × 9	4 Mo × 8
16 Mo	16 Mo × 9	16 Mo × 8
	SIMM 72 broches	
1 Mo	256 Ko × 36	256 Ko × 32
2 Mo	512 Ko × 36	512 Ko × 32
4 Mo	1 Mo × 36	1 Mo × 32
8 Mo	2 Mo × 36	2 Mo × 32
16 Mo	4 Mo × 36	4 Mo × 32
32 Mo	8 Mo × 36	8 Mo × 32
64 Mo	16 Mo × 36	16 Mo × 32
128 Mo	32 Mo × 36	32 Mo × 32
	DDR DIMM/DIMM 168/184 broches	
8 Mo	1 Mo × 72	1 Mo × 64
16 Mo	2 Mo × 72	2 Mo × 64
32 Mo	4 Mo × 72	4 Mo × 64
64 Mo	8 Mo × 72	8 Mo × 64
128 Mo	16 Mo × 72	16 Mo × 64
256 Mo	32 Mo × 72	32 Mo × 64
512 Mo	64 Mo × 72	64 Mo × 64
1024 Mo	128 Mo × 72	128 Mo × 64
2048 Mo	256 Mo × 72	256 Mo × 64
	DDR2 DIMM 240 broches	
256 Mo	32 Mo × 72	32 Mo × 64
512 Mo	64 Mo × 72	64 Mo × 64
1024 Mo	128 Mo × 72	128 Mo × 64
2048 Mo	256 Mo × 72	256 Mo × 64
	DDR3 DIMM 240 broches	
256 Mo	32 Mo × 72	32 Mo × 64

Tableau 5.13 : Capacités des barrettes SIMM, DIMM et RIMM (*suite*)

Capacité	Parité/ECC	Standard
512 Mo	64 Mo × 72	64 Mo × 64
1024 Mo	128 Mo × 72	128 Mo × 64
2048 Mo	256 Mo × 72	256 Mo × 64
	RIMM 184 broches	
64 Mo	32 Mo × 18	32 Mo × 16
128 Mo	64 Mo × 18	64 Mo × 16
256 Mo	128 Mo × 18	128 Mo × 16
512 Mo	256 Mo × 18	256 Mo × 16
1024 Mo	512 Mo × 18	512 Mo × 16

Figure 5.8
La DIMM DDR3 240 broches.

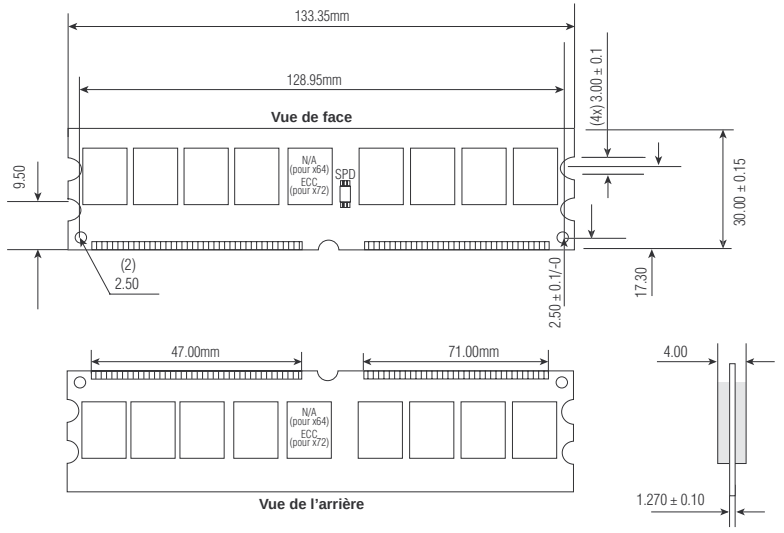
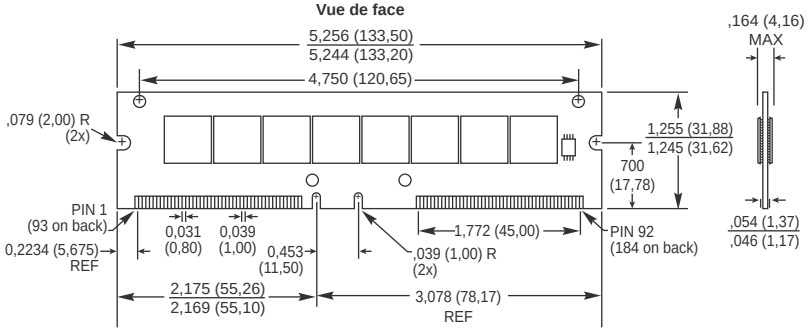


Figure 5.9
La RIMM 184 broches.



Si un système demande une vitesse donnée, on peut toujours mettre une barrette de mémoire plus rapide. Aucun problème ne se pose en principe pour faire cohabiter des barrettes de vitesses différentes. La seule condition est qu'elles soient aussi rapides ou plus rapides que ce qui est exigé par le système. La différence de prix entre barrettes de différentes vitesses étant très faible, il est souvent intéressant de choisir la vitesse la plus élevée. Il sera peut-être ainsi plus facile de les réutiliser dans un futur système qui pourrait exiger une vitesse plus élevée.

La plupart des barrettes SDRAM étant équipées d'une ROM SPD (*Serial Presence Detect*) qui indique leur fréquence et leurs paramètres de cadençage au système, dans la plupart des ordinateurs, le contrôleur de mémoire et le bus s'exécuteront à une fréquence correspondant à la barrette la plus lente installée.

Infos

Un banc de mémoire est la portion de mémoire la plus petite qui puisse être adressée par le processeur en une fois. Il correspond généralement à la largeur du bus de données. Si un processeur offre un bus de données de 64 bits, un banc de mémoire a également une largeur de 64 bits. Si la mémoire est entrelacée ou s'exécute en double canal, un banc virtuel est formé du double de la largeur du bus de données du processeur.

On ne peut pas toujours remplacer une barrette par une autre de capacité supérieure. Les ordinateurs ont des limites inhérentes à leur conception. Une capacité supérieure pour une barrette n'est possible que si la carte mère est initialement conçue pour l'accepter. Consultez la documentation de votre ordinateur pour déterminer quelle capacité et quelle vitesse utiliser.

Brochage des DIMM DDR2

Le Tableau 5.14 présente la configuration des broches d'une puce DIMM SDRAM DDR2. Les broches 1-120 sont sur la face avant, les broches 121-240 sont placées sur la face arrière. Toutes les broches sont plaquées or.

Tableau 5.14 : Configuration des 240 broches DIMM DDR2

Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal
1	VREF	61	A4	121	VSS	181	VDDQ
2	VSS	62	VDDQ	122	DQ4	182	A3
3	DQ0	63	A2	123	DQ5	183	A1
4	DQ1	64	VDD	124	VSS	184	VDD
5	VSS	65	VSS	125	DM0	185	CK0
6	-DQS0	66	VSS	126	NC	186	-CK0
7	DQS0	67	VDD	127	VSS	187	VDD
8	VSS	68	NC	128	DQ6	188	A0
9	DQ2	69	VDD	129	DQ7	189	VDD

Tableau 5.14 : Configuration des 240 broches DIMM DDR2 (*suite*)

Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal
10	DQ3	70	A10/-AP	130	VSS	190	BA1
11	VSS	71	BA0	131	DQ12	191	VDDQ
12	DQ8	72	VDDQ	132	DQ13	192	-RAS
13	DQ9	73	-WE	133	VSS	193	-CS0
14	VSS	74	-CAS	134	DM1	194	VDDQ
15	-DQS1	75	VDDQ	135	NC	195	ODT0
16	DQS1	76	-CS1	136	VSS	196	A13
17	VSS	77	ODT1	137	CK1	197	VDD
18	NC	78	VDDQ	138	-CK1	198	VSS
19	NC	79	SS	139	VSS	199	DQ36
20	VSS	80	DQ32	140	DQ14	200	DQ37
21	DQ10	81	DQ33	141	DQ15	201	VSS
22	DQ11	82	VSS	142	VSS	202	DM4
23	VSS	83	-DQS4	143	DQ20	203	NC
24	DQ16	84	DQS4	144	DQ21	204	VSS
25	DQ17	85	VSS	145	VSS	205	DQ38
26	VSS	86	DQ34	146	DM2	206	DQ39
27	-DQS2	87	DQ35	147	NC	207	VSS
28	DQS2	88	VSS	148	VSS	208	DQ44
29	VSS	89	DQ40	149	DQ22	209	DQ45
30	DQ18	90	DQ41	150	DQ23	210	VSS
31	DQ19	91	VSS	151	VSS	211	DM5
32	VSS	92	-DQS5	152	DQ28	212	NC
33	DQ24	93	DQS5	153	DQ29	213	VSS
34	DQ25	94	VSS	154	VSS	214	DQ46
35	VSS	95	DQ42	155	DM3	215	DQ47
36	-DQS3	96	DQ43	156	NC	216	VSS
37	DQS3	97	VSS	157	VSS	217	DQ52
38	VSS	98	DQ48	158	DQ30	218	DQ53
39	DQ26	99	DQ49	159	DQ31	219	VSS
40	DQ27	100	VSS	160	VSS	220	CK2
41	VSS	101	SA2	161	NC	221	-CK2
42	NC	102	NC	162	NC	222	VSS
43	NC	103	VSS	163	VSS	223	DM6

Tableau 5.14 : Configuration des 240 broches DIMM DDR2 (*suite*)

Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal	Broche	Signal
44	VSS	104	-DQS6	164	NC	224	NC
45	NC	105	DQS6	165	NC	225	VSS
46	NC	106	VSS	166	VSS	226	DQ54
47	VSS	107	DQ50	167	NC	227	DQ55
48	NC	108	DQ51	168	NC	228	VSS
49	NC	109	VSS	169	VSS	229	DQ60
50	VSS	110	DQ56	170	VDDQ	230	DQ61
51	VDDQ	111	DQ57	171	CKE1	231	VSS
52	CKE0	112	VSS	172	VDD	232	DM7
53	VDD	113	-DQS7	173	NC	233	NC
54	NC	114	DQS7	174	NC	234	VSS
55	NC	115	VSS	175	VDDQ	235	DQ62
56	VDDQ	116	DQ58	176	A12	236	DQ63
57	A11	117	DQ59	177	A9	237	VSS
58	A7	118	VSS	178	VDD	238	VDDSPD
59	VDD	119	SDA	179	A8	239	SA0
60	A5	120	SCL	180	A6	240	SA1

Les DIMM DDR2 à 240 broches utilisent deux encoches de chaque côté pour permettre la compatibilité avec les connecteurs à verrouillage haut ou bas. Le détrompeur est décalé par rapport au centre de la mémoire DIMM pour empêcher une insertion à l'envers dans le connecteur. L'encoche qui sert de détrompeur est positionnée au centre de la zone entre les broches 64 et 65 sur l'avant (184-185 sur l'arrière) et il n'y a aucun détrompeur de voltage car toutes les DDR2 travaillent en 1,8 V.

Brochage des DIMM DDR3

Le Tableau 5.15 présente la configuration des 240 broches d'une puce DIMM SDRAM DDR3. Les broches 1-120 sont sur la face avant, les broches 121-240 sont placées sur la face arrière. Toutes les broches sont plaquées or.

Les DIMM DDR3 à 240 broches utilisent deux encoches de chaque côté pour permettre la compatibilité avec les connecteurs à verrouillage haut ou bas. Le détrompeur est décalé par rapport au centre de la mémoire DIMM pour empêcher une insertion à l'envers dans le connecteur. L'encoche qui sert de détrompeur est positionnée au centre de la zone entre les broches 48 et 49 sur l'avant (168 et 169 sur l'arrière) et il n'y a aucun détrompeur de voltage car toutes les DDR3 travaillent en 1,5 V.

Tableau 5.15 : Configuration des 240 broches DIMM DDR3

Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière	Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière	Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière
1	VREFDQ	121	VSS	42	DQS8	162	DQS17	82	DQ33	202	VSS
2	VSS	122	DQ4	43	DQS8	163	VSS	83	VSS	203	DM4, DQS13
3	DQ0	123	DQ5	44	VSS	164	CB6	84	DQS4	204	DQS13
4	DQ1	124	VSS	45	CB2	165	CB7	85	DQS4	205	VSS
5	VSS	125	DM0, DQS9	46	CB3	166	VSS	86	VSS	206	DQ38
6	DQS0	126	NC, DQS9	47	VSS	167	TEST	87	DQ34	207	DQ39
7	DQS0	127	VSS	48	NC	168	Reset	88	DQ35	208	VSS
8	VSS	128	DQ6	Détr.	Détr.	Détr.	Détr.	89	VSS	209	DQ44
9	DQ2	129	DQ7	49	NC	169	CKE1	90	DQ40	210	DQ45
10	DQ3	130	VSS	50	CKE0	170	VDD	91	DQ41	211	VSS
11	VSS	131	DQ12	51	VDD	171	A15	92	VSS	212	DM5, DQS14
12	DQ8	132	DQ13	52	BA2	172	A14	93	DQS5	213	DQS14
13	DQ9	133	VSS	53	ERR-OUT(NC)	173	VDD	94	DQS5	214	VSS
14	VSS	134	DM1, DQS10	54	VDD	174	A12	95	VSS	215	DQ46
15	DQS1	135	NC, DQS10	55	A11	175	A9	96	DQ42	216	DQ47
16	DQS1	136	VSS	56	A7	176	VDD	97	DQ43	217	VSS
17	VSS	137	DQ14	57	VDD	177	A8	98	VSS	218	DQ52
18	DQ10	138	DQ15	58	A5	178	A6	99	DQ48	219	DQ53
19	DQ11	139	VSS	59	A4	179	VDD	100	DQ49	220	VSS
20	VSS	140	DQ20	60	VDD	180	A3	101	VSS	221	DM6, DQS15
21	DQ16	141	DQ21	61	A2	181	A1	102	DQS6	222	DQS15
22	DQ17	142	VSS	62	VDD	182	VDD	103	DQS6	223	VSS
23	VSS	143	DQS11	63	CK1/NC	183	VDD	104	VSS	224	DQ54
24	DQS2	144	DQS11	64	CK1/NC	184	CK0	105	DQ50	225	DQ55
25	DQS2	145	VSS	65	VDD	185	CK0	106	DQ51	226	VSS
26	VSS	146	DQ22	66	VDD	186	VDD	107	VSS	227	DQ60
27	DQ18	147	DQ23	67	VREFCA	187	SF	108	DQ56	228	DQ61
28	DQ19	148	VSS	68	Par_In(NC)	188	A0	109	DQ57	229	VSS

Tableau 5.15 : Configuration des 240 broches DIMM DDR3 (*suite*)

Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière	Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière	Broche	Signal devant	Broche	Signal derrière
29	VSS	149	DQ28	69	VDD	189	VDD	110	VSS	230	DM7, DQS16
30	DQ24	150	DQ29	70	A10	190	BA1/BA0	111	DQS7	231	DQS16
31	DQ25	151	VSS	71	BA0/BA1	191	VDD	112	DQS7	232	VSS
32	VSS	152	DM3, DQS12	72	VDD	192	RAS	113	VSS	233	DQ62
33	DQS3	153	DQS12	73	WE	193	S0	114	DQ58	234	DQ63
34	DQS3	154	VSS	74	CAS	194	VDD	115	DQ59	235	VSS
35	VSS	155	DQ30	75	VDD	195	ODT0	116	VSS	236	VDDSPD
36	DQ26	156	DQ31	76	S1	196	A13	117	SA0	237	SA1
37	DQ27	157	VSS	77	ODT1	197	VDD	118	SCL	238	SDA
38	VSS	158	CB4	78	VDD	198	SF	119	VSS	239	VSS
39	CB0	159	CB5	79	RUFSPD	199	VSS	120	VTT	240	VTT
40	CB1	160	VSS	80	VSS	200	DQ36				
41	VSS	161	DM8, DQS17	81	DQ32	201	DQ37				

NC = Non connecté.
SF = Sans fonction.
NU = Non utilisable.
RUF = Réservée pour une utilisation future.

Déterminer la taille et les caractéristiques d'un module

Les modules mémoire possèdent généralement une étiquette qui indique leur type, leur vitesse et leur fabricant. Pour savoir si un module existant peut être utilisé dans un nouvel ordinateur ou si vous devez remplacer la mémoire d'un ordinateur existant, ces informations peuvent être essentielles. La Figure 5.10 illustre le marquage de modules de mémoire 512 Mo et 1 Go typiques de la marque Crucial Technologies.

Si vos modules ne sont pas étiquetés, vous pouvez néanmoins déterminer leur type, leur vitesse et leur capacité si les puces mémoire sur le module sont clairement marquées. Par exemple, supposons que les puces des modules de mémoire possèdent la marque suivante :

MT46V64M8TG-75

En utilisant un moteur de recherche sur Internet et en saisissant le numéro d'une puce, vous pouvez généralement trouver la fiche technique correspondante. Prenons un exemple. Supposons que vous

Figure 5.10

Marquages sur des modules mémoire de 512 Mo (en haut) et 1 Go (en bas) de la marque Crucial Technologies.

1. Taille du module
2. Type et vitesse du module
3. Temps d'accès CAS
4. Numéro de série Crucial Technologies

possédiez un module de mémoire Registered et que vous vouliez rechercher le numéro de série des puces (en général huit puces ou plus) à la place des puces de tampon sur le module (généralement entre une et trois, selon la conception du module). Dans cet exemple, le numéro de série correspond à une puce de mémoire fabriquée par Micron, dont voici le décodage :

MT = Micron Technologies (le fabricant de la puce mémoire);

46 = DDR SDRAM;

V = 2,5V DC;

64M8 = 8 millions de lignes × 8 (égale 64) × 8 bancs (souvent écrit sous la forme 64 Meg × 8);

TG = Package TSOP 66 broches;

-75 = Latence 7,5 ns @ CL2 (DDR 266).

Sa fiche technique complète se trouve à l'adresse **http://download.micron.com/pdf/datasheets/dram/ ddr/512MBDDRx4x8x16.pdf**.

À partir de ces informations, vous pouvez déterminer les caractéristiques du module :

- Le module fonctionne aux vitesses des DDR266 en utilisant une tension standard de 2,5 V.
- Le module a une latence de type CL2 et peut donc être utilisé dans n'importe quel système qui exige une latence CL2 ou plus lente (comme CL2.5 ou CL3).
- Chaque puce a une capacité de 512 Mb (64 × 8 = 512).
- Chaque puce contient 8 bits. Puisqu'il faut 8 bits pour faire 1 octet, la capacité du module peut être calculée en regroupant par lots de huit les puces mémoire du module. Si chaque puce contient 512 Mb, un groupe de huit donne une taille de module égale à 512 Mo (512 Mb × 8 = 512 Mo). Un module à deux bancs possède deux groupes de huit puces pour une capacité totale de 1 Go (512 Mb × 8 = 1024 Mo, ou 1 Go).

Si le module est équipé de neuf puces au lieu de huit (ou 18 à la place de 16), les puces supplémentaires servent au contrôle de parité et à la prise en charge de la correction des erreurs (ECC) sur les serveurs compatibles.

Pour déterminer la taille du module en mégaoctets ou en gigaoctets et pour déterminer si le module prend en charge l'ECC, comptez les puces sur le module et comparez cette valeur aux données du Tableau 5.16. Notez que la taille de chaque puce mémoire en mégabytes est identique à sa taille en mégaoctets si les puces mémoire utilisent une conception 8 bits.

Tableau 5.16 : Capacité d'un module utilisant les puces 512 Mb (64 Mb × 8)

Nombre de puces	Nombre de bits dans chaque banc	Taille du module	Prise en charge de l'ECC	Mono- ou double banc
8	64	512 Mo	Non	Mono
9	72	512 Mo	Oui	Mono
16	64	1 Go	Non	Double
18	72	1 Go	Oui	Double

La puce supplémentaire utilisée par chaque groupe de huit puces apporte le contrôle de parité, qui est utilisé par la fonction ECC sur la plupart des cartes mères pour serveurs.

Un module Registered contient neuf ou 18 puces de mémoire pour l'ECC, avec des puces tampons supplémentaires. Elles sont généralement de taille plus petite et placées près du centre du module.

Infos

Certains modules se fondent sur des puces mémoire 16 bits. Dans ce cas, seules quatre puces sont nécessaires pour une mémoire monobanc (cinq avec prise en charge de la parité/ECC) et huit pour une mémoire double banc (dix avec prise en charge de la parité/ECC). Ces puces de mémoire utilisent un modèle désigné par capacité × 16, par exemple : 256 Mb × 16.

Vous pouvez également obtenir ces informations en recherchant le fabricant, le type de mémoire et l'entreprise dans un moteur de recherche. Par exemple, une recherche web sur Micron "64 Meg × 8" DDR DIMM conduit à une liste des modules 64 Mo-512 Mo de Micron à l'adresse **http://www.micron.com/support/designsupport/ tools/ddrtoolbox/designfiles**. Elle donne l'organisation DIMM, la densité SDRAM et d'autres informations pour les modules concernés.

Vous le constatez, avec un petit travail de détective, il est possible de déterminer la taille, la vitesse et le type d'un module de mémoire, même s'il n'est pas marqué, tant que le marquage sur les puces de mémoire elles-mêmes reste lisible.

Astuces

Si vous ne parvenez pas à déchiffrer un numéro de série, utilisez un programme comme HWiNFO ou SiSoftware Sandra pour identifier vos modules de mémoire, ainsi que d'autres aspects concernant votre ordinateur, dont le chipset, le processeur, les emplacements mémoire vides, etc. Des versions shareware sont disponibles aux adresses **www.hwinfo.com** *(HWiNFO) et* **www.sisoftware.net** *(SiSoftware Sandra).*

Bancs de mémoire

Les puces de mémoire, qu'elles soient de type DIP, SIMM, SIPP ou DIMM, sont organisées en bancs sur les cartes mères et les cartes mémoire. Vous devez connaître l'agencement du banc de mémoire et sa position sur les cartes mères et les cartes mémoire quand vous ajoutez de la mémoire au système. En outre, les diagnostics portant sur la mémoire indiquent les emplacements des erreurs par octet et par adresse. Utilisez ces chiffres pour savoir où se trouve le banc défectueux.

Les bancs correspondent habituellement à la capacité du bus de données du microprocesseur du système. Le Tableau 5.17 illustre la taille des bancs individuels selon le type de PC.

Tableau 5.17 : Taille des bancs selon le type de PC

Processeur	Bus de données	Taille du banc	Taille du banc (avec parité/ECC)	SIMM 8/9 bits par banc	SIMM 32/36 bits par banc	DIMM 64/72 bits par banc
8088	8 bits	8 bits	9 bits	1	–	–
8086	16 bits	16 bits	18 bits	2	–	–
286	16 bits	16 bits	18 bits	2	–	–
386SX, SL, SLC	16 bits	16 bits	18 bits	2	–	–
486SLC, SLC2	16 bits	16 bits	18 bits	2	–	–
386DX	32 bits	32 bits	36 bits	4	1	–
486SX, DX, DX2, DX4, 5x86	32 bits	32 bits	36 bits	4	1	–
Pentium, Athlon et plus récents en mode monocanal	64 bits	64 bits	72 bits	–	–	1
Pentium, Athlon et plus récents en mode double canal	64 bits	128 bits	144 bits	–	–	2

Le mode double canal exige deux barrettes de mémoire appariées installées dans les supports dédiés au fonctionnement en double canal. Si un seul module ou si des modules de tailles différentes sont utilisés, ou si les supports compatibles double canal ne sont pas utilisés, le système fonctionne en mode monocanal.

Le nombre de bits de chaque banc peut être atteint à l'aide de puces de 1 bit isolées, de barrettes SIMM ou de barrettes DIMM. Les ordinateurs récents n'emploient que des barrettes SIMM ou DIMM. Pour un ordinateur doté d'un processeur de 16 bits comme le 386SX, on mettra deux barrettes SIMM 30 broches par banc. Toutes les barrettes SIMM d'un même banc doivent être identiques.

Sur un ordinateur de type 486, chaque banc est formé soit de quatre barrettes SIMM 30 broches, soit d'une barrette SIMM 72 broches. Cette dernière est un modèle 32 ou 36 bits avec parité. On peut faire la différence en comptant le nombre de puces. Pour obtenir une SIMM 32 bits, on trouve 32 puces de 1 bit ou huit puces de 4 bits. Si le système utilise la parité, 4 bits supplémentaires sont requis (36 bits au total) et il faudra une autre puce de 4 bits ou quatre autres puces de 1 bit.

Comme vous pouvez l'imaginer, les barrettes SIMM 30 broches sont moins intéressantes pour les systèmes 32 ou 64 bits parce que vous devez les utiliser par incréments de quatre ou huit par banc ! Par conséquent, seuls quelques systèmes 32 bits ont été équipés de SIMM 30 broches, mais jamais aucun système 64 bits. Si un système 32 bits (comme n'importe quel PC à base de processeur 386DX ou 486) utilise des SIMM 72 broches, chacune représente un banc séparé et peut être ajoutée ou enlevée individuellement, pas forcément par groupes de quatre. La configuration de la mémoire est ainsi plus facile et plus souple. Dans les systèmes récents à 64 bits, deux barrettes SIMM à 72 broches sont requises par banc.

Les barrettes DIMM sont idéales pour les Pentium et les systèmes plus puissants, car le format 64 bits de la mémoire DIMM correspond à la largeur du bus du processeur. Donc, une barrette DIMM correspond à un banc, et elle peut être ajoutée ou retirée individuellement. De nombreux systèmes récents ont été conçus pour utiliser des modules mémoire appariés afin d'obtenir de meilleures performances. Dans la conception "double canal", chaque couple de module est considéré comme un dispositif 128 bits (144 bits si la parité ou de la mémoire ECC est utilisée). Dans ce cas, même s'il est possible de ne mettre qu'un seul module, il faut les installer par paires pour obtenir les meilleures performances.

La disposition physique et l'ordre des barrettes SIMM ou DIMM sont arbitraires et déterminés par les constructeurs de la carte mère. Vous pouvez déterminer l'agencement de votre carte mère ou de vos cartes d'extension en faisant des tests, mais cela prend du temps et ce n'est pas toujours facile, surtout si votre système pose des problèmes. La documentation de votre système ou de votre carte vous y aidera.

Attention

Si votre système gère la mémoire double canal, assurez-vous d'utiliser les bons supports de mémoire afin que ce mode soit activé. Pour ce faire, consultez la documentation. La plupart des systèmes double canal fonctionneront même si les barrettes ne sont pas installées correctement, mais leurs performances seront diminuées. Certains systèmes acceptent de fonctionner en mode double canal si un nombre impair de modules sont installés, tant que la capacité totale de deux modules d'un canal est égale à la taille du seul module de l'autre canal et que tous les modules affichent les mêmes vitesse et latence. Dans tous les cas, consultez la documentation.

Vitesse des barrettes de mémoire

Lors de l'échange d'une barrette défaillante ou de l'installation d'une nouvelle barrette en guise de mise à niveau, vous devrez la remplacer par une barrette du même type et de la même vitesse que les autres barrettes du système. Vous pouvez mettre en place une barrette de vitesse différente, mais seulement si elle présente une vitesse égale ou supérieure à celle des autres barrettes.

Des problèmes peuvent survenir en combinant des puces de vitesses différentes. Avec la grande variété de cartes mères, de chipsets et de types de mémoires, il est essentiel de respecter quelques règles de base. En cas de doute quant à la vitesse des barrettes à installer, consultez la documentation de la carte mère.

Le remplacement par une mémoire de même type mais plus rapide n'améliore pas les performances si le système gère toujours la mémoire à la même vitesse. Les systèmes utilisant des barrettes DIMM ou RIMM savent lire les paramètres de vitesse et de cadençage des barrettes à partir d'une ROM spéciale (SPD ROM) installée dans la barrette, puis configurer en conséquence le chipset (contrôleur de mémoire). Dans ces systèmes, vous assisterez à un gain de performances en installant des barrettes plus rapides, mais seulement dans les limites acceptées par le chipset.

Pour donner plus de souplesse en réglage et en fiabilité, Intel et le JEDEC ont fixé des normes pour les types de mémoires qui exigent certains niveaux de performance. Ces normes certifient que des modules mémoire sont conformes aux consignes de cadençage et de performances d'Intel.

✔ Voir la section "Contrôle de parité", p. 375.

Les mêmes symptômes apparaissent lorsque la mémoire du système est défaillante ou lorsqu'elle n'est pas assez rapide pour le réglage du système. Ces symptômes sont des erreurs fréquentes au niveau du contrôle de la parité ou lorsqu'un système ne fonctionne plus. Il est possible que le POST signale également ces erreurs. Si vous n'êtes pas certain des puces à adapter à votre système, contactez le fabricant ou un fournisseur fiable.

Parité et ECC (code de correction d'erreurs)

Il est dans la nature de la mémoire de tomber en panne. Ses défaillances sont de deux types : matériel et logiciel.

Les *pannes de niveau matériel* sont les plus faciles à comprendre. La puce fonctionne et, tout à coup, à cause d'un défaut ou pour une raison physique, la mémoire tombe en panne permanente. Pour corriger cela, il faut souvent changer un élément : une puce isolée ou une barrette SIMM ou DIMM complète.

Les *erreurs de niveau logiciel* sont plus insidieuses. Elles ne sont pas permanentes et peuvent disparaître ou revenir à intervalles réguliers. On les élimine généralement en éteignant puis en rallumant l'ordinateur.

Il y a plus de 20 ans, Intel a fait une découverte importante concernant les pannes logicielles. Des particules alpha pouvaient causer des erreurs en nombre important dans les DRAM de 16 Kbits qui

étaient disponibles à cette époque. Les particules alpha, de faible énergie, pouvant être stoppées avec un obstacle aussi fin et léger qu'une feuille de papier ; il devint alors évident qu'elles préexistaient dans le matériau semi-conducteur. Des tests ont montré la présence de traces de thorium et d'uranium dans la céramique et le plastique qui composaient la puce. Cette découverte obligea les fabricants à améliorer leur qualité de production.

Aujourd'hui, cette cause d'anomalie a totalement disparu, à tel point que certains croient que c'est la raison de l'abandon du contrôle de parité. Le raisonnement est le suivant : dans un sous-système de 16 Mo construit à l'aide d'une technologie 4 Mo, des erreurs de logiciel dues à des particules alpha ne sont susceptibles de se produire qu'une fois tous les 16 ans environ. Mais ce raisonnement est inexact, et de nombreux fabricants et vendeurs ont été incités à retirer la parité de leurs systèmes, ainsi que d'autres techniques de tolérance aux pannes, bien que les erreurs de logiciels restent un problème à l'heure actuelle. Certaines découvertes récentes prouvent que les particules alpha ne jouent qu'un rôle mineur dans ce problème.

La majeure partie des anomalies logicielles est attribuée aux rayons cosmiques. Des chercheurs d'IBM ont commencé à travailler sur les erreurs dues aux rayons cosmiques présents sur terre. Ces particules de haute énergie ne sont arrêtées ni par une feuille de papier ni par des boucliers plus puissants. Le docteur J.F. Ziegler du centre de recherche IBM à New York a fait une étude pour comprendre les rayons cosmiques et leur influence sur les erreurs de mémoire.

L'importance du phénomène a été démontrée avec un échantillon de DRAM non-IBM. Le test s'est déroulé sur plusieurs millions d'heures, et au niveau de la mer. Le taux d'erreurs logicielles constaté équivaut à une erreur tous les six mois pour un ordinateur moyen comprenant 36 puces de mémoire. Dans le cas de serveurs ou de systèmes de puissance avec une mémoire plus importante, il se produit au minimum une erreur par mois. Le même test, mené sous terre, avec un bouclier de plus de 15 m de roche, a éliminé toutes les erreurs. Cela démontre ce que les rayons cosmiques peuvent provoquer, mais aussi que la contamination par les particules alpha a totalement disparu.

Les erreurs dues aux rayons cosmiques sont encore plus importantes pour la mémoire SRAM que DRAM, car la charge totale requise pour faire basculer un bit dans une cellule de mémoire SRAM est moindre que celle qui est nécessaire pour faire basculer un condensateur d'une cellule de mémoire DRAM. Les rayons cosmiques posent également plus de problèmes pour la mémoire haute densité. Au fur et à mesure de l'augmentation de la densité de la puce, il devient plus facile pour une particule isolée de faire basculer un bit. Il a été prévu que le taux d'erreurs de logiciel pour une DRAM 64 Mo serait le double de celui d'une puce 16 Mo et qu'une DRAM 256 Mo aurait un taux d'erreurs quatre fois supérieur à ce dernier.

Malheureusement, l'industrie n'a pas reconnu ce type d'erreurs, dont la nature aléatoire peut être plus facilement expliquée par les décharges électrostatiques, les surtensions ou les logiciels instables (surtout dans le cas de mises à jour mal testées de systèmes d'exploitation ou d'applications).

Des études ont montré que les erreurs logicielles dans les ordinateurs utilisant le code de correction d'erreurs (ECC) sont 30 fois plus nombreuses que les erreurs dues au matériel. Le nombre d'erreurs

varie avec la densité et le volume de mémoire présents. Les études montrent que les erreurs logicielles peuvent survenir à une fréquence allant d'une fois par mois (voire moins) à plusieurs fois par semaine ou davantage.

Bien que les rayons cosmiques et autres sources de radiation soient la cause d'erreurs logicielles la plus importante, il en existe d'autres, notamment :

- **Problèmes au niveau de l'alimentation ou sur la ligne.** Ces incidents peuvent être provoqués par une alimentation défectueuse dans le système ou par une prise défaillante.
- **Type ou fréquence incorrects.** Le type de la mémoire doit être adapté au chipset, et sa fréquence doit correspondre à celle de l'accès au système.
- **Interférences RF (*Radio Frequency*, fréquence radio).** Elles sont causées par des émetteurs radio situés à proximité immédiate du système, et qui peuvent générer des signaux électriques dans le câblage et les circuits de ce dernier. L'usage accru des réseaux, des claviers et des souris sans fil peut générer un plus grand nombre d'interférences radio.
- **Décharges statiques.** Celles-ci provoquent des pointes de courant momentanées qui sont susceptibles d'endommager les données.
- **Problèmes de synchronisation.** Les données n'arrivent pas à l'endroit approprié au bon moment, provoquant ainsi des erreurs. Ce problème est souvent causé par des paramètres incorrects au niveau du BIOS, par la mémoire qui est trop lente pour parvenir à suivre le rythme imposé par le système, ou par des processeurs et d'autres composants du système ayant été overclockés.
- **Températures.** Les modules mémoire à haute vitesse chauffent plus qu'autrefois. Les modules RIMM de RDRAM ont été les premiers à être équipés de radiateurs. À présent, tous les modules de DDR et de DDR2 en disposent afin d'évacuer la chaleur de fonctionnement.

La grande majorité de ces problèmes n'est pas irréversible (bien qu'une mauvaise alimentation puisse endommager les puces de façon irrémédiable), mais elle peut provoquer des difficultés momentanées concernant les données.

Comment composer avec ces erreurs ? Les ignorer n'est pas la meilleure méthode, mais c'est malheureusement ce que font les fabricants actuels. La bonne méthode est d'augmenter le niveau de tolérance de panne. Ce qui veut dire qu'il faut trouver des moyens de détecter et si possible corriger les erreurs dans les PC. Il existe trois niveaux de tolérance de panne dans les PC modernes :

- sans parité ;
- avec parité ;
- code de correction d'erreurs (ECC).

Les systèmes *sans parité* n'intègrent aucun procédé de tolérance d'erreurs. La raison toujours invoquée est le coût. Des puces supplémentaires sont nécessaires pour gérer la parité ou les mécanismes de contrôle ECC. Cela entraîne un coût supplémentaire d'environ 12,5 %. De plus, les contrôleurs de mémoire sont simplifiés en ne disposant pas de circuits pour gérer la parité. Les machines porta-

bles, toujours à la recherche d'une consommation minimale, sont aussi concernées par une réduction du nombre des puces. Enfin, le bus de données de la mémoire est plus étroit, ce qui réduit le nombre de tampons de données. Les statistiques d'erreurs dans les machines actuelles sont estimées à une erreur pour quelques mois, moins selon la taille de la mémoire installée. Leur nombre variera selon la quantité de mémoire installée.

Ce taux est tolérable pour les ordinateurs d'entrée de gamme qui ne sont pas utilisés pour les applications stratégiques. L'extrême importance du coût pour ce marché ne peut probablement pas justifier le coût additionnel de mémoire ECC et du contrôle de parité. De telles erreurs doivent alors être acceptées.

L'absence de tolérance aux pannes dans un système signifie simplement que l'on mise sur le fait que les erreurs de mémoire sont improbables et que, si elles se produisent, leur coût est inférieur à celui du matériel permettant de les détecter. Le risque est cependant que les erreurs entraînent des conséquences sérieuses, par exemple dans les calculs bancaires ou encore quand un réseau local se bloque. Dans un serveur, une erreur mémoire peut bloquer le système et obliger les systèmes clients sur le réseau à s'arrêter et donc à diminuer leur productivité. Enfin, dans cette situation, la possibilité d'analyser le problème est pratiquement nulle, ce qui n'est pas le cas avec le contrôle de parité ou le code de correction des erreurs (ECC).

Contrôle de parité

IBM a établi une norme pour l'industrie : les neufs puces de mémoire constituant un banc de mémoire gèrent un bit de données chacune, c'est-à-dire huit bits par caractère, plus un bit spécial appelé *bit de parité*. Le bit de parité permet au circuit de contrôle de la mémoire de garder des traces des huit autres bits – il s'agit d'un contrôle croisé de l'intégrité de chaque octet du système. Si le circuit détecte une erreur, l'ordinateur s'arrête et affiche un message. Avec les systèmes d'exploitation graphiques, tels que Windows ou OS/2, une erreur de parité se manifeste généralement sous la forme d'un plantage général. Au réamorçage de l'ordinateur, le BIOS doit détecter l'erreur et afficher le message correspondant.

Les barrettes SIMM et DIMM sont disponibles avec ou sans contrôle de parité. À l'origine, tous les PC disposaient de ce contrôle pour garantir une précision maximale. Depuis 1994, un changement de tendance a vu le jour dans le marché des PC compatibles. Beaucoup de systèmes sans contrôle de parité ont été vendus. Ces systèmes acceptent des barrettes SIMM sans parité, ce qui fait baisser leur prix d'environ 10 à 15 %. Le contrôle de parité ne permet pas de corriger les erreurs, mais avertit l'utilisateur lorsque l'une d'elles survient. Cela présente deux avantages :

- mettre en garde contre les conséquences de calculs erronés sur des données incorrectes ;
- guider la recherche des sources d'erreurs et assurer un meilleur service.

Les PC peuvent facilement être conçus pour utiliser la mémoire avec ou sans parité. Le coût additionnel sur la carte mère est négligeable ; le seul coût est en réalité l'achat des SIMM ou DIMM avec

parité. Les fabricants peuvent ainsi proposer la parité à leurs clients lorsque ceux-ci considèrent le coût supplémentaire justifié par leurs applications.

Malheureusement, de nombreux constructeurs réputés commencent à vendre des systèmes sans parité pour réduire leurs prix, et ce sans en avertir l'utilisateur. Cette tendance a débuté en 1994 et 1995 et se poursuit actuellement, sans que les utilisateurs en réalisent vraiment la portée. Un ou deux vendeurs furent à l'origine de ce procédé, et les concurrents ont dû suivre pour rester compétitifs.

Personne n'ayant intérêt à ébruiter ce genre d'affaires, cela demeure donc une sorte de petit secret, un peu noir, au sein de l'industrie informatique. On pouvait demander le dispositif de parité mémoire à la commande, même si les configurations proposées ne l'incluaient pas. Cela valait un surcoût de 10 à 15 % sur la mémoire. Mais une bombe a secoué l'industrie à l'arrivée du chipset Intel Triton 430FX, conçu pour le processeur Pentium. Il ne prenait pas en charge le contrôle de parité. Il fut le plus vendu en 1995. Tous les chipsets suivants d'Intel étaient dans la même situation, sauf un, le Triton II 430HX.

Depuis lors, Intel et les autres fabricants de chipsets ont intégré le support du contrôle de parité puis du code de correction d'erreurs ECC dans leurs produits (surtout pour les modèles haut de gamme). Les chipsets d'entrée de gamme ne disposent pas en général de ces fonctions. Si vous attachez un certain prix à la fiabilité, veillez à acheter un système doté de la prise en charge du contrôle de parité et d'ECC. En consultant le Chapitre 3, vous saurez quels chipsets récents les prennent en charge.

Examinons le fonctionnement du contrôle de parité. Ensuite nous étudierons son successeur, le code de correction d'erreurs ECC, qui non seulement détecte mais corrige l'erreur dynamiquement.

Fonctionnement du contrôle de parité

C'est IBM qui a établi, à l'origine, la norme de parité impaire pour contrôler les erreurs. L'explication suivante va permettre de mieux comprendre ce que l'on entend par parité impaire. Les huit bits qui composent un octet sont stockés en mémoire. Un générateur/contrôleur de parité, intégré au processeur ou placé dans une puce spéciale montée sur la carte mère, étudie les bits de données en ajoutant le nombre de 1 que contient l'octet. Si l'octet contient un nombre pair de bits, le générateur/contrôleur de parité crée un 1 qui sera stocké comme neuvième bit (le bit de parité) dans la puce mémoire de parité. Ce qui donne un nombre impair pour la somme des neuf bits. Par contre, si la somme des huit bits donne un nombre impair, le bit de parité créé sera 0, ce qui donne un total impair pour la somme des neuf bits. La valeur du bit de parité est toujours choisie de manière que la somme des neuf bits (huit bits plus le bit de parité) soit un nombre impair. Si le système avait recours à une parité paire, l'exemple serait identique, excepté que le bit de parité serait créé de manière à conserver une somme paire. Peu importe le type de parité employé, le système utilise l'un ou l'autre et cela reste transparent pour les puces de mémoire. Rappelez-vous que les huit bits d'un octet sont numérotés 0 1 2 3 4 5 6 7. L'exemple suivant vous aidera à mieux comprendre.

```
Numéro du bit de données : 0 1 2 3 4 5 6 7     Bit de parité
Valeur du bit de données : 1 0 1 1 0 0 1 1     0
```

Dans cet exemple, puisque le total des bits de données de valeur 1 donne un nombre impair (5), le bit de parité prend la valeur 0 pour que la somme des neuf bits soit un nombre impair.

Voici un autre exemple :

```
Numéro du bit de données : 0 1 2 3 4 5 6 7     Bit de parité
Valeur du bit de données : 1 1 1 1 0 0 1 1     1
```

Dans cet exemple, puisque le total des bits de données de valeur 1 donne un nombre pair (6), le bit de parité doit prendre la valeur 1 pour que la somme des neuf bits donne un nombre impair.

Le système lit de nouveau la mémoire après stockage et vérifie les informations de parité. Si un octet (neuf bits) a un nombre pair de bits, cet octet doit contenir une erreur. Mais le système ne peut pas dire quel est le bit modifié, ou si un seul bit a été modifié. Si trois bits ont été modifiés, l'octet affichera une erreur de parité; en revanche, si deux bits ont été modifiés, le bit erroné peut passer inaperçu. Les erreurs de bits multiples (dans un seul octet) étant rares, ce schéma vous fournit une indication raisonnable et peu coûteuse de la valeur de votre mémoire.

Les exemples suivants montrent les messages d'erreur de parité affichés sur trois systèmes anciens :

```
IBM PC :                        PARITY CHECK x (contrôle de parité x)
IBM XT :                        PARITY CHECK x    yyyyy (z) (contrôle de parité x
yyyyy (z))
IBM AT et XT derniers modèles : PARITY CHECK x    yyyyy (contrôle de parité x
yyyyy)
```

où x représente soit 1 soit 2 :

```
1 = Error occurred on the motherboard (une erreur s'est produite sur la carte
mère).
2 = Error occurred in an expansion slot (une erreur s'est produite sur un
connecteur d'extension).
```

Dans cet exemple, *yyyyy* représente un nombre de 00000 à FFFFF indiquant, en notation hexadécimale, l'octet sur lequel s'est produite l'erreur.

(z) est soit (S) soit (E) :

```
(S) = Parity error occurred in the system unit (une erreur de parité s'est
produite sur l'unité système).
(E) = Parity error occured in an optional expansion chassis (une erreur de parité
s'est produite sur un châssis d'extension optionnel).
```

Un châssis d'extension était une option vendue par IBM sur les premiers PC et XT pour ajouter plus de connecteurs d'extension.

Lorsqu'une erreur de parité est détectée, les circuits de contrôle de parité de la carte mère génèrent une interruption *NMI* (*Non-Maskable Interrupt*, interruption non masquable), qui interrompt les

traitements et requiert l'attention du système sur cette erreur. Sur les vieux ordinateurs IBM, la routine de contrôle de parité de la ROM arrête le processeur. Dans ce cas, l'ordinateur plante et vous devez le réinitialiser ou l'éteindre puis le rallumer pour le relancer. Malheureusement, toutes les données qui n'auront pas été sauvegardées seront perdues.

Beaucoup d'ordinateurs n'arrêtent pas le processeur quand une erreur de parité est détectée, mais vous laissent le choix de réinitialiser l'ordinateur ou de continuer comme si rien ne s'était passé. En outre, ces systèmes peuvent afficher un message d'erreur différent des messages IBM, bien que l'information qu'ils donnent soit à peu près la même. Par exemple, sur les systèmes avec un BIOS Phoenix les messages sont :

```
Memory parity interrupt at xxxx:xxxx (interruption de parité mémoire à l'adresse
xxxx:xxxx)
Type (S)hut off NMI, Type (R)eboot, other keys to continue (appuyez sur S pour
arrêter l'interruption, R pour réinitialiser l'ordinateur, ou sur une autre touche
pour continuer)
```

ou

```
I/O card parity interrupt at xxxx:xxxx (interruption de parité de carte
d'entrées/sorties à l'adresse xxxx:xxxx)
Type (S)hut off NMI, Type (R)eboot, other keys to continue (appuyez sur S pour
arrêter l'interruption, R pour réinitialiser l'ordinateur, ou sur une autre touche
pour continuer)
```

Le premier de ces deux messages indique une erreur de parité au niveau de la carte mère (Parity Check 1), le second indique une erreur de parité sur un connecteur d'extension (Parity Check 2). Remarquez que l'adresse *xxxx:xxxx* pour la mémoire est donnée sous forme segment:offset et non pas sous forme d'adresse linéaire comme dans les messages d'erreur IBM. L'adresse segment:offset vous donne l'emplacement de l'erreur au niveau de l'octet.

Vous pouvez réagir de trois manières différentes à l'affichage d'un message d'erreur :

- Si vous appuyez sur la touche S, le contrôle de parité sera interrompu et le système reprendra ses opérations à l'endroit où le contrôle a commencé.
- Si vous appuyez sur R, le système se réinitialisera et toutes les données qui n'ont pas été sauvegardées seront perdues.
- Si vous appuyez sur une autre touche, le système reprendra le fil de ses opérations avec le contrôle de parité activé.

Si le problème se reproduit, il risque de causer d'autres interruptions du contrôle. En général, il est plus prudent d'appuyer sur S, ce qui le désactive et permet de sauvegarder votre travail. Dans ce cas précis, il serait même préférable de le sauvegarder sur disquette ou disque flash USB pour éviter une quelconque erreur sur le disque dur. Vous devez aussi éviter d'écraser la version précédente de votre travail (qui est encore bonne), car vous pouvez être en train de sauvegarder un fichier endommagé du fait de la défaillance de la mémoire. Une fois le contrôle de parité désactivé, vos opérations de

sauvegarde ne seront plus interrompues. Il est conseillé ensuite d'éteindre votre ordinateur, de le relancer et de lancer un logiciel de diagnostic de mémoire pour essayer de trouver l'erreur. Parfois, lorsque vous relancez votre ordinateur, l'autotest de mise sous tension signale l'erreur, mais vous pouvez avoir besoin de lancer ensuite un programme de diagnostic plus puissant, peut-être en mode continu, pour la localiser.

Les systèmes équipés d'un BIOS AMI affichent les messages d'erreur suivants :

```
ON BOARD PARITY ERROR ADDR (HEX) = (xxxxx) (erreur de parité sur la carte;
adresse (HEX) = (XXXXX))
```

ou

```
OFF BOARD PARITY ERROR ADDR (HEX) = (xxxxx) (erreur de parité hors de la carte;
adresse (HEX) = (xxxxx))
```

Ces messages indiquent qu'une erreur s'est produite dans la mémoire à l'adresse indiquée pendant l'autotest. Le premier message indique que l'erreur s'est produite au niveau de la carte mère, et le second au niveau d'un connecteur d'une carte d'extension. Le BIOS AMI peut aussi afficher les erreurs mémoire de cette manière :

```
Memory Parity error at xxxxx (erreur de parité de mémoire à l'adresse xxxxx)
```

ou

```
I/O Card Parity Error at xxxxx (erreur de parité de carte d'entrées/sorties à
l'adresse xxxx)
```

Ces messages indiquent que l'erreur mémoire s'est produite à l'adresse indiquée pendant le fonctionnement normal de l'ordinateur. Le premier message indique une erreur de mémoire au niveau de la carte mère, et le second au niveau de la mémoire d'une carte d'extension.

Même si de nombreux systèmes permettent de continuer à travailler après une erreur de parité, et autorisent même la désactivation des autres contrôles de parité, il peut être dangereux de continuer d'utiliser un système défectueux. L'idée est de vous laisser le temps d'enregistrer votre travail avant de faire le diagnostic et la réparation de l'ordinateur, mais faites attention à la manière de procéder.

Notez que les messages peuvent varier non seulement en fonction du BIOS, mais aussi du système d'exploitation. Les systèmes d'exploitation en mode protégé, par exemple la plupart des versions de Windows, interceptent ces erreurs et exécutent leur propre gestionnaire, affichant ainsi un message personnalisé différent de celui de la ROM. Ce message peut être associé à un écran bleu, mais en général il indique si le problème est lié à la mémoire ou à la parité. Ainsi, Windows 98 affiche un message indiquant la détection d'une erreur de parité mémoire et l'arrêt du système lorsqu'une erreur de ce type intervient.

Lorsque le contrôleur de parité signale une erreur de parité mémoire, cela signifie que celle-ci a été endommagée. Voulez-vous vraiment sauvegarder des données qui sont probablement endommagées dans un fichier qui était bon

la dernière fois que vous l'avez sauvegardé ? Évidemment non ! Faites donc très attention à bien enregistrer vos données sous un nouveau nom de fichier. De plus, après une erreur de parité, faites votre sauvegarde uniquement sur disquette ou clé USB et évitez d'écrire sur le disque dur, car celui-ci pourrait être endommagé si vous y enregistriez le contenu de la mémoire défectueuse.

Après avoir enregistré votre travail, trouvez la cause de l'erreur de parité et réparez votre ordinateur. Vous pouvez être tenté d'arrêter le contrôle de parité et de continuer à utiliser votre système comme si de rien n'était. Mais attention, si vous le faites, c'est un peu comme si vous dévissiez l'ampoule du témoin de pression d'huile de votre voiture qui a une fuite d'huile pour ne plus être ennuyé !

Si nous revenons quelques années en arrière, lorsque la mémoire était plus coûteuse, certaines sociétés mettaient sur le marché des barrettes SIMM équipées de fausses puces de parité. Au lieu de disposer de puces de mémoire supplémentaires nécessaires au stockage des bits de parité, ces barrettes SIMM utilisaient une puce génératrice de parité intégrée. Cette puce ignorait toute parité que le système tentait de stocker sur les barrettes SIMM, mais lorsque les données étaient extraites elle s'assurait de toujours bien renvoyer une parité correcte, ce qui faisait croire au système que tout allait bien en dépit du problème potentiel.

Le coût relativement élevé de la mémoire fut à l'origine de ces fausses barrettes à parité. Une société pouvait proposer une barrette SIMM équipée d'une fausse puce pour quelques euros supplémentaires. Malheureusement, la reconnaissance de ces barrettes peut se révéler difficile. Un faux générateur de parité ne ressemble pas à une puce de mémoire. Ses marquages sont différents de ceux des autres puces de mémoire présentes sur la barrette SIMM. La plupart d'entre eux affichaient le sigle "GSM", qui indiquait le fabricant du dispositif de parité, mais pas nécessairement de la barrette SIMM elle-même.

Une façon de détecter ces barrettes équipées d'une fausse puce de parité consiste à utiliser une machine de test, telle que celles des systèmes de Tanisys (**www.tanisys.com**), CST (**www.simmtester.com**) ou Innoventions (**www.memorytest.com**). Il ne semble pas exister de DIMM ou de RIMM avec de faux bits de parité/ECC, et la mémoire est devenue suffisamment abordable pour que ce cas de figure se produise.

Code de correction d'erreurs (ECC)

Depuis la détection des erreurs de parité, un grand bond en avant a été fait avec le code ECC (*Error Code Correction*, code de correction d'erreurs). En plus de détecter une erreur sur un bit, le code ECC la corrige. Il est ainsi possible de poursuivre le traitement sans interruption et sans données erronées. Le code ECC ne corrige que les erreurs portant sur un seul bit et non sur deux bits consécutifs (ces dernières sont détectées, mais pas corrigées). Des études ont montré que 98 % des erreurs portaient sur un seul bit. Ce type de correction ECC est appelé *SEC-DED* (*Single-bit Error Correcting-Double-bit Error Detection*). Il nécessite 7 bits supplémentaires de contrôle pour 32 dans un système à 4 octets, et 8 bits pour 64 dans un système à 8 octets. Dans le système à 4 octets (32 bits, tel qu'un 486), le code ECC coûte plus cher que le contrôle de parité. Dans un système 8 octets (64 bits, tel que le Pentium/Athlon), les coûts sont équivalents, car il faut autant de bits supplémentaires (8) pour le contrôle de parité que pour le code ECC. Vous pouvez par conséquent acheter des barret-

tes SIMM (36 bits), DIMM (72 bits) ou RIMM (18 bits) avec parité pour les systèmes 32 bits et les utiliser en mode ECC si le chipset le supporte. Lorsqu'un système utilise des barrettes SIMM, deux barrettes de 36 bits avec parité sont ajoutées pour chaque banc (pour un total de 72 bits), et le contrôle ECC est réalisé au niveau du banc. Si le système utilise des barrettes DIMM, une seule barrette de 72 bits avec parité et ECC est nécessaire. Elle fournit les bits supplémentaires. Les RIMM sont installées individuellement ou par paires, selon le chipset et la carte mère. Il doit s'agir de versions 18 bits si vous souhaitez la parité et ECC.

Le code ECC se substitue au contrôleur de mémoire lors du calcul des bits de contrôle dans une opération d'écriture en mémoire. Il compare les bits de contrôle lus et calculés dans une opération de lecture et, si besoin est, corrige les bits erronés. La logique supplémentaire demandée par le code ECC dans le contrôleur n'est pas importante à une époque où la logique VLSI est bon marché, mais ce code affecte les performances des écritures en mémoire. En effet, l'opération doit être programmée pour attendre pendant le calcul des bits de contrôle et lire quand le système attend les données corrigées. Pour l'écriture d'une partie d'un mot de données, il faut d'abord lire le mot entier, puis les octets concernés sont réécrits et enfin les nouveaux bits de contrôle sont calculés. Cela transforme une écriture de mots de données partiels en une opération plus lente de lecture, puis d'écriture modificatrice. Mais, heureusement, cette baisse des performances est infime, de l'ordre de quelques pourcent au maximum. La fiabilité reste donc plus qu'acceptable.

Beaucoup d'erreurs de mémoire sont limitées à un bit et s'inscrivent donc dans le champ d'application du code ECC. Ce dispositif offre aux systèmes de haut niveau une certaine fiabilité. Il s'agit d'un bon choix pour les serveurs, les stations de travail et les applications importantes, où le coût d'une erreur de mémoire potentielle dépasse celui de la mémoire supplémentaire et du dispositif de correction. Il permet également d'assurer la fiabilité du système. Si vos données ont de la valeur et que vous utilisiez votre ordinateur pour des tâches importantes, le code de correction d'erreurs ECC vous est nécessaire. Aucun dirigeant d'entreprise digne de ce nom n'acceptera un serveur de réseau quel qu'il soit sans mémoire ECC.

La conception de systèmes grâce auxquels l'utilisateur opte ou non pour le contrôle de parité, et le code de correction d'erreurs, lui offre la possibilité de choisir le niveau de tolérance aux pannes désiré ainsi que le degré de risque qu'il désire prendre avec ses données.

Installation d'extensions de la mémoire RAM

L'ajout de mémoire à un système est l'une des évolutions les plus utiles que vous puissiez faire (et aussi l'une des moins chères) au regard des capacités accrues de Windows et de Linux quand ils disposent de plus de mémoire. Dans certains cas, doubler la mémoire peut pratiquement doubler la vitesse de l'ordinateur.

La section suivante traite de l'ajout de mémoire, ainsi que du choix des puces ou barrettes de mémoire, de leur installation et des tests d'installation.

Options et stratégies d'évolution

L'ajout de mémoire est une opération peu coûteuse. Actuellement, le prix de la mémoire est tombé à moins de 10 centimes d'euro par mégaoctet. Une petite dose de mémoire peut faire faire un bond étonnant aux performances de votre ordinateur.

Comment ajouter de la mémoire à votre PC ? Deux possibilités s'offrent à vous, énoncées ici par ordre de commodité et de coût :

- ajouter de la mémoire dans les connecteurs vides de votre carte mère ;
- remplacer la mémoire de votre carte mère actuelle par de la mémoire de plus grande capacité.

Si vous décidez de passer à un ordinateur ou à une carte mère plus puissants, vous ne pourrez sans doute pas récupérer la mémoire de l'ancien système. La meilleure solution est de planifier l'achat d'une nouvelle carte mère avec le type optimal de mémoire qu'elle accepte.

Faites attention à bien mesurer vos futurs besoins en vitesse de calcul et en systèmes d'exploitation multitâches, en fonction de l'argent que vous pouvez dépenser pour faire évoluer votre système actuel.

Pour savoir à quel moment vous devez ajouter de la mémoire, vous pouvez utiliser le moniteur système (Perfmon.msc) fourni avec Windows 2000 et Windows XP. Vous pouvez le lancer à distance ou depuis la console du serveur. Pour vérifier l'utilisation de la mémoire, choisissez Objet de performance mémoire et activez les compteurs suivants :

- **Pages/s.** Ce compteur indique le nombre de fois par seconde où le système utilise la mémoire virtuelle à la place de la mémoire physique. Une valeur supérieure à 20 signale un problème potentiel. Vérifiez les paramètres de la mémoire virtuelle. Si le compteur reste au-dessus de 20, installez de la mémoire supplémentaire.
- **Octets dédiés** et **Octets disponibles.** Octets dédiés trace la mémoire virtuelle en utilisation, tandis qu'Octets disponibles trace la mémoire physique disponible. Ajoutez de la mémoire si le nombre d'octets disponibles est faible.
- **Octets du cache.** Ce compteur mesure la quantité de RAM utilisée pour le cache du système de fichiers. Ajoutez de la mémoire supplémentaire si cette quantité excède 4 Mo.

Dans Windows Vista, les mêmes informations sont disponibles dans le moniteur de fiabilité et de performances. Ouvrez Analyseur de performances et utilisez l'outil Ajouter pour sélectionner ces compteurs dans la catégorie Mémoire.

Avant d'ajouter de la RAM dans un système, ou de remplacer des puces défectueuses, vous devez déterminer les modules compatibles avec votre système. Cette information se trouve dans la documentation qui accompagne le système. Vous pouvez également examiner les modules déjà installés dans votre système, utiliser l'outil en ligne de configuration de la mémoire proposé par votre fournisseur de mémoire préféré ou télécharger et exécuter des outils d'analyse de la mémoire.

Infos

Avant d'augmenter la mémoire de votre Pentium (P5) au-delà de 64 Mo, assurez-vous que le chipset sait gérer plus de 64 Mo de mémoire cache. Si vous dépassez les limites de votre cache L2, vous constaterez que les performances du système diminuent. Pour plus d'informations, reportez-vous à la section "Mémoire cache : SRAM", traitée précédemment dans ce chapitre. Cette limite existe principalement sur les chipsets de type Pentium (P5). Les processeurs Pentium II et ultérieurs, y compris les Athlon, Duron et Sempron d'AMD, ont un contrôleur de cache L2 intégré au processeur, non au chipset, qui gère la mise en cache de 4 Go, voire plus sur les derniers modèles. Le prix au mégaoctet des modules mémoire SIMM anciens est plus élevé que celui des SDRAM et DDR SDRAM. Il sera sans doute financièrement plus rentable de remplacer la carte mère, le processeur et la mémoire par de nouveaux composants que d'ajouter de la mémoire SIMM à un ancien système.

Choix et installation de la mémoire

L'installation de mémoire supplémentaire sur votre carte mère est un moyen très facile d'améliorer les performances de votre ordinateur. La plupart des systèmes possèdent au minimum un banc de mémoire vacant, qui vous permet par la suite d'ajouter de la mémoire supplémentaire.

Si votre système exige de la mémoire double canal, comme c'est le cas de certains systèmes à hautes performances, vous devez choisir deux modules mémoire identiques (mêmes taille, vitesse et type).

Achat de mémoire

Lors de l'achat de mémoire, plusieurs questions sont à prendre en compte. Certaines sont liées à la fabrication et à la distribution des barrettes, d'autres dépendent du type de mémoire que vous voulez acquérir. Cette section traite de certains des problèmes à prendre en considération lors d'un achat.

Fournisseurs

Beaucoup d'entreprises vendent des mémoires, mais rares sont celles qui en fabriquent. De surcroît, seules quelques-unes fabriquent des puces de mémoire, alors qu'un nombre bien plus grand fabrique des barrettes de mémoire telles que des SIMM, des DIMM ou des RIMM. La plupart des entreprises fabriquant des puces de RAM construisent également des barrettes destinées à contenir leurs propres puces. Certaines se contentent de fabriquer des conteneurs (les barrettes) et y placent des puces d'origines diverses. D'autres encore ne fabriquent ni puces ni barrettes, se contentant d'acheter des barrettes et d'en changer l'étiquette.

En ce qui nous concerne, nous appelons les barrettes de mémoire fabriquées par des constructeurs de puces des barrettes de première main, les barrettes fabriquées par des constructeurs de barrettes (mais pas de puces) des barrettes de deuxième main et celles simplement réétiquetées par des entreprises qui ne fabriquent ni puces ni barrettes des barrettes de troisième main. Il vaut toujours mieux acheter des barrettes de première main, ne serait-ce que parce qu'elles sont mieux documentées. Par essence, elles ont un meilleur pedigree et leur qualité est plus sûre. Sans compter que l'achat de barrettes de première ou de deuxième main élimine automatiquement plusieurs intermédiaires n'intervenant qu'au stade de la distribution.

Parmi les fabricants de première main (les entreprises construisant à la fois les puces et les barrettes), nous citerons Micron (**http://www.crucial.com**), Infineon (anciennement Siemens), Samsung, Mitsubishi, Toshiba, NEC. Les fabricants de barrettes de deuxième main les plus connus sont Kingston, Viking, PNY, Simple Tech, Smart, Mushkin et OCZ Technologies. Au niveau de la troisième main, vous n'achetez plus la barrette d'un constructeur mais celle d'un revendeur ou d'un distributeur.

La plupart des fabricants importants ne vendent pas des mémoires en petites quantités à des particuliers, bien que certains disposent de magasins d'usine où les particuliers peuvent se procurer des barrettes, y compris à l'unité. L'un des principaux fabricants de mémoire au monde, Micron, vend directement aux clients sur le site **www.crucial.com**. Les achats en direct auprès de ces fournisseurs permettent d'obtenir des prix très compétitifs avec ceux des fabricants de deuxième et troisième main.

SIMM

Lors de l'achat de barrettes SIMM, les éléments principaux à prendre en compte sont :

- Avez-vous besoin de versions FPM (*Fast Page Mode*) ou EDO (*Extended Data Out*) ?
- Avez-vous besoin de barrettes ECC ou non-ECC ?
- Quelle doit être la vitesse de ces barrettes ?
- Pouvez-vous utiliser de la mémoire provenant d'un autre système au lieu d'acheter des nouveaux modules très chers ?

La plupart des systèmes Pentium postérieurs à 1995 utilisent des SIMM EDO non-ECC, avec des temps d'accès de 60 ns. Si votre système est plus ancien, il vous faudra peut-être des versions FPM. Les types FPM et EDO sont interchangeables dans de nombreux systèmes, mais certains PC anciens n'acceptent pas les seconds. Si votre système est conçu pour offrir une fiabilité maximale avec ECC, vous aurez peut-être besoin de versions ECC. À défaut, des barrettes non-ECC feront l'affaire. Il est même possible de combiner les deux, mais dans ce cas le système fonctionnera par défaut en mode non-ECC.

Malheureusement, les SIM FPM et EDO ne répondent plus aux standards actuels. De plus, ces modules sont beaucoup plus chers que les types plus récents et plus rapides de mémoire. L'augmentation de mémoire sur un système ancien peut ainsi représenter un coût exorbitant.

Astuces

Au lieu d'acheter de nouvelles barrettes SIMM pour des systèmes anciens, essayez d'en trouver d'occasion auprès de votre magasin d'informatique ou d'autres utilisateurs.

DIMM

Lors de l'achat de barrettes DIMM, les éléments principaux à prendre en compte sont :

- Vous faut-il des versions SDR, DDR, DDR2 ou DDR3 ?
- Avez-vous besoin de barrettes ECC ou non-ECC ?

- Vous faut-il des versions avec (Registered) ou sans tampon ?
- Quelle doit être la vitesse de vos barrettes ?
- Un temps de latence CAS (*Column Address Strobe*, impulsion adressage colonne) est-il requis ?

Les barrettes DIMM sont proposées en taux de données simple (SDR) ou double (DDR, DDR2 et DDR3). Elles ne sont pas interchangeables, car elles utilisent des signaux totalement différents et sont pourvues d'encoches différentes pour éviter toute erreur. Les systèmes à haute fiabilité, tels que les serveurs, peuvent employer des versions ECC, mais les systèmes ordinaires utilisent le plus souvent des versions non-ECC, moins onéreuses. La plupart des PC sont pourvus de barrettes DIMM sans tampon, mais les cartes mères des serveurs de fichiers ou les stations de travail conçues pour de gros volumes de mémoire peuvent nécessiter des DIMM avec tampon. Les DIMM Registered contiennent leurs propres registres mémoire ; le module peut ainsi disposer d'une quantité de mémoire plus importante que pour une DIMM standard. Ces DIMM existent en plusieurs vitesses, et le principe suivant peut leur être appliqué : une barrette peut toujours être remplacée par une autre plus rapide, mais l'inverse est impossible. Si votre système requiert des DIMM DDR PC2700, vous pouvez installer des DIMM DDR PC3200, mais pas des PC2100.

Un autre problème lié à la vitesse est le temps de latence CAS (*Column Address Strobe*, impulsion adressage colonne). Cette spécification est parfois abrégée en CAS ou CL et exprimée en un nombre de cycles. Un nombre plus faible indique des vitesses plus élevées (moins de cycles). Un temps de latence CAS plus faible raccourcit un cycle d'une lecture en mode rafale, ce qui améliore marginalement les performances de la mémoire. Les DIMM en taux de données simple existent en versions CL3 ou CL2, ces dernières étant plus rapides. Les DIMM DDR existent en versions CL2.5 ou CL2. Les DIMM DDR2 existent en CL 3, 4 ou 5. Les DIMM DDR3 sont disponibles en CL 7, 8 et 9. Dans tous ces types de mémoires, une valeur de CL plus petite indique une mémoire plus rapide (et plus chère). Il est possible de combiner des barrettes DIMM avec des latences différentes, mais dans ce cas le système prend par défaut comme plus petit commun dénominateur la barrette la plus lente.

RIMM

Lors de l'achat de barrettes RIMM, les éléments principaux à prendre en compte sont :

- Vous faut-il des versions en 184 broches (16/18 bits) ou en 232 broches (32/36 bits) ?
- Avez-vous besoin de barrettes ECC ou non-ECC ?
- Quelle doit être la vitesse de vos barrettes ?

Les RIMM existent en versions 184 ou 232 broches et, bien qu'elles aient la même taille, elles ne sont pas interchangeables. Les encoches sont différentes et empêchent toute erreur. Les systèmes à haute fiabilité auront peut-être besoin de versions ECC, avec un bit supplémentaire pour le code de correction d'erreur. Là encore, il est possible de combiner des barrettes avec et sans ECC, mais dans ce dernier cas les fonctionnalités ECC ne seront pas disponibles.

Remplacement de barrettes par des modèles de capacité supérieure

Si tous les logements de barrettes mémoire sont occupés sur la carte mère, la meilleure solution pour augmenter la capacité mémoire est de retirer les barrettes d'un banc de mémoire et de les remplacer par des modèles de capacité supérieure. Prenons un exemple. Si vous disposez d'une carte mère supportant deux barrettes DIMM (chacune représente un banc de mémoire avec un processeur disposant d'une largeur de bus de données de 64 bits), vous pouvez retirer l'une des barrettes et la remplacer par une autre de capacité supérieure.

Par exemple, si les barrettes existantes ont une capacité de 256 Mo, soit une mémoire totale de 512 Mo, retirez-en une de 256 Mo et installez une barrette de 512 Mo pour arriver à une RAM totale de 768 Mo.

Attention, ce n'est pas parce qu'il existe des barrettes de plus grande capacité adaptées aux logements prévus sur votre carte mère que la capacité de la mémoire pourra évoluer. Le chipset et le BIOS de votre système imposent des limites quant à la capacité de la mémoire pouvant être utilisée. La documentation de votre système ou de votre carte mère vous indiquera quelle taille de la barrette doit être choisie avec votre machine. Lors de l'installation de votre nouvelle mémoire, assurez-vous de bien posséder le BIOS le plus récent pour votre carte mère.

Si votre système gère la mémoire double canal, vous devez apparier des modules DDR ou DDR2 (selon celui reconnu par votre système) et les installer au bon endroit sur la carte mère. Vous bénéficierez ainsi des meilleures performances associées au fonctionnement en double canal. Consultez la documentation de votre carte mère.

Installation de modules mémoire

Cette section traite de l'installation des puces mémoire, et plus particulièrement des barrettes SIMM et DIMM. Elle étudiera les problèmes que vous risquez de rencontrer et vous expliquera comment les éviter. Vous trouverez aussi des informations sur la manière de configurer votre système pour pouvoir utiliser une nouvelle mémoire.

Quand vous installez ou enlevez de la mémoire, voici les problèmes les plus fréquents :

- décharges électrostatiques ;
- barrettes mal enfichées ;
- mauvaise configuration des paramètres dans le Setup du BIOS.

Pour éviter des décharges électrostatiques quand vous installez des puces ou des cartes mémoire sensibles, ne portez pas de vêtements en fibres synthétiques ni de chaussures à semelles de cuir, car ils favorisent la génération d'électricité statique. Avant de commencer, enlevez tout ce qui peut être chargé en électricité statique après avoir été en contact avec le boîtier du système ou, mieux encore, portez au poignet un bracelet antistatique. Vous pouvez en trouver dans tous les magasins d'électronique. Un bracelet antistatique est un bracelet en matériau conducteur relié à la terre par l'intermédiaire d'une résistance de 1 M au moyen d'un fil électrique fixé au boîtier du PC. Éteignez votre ordinateur, mais laissez-le branché pour qu'il demeure relié à la terre.

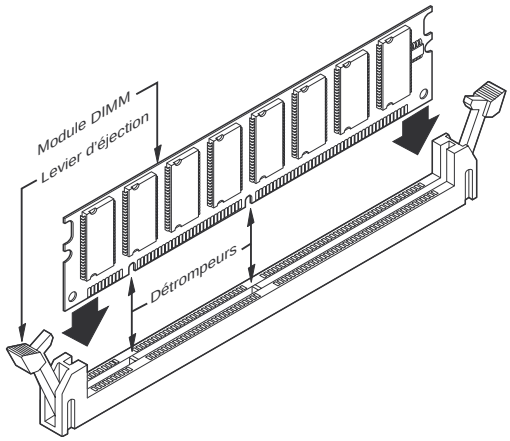
Attention

Assurez-vous que vous utilisez un bracelet antistatique adéquat. N'en fabriquez pas un vous-même. Les bracelets vendus dans le commerce ont une résistance de 1 M, qui sert de protection si vous touchez accidentellement une prise de courant. La résistance empêche que vous ne formiez un chemin de moindre résistance jusqu'à la terre et que vous ne soyez électrocuté. Avec un bracelet mal conçu, vous risquez l'électrocution…

Voici la procédure à suivre pour mettre à niveau la mémoire DIMM ou RIMM d'un PC de bureau classique :

1. Éteignez le système et débranchez-le. Au lieu de le débrancher, vous pouvez également éteindre l'alimentation en utilisant l'interrupteur marche/arrêt qui en équipe certains. Attendez environ 10 secondes pour que les tensions résiduelles disparaissent.
2. Ouvrez le système. Pour les détails, consultez les instructions du système ou du boîtier.
3. Portez un bracelet antistatique et connectez-le à une partie métallique du boîtier du système, comme le châssis. Vérifiez que la bande métallique à l'intérieur du bracelet est bien en contact avec votre peau.
4. Certaines cartes mères disposent d'une LED qui est allumée tant qu'une tension est présente. Attendez que la LED s'éteigne avant de retirer ou d'installer de la mémoire.
5. Écartez tout ce qui peut gêner, comme les câbles et les fils, l'accès aux modules de mémoire et aux emplacements vides. Si vous devez retirer un câble ou un fil, notez son emplacement et son sens pour pouvoir le replacer par la suite.
6. Si vous devez retirer une barrette existante, appuyez sur les leviers d'éjection à chaque extrémité du module et extrayez-le en le tirant vers le haut du support. Repérez le détrompeur sur le module.
7. Si vous insérez des modules pour un fonctionnement en double canal, déterminez les bons emplacements. Les connecteurs peuvent être de couleur différente, mais il est préférable de consulter la documentation de la carte mère ou du système pour les identifier.
8. Pour insérer une barrette DIMM ou RIMM dans un support, vérifiez que les leviers d'éjection sont orientés vers le bas. Les détrompeurs des DIMM et des RIMM sont des encoches situées sur le connecteur inférieur et décalées du centre, afin que la barrette ne puisse être insérée que dans un seul sens (voir Figure 5.11).
9. Poussez la barrette vers le bas, jusqu'à ce que les leviers d'éjection se remettent en place dans les encoches situées sur les côtés du module. Il est important de ne pas insérer en force le module dans le support. S'il ne s'enfiche pas facilement et ne reste pas en place, c'est probablement parce qu'il est mal orienté ou aligné. Si vous forcez sur le module, vous pouvez le casser ou endommager le support.
10. Rebranchez les câbles et les fils que vous avez déconnectés.
11. Fermez le boîtier, reconnectez le câble d'alimentation et allumez le PC.

Figure 5.11
Les détrompeurs des DIMM correspondent aux protubérances dans les connecteurs DIMM. Les détrompeurs des DIMM et des RIMM sont semblables, mais pas identiques.



Après mise en place de la mémoire et remontage du système, vous devrez en principe lancer le Setup du BIOS et enregistrer la nouvelle capacité de la mémoire. Les systèmes récents détectent automatiquement la nouvelle mémoire et se chargent de la reconfiguration du BIOS. Les systèmes les plus récents n'ont pas besoin de cavaliers ou de commutateurs sur la carte mère pour indiquer à cette dernière la nouvelle taille de mémoire.

Après avoir configuré le système pour qu'il travaille avec la mémoire additionnelle, il est bon de lancer un programme de diagnostic mémoire pour être certain qu'elle fonctionne correctement. Certains de ces programmes sont exécutés automatiquement. Il existe au moins deux ou trois de ces programmes de diagnostic qui sont disponibles pour tous les systèmes. Par ordre de précision, il s'agit des programmes suivants :

- POST (*Power On Self Test*);
- les logiciels de diagnostic avancés, sur disque.

Le POST est exécuté à chaque démarrage du PC. Vous trouverez les programmes de diagnostic additionnels auprès de nombreuses sociétés éditant des utilitaires.

Installer des SIMM

L'orientation d'une barrette SIMM est indiquée à l'aide d'une encoche sur un de ses côtés, comme l'indique la Figure 5.12. Le socle a une saillie qui doit s'insérer dans l'encoche de la barrette. Ainsi, vous ne pouvez pas installer la barrette SIMM à l'envers à moins de casser le connecteur. La Figure 5.13 montre le détail de l'encoche et de l'attache.

Dépannage

De nombreux problèmes peuvent être difficiles à résoudre. Pour la plupart d'entre nous, la mémoire reste mystérieuse, car c'est une "chose virtuelle" qui peut se révéler difficile à saisir. De plus, les

Figure 5.12

L'encoche est visible sur la partie gauche de la barrette SIMM. On insère la SIMM en l'inclinant à 45 puis en la basculant en avant jusqu'à la mise en place des attaches.

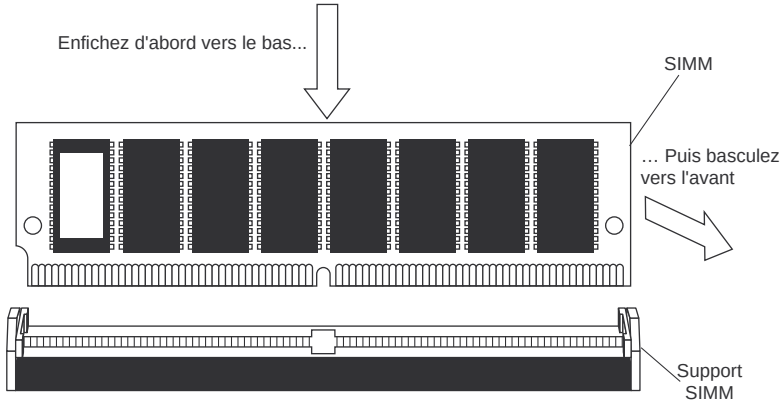
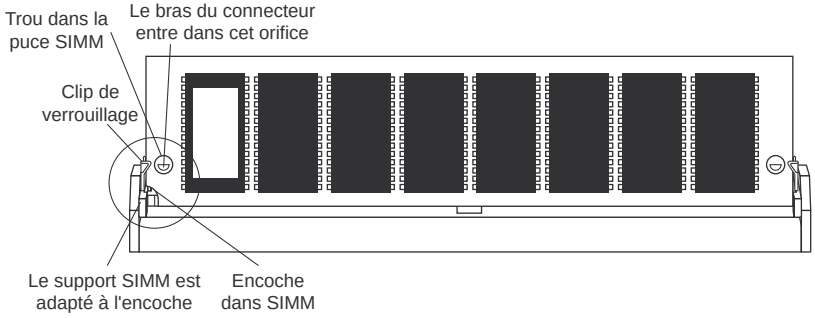


Figure 5.13

Ce plan montre la face arrière d'une barrette SIMM dans son support avec l'encoche correctement placée et l'attache fermée.



problèmes de mémoire peuvent être intermittents et, de par leur ressemblance, ils peuvent être confondus avec des problèmes concernant d'autres parties du système telles que le logiciel. Cette section vous indiquera la marche à suivre en cas de problème de mémoire.

Pour dépanner la mémoire, il est nécessaire de recourir à certains programmes de diagnostic. Il se peut que vous en ayez déjà à votre disposition sans que vous le sachiez ! Le BIOS de la carte mère dispose d'un outil de diagnostic de la mémoire qui s'exécute lors du POST, quand le système est mis sous tension. Dans la plupart des cas, vous avez également reçu un programme de diagnostic de mémoire sur un disque utilitaire qui vous a été fourni avec votre ordinateur. De nombreux programmes de diagnostic sont présents sur le marché, et la grande majorité d'entre eux contient des tests de la mémoire.

Lorsque l'autotest de mise sous tension est en cours d'exécution, il ne teste pas seulement la mémoire, il en évalue la capacité. Le résultat obtenu est comparé à celui enregistré lors de la dernière exécution du Setup du BIOS. S'il est différent, un message d'erreur apparaît. Au cours de son exécution, le POST écrit un motif de données à toutes les adresses mémoire du système et lit de nou-

veau le motif pour vérifier le bon fonctionnement de la mémoire. Si un problème est détecté, un message vous en informera. Les messages audio sont utilisés pour les erreurs sérieuses, qui surviennent à des endroits importants pour le fonctionnement du système. Si le système peut accéder à suffisamment de mémoire pour assurer, au minimum, le fonctionnement de la vidéo, les messages d'erreur vous parviendront alors sous une forme écrite, et non sous une forme sonore.

Le CD-ROM d'accompagnement vous fournira la liste détaillée de ces messages sonores et vous indiquera également les autres codes d'erreurs, qui sont spécifiques à votre BIOS. Vous trouverez également ces codes BIOS dans la référence technique, sur le CD-ROM d'accompagnement, en format PDF imprimable. La plupart des cartes mères d'Intel, par exemple, utilisent le BIOS Phoenix. Différents codes sonores sont utilisés dans ce BIOS pour indiquer des erreurs "bloquantes".

Si aucun message d'erreur ne vous parvient, il ne s'agit peut-être pas d'un problème de mémoire. Il se peut également que l'autotest POST ne soit pas capable d'identifier le problème. Des erreurs de mémoire intermittentes ne sont souvent pas détectées au cours de l'exécution du POST. De plus, ce dernier peut également avoir quelques difficultés à déceler des défauts subtils au niveau du matériel. Le POST est conçu pour s'exécuter rapidement, et les tests ne sont pas toujours effectués aussi minutieusement qu'ils le devraient. C'est la raison pour laquelle il est souvent nécessaire de démarrer sur une disquette DOS ou de diagnostic pour effectuer un test de mémoire plus approfondi. Les tests de ce type peuvent s'exécuter de façon continue, et cela pendant plusieurs jours s'il est nécessaire de traquer un problème intermittent.

Heureusement, il existe plusieurs programmes de test de la mémoire, disponibles gratuitement en téléchargement, notamment :

- Microsoft Windows Memory Diagnostic, à l'adresse **http://oca.microsoft.com/en/windiag.asp**;
- DocMemory Diagnostic, à l'adresse **http://www.simmtester.com/page/products/doc/docinfo.asp**;
- Memtest86, à l'adresse **http://www.memtest86.com**.

Non seulement ces programmes sont gratuits, mais ils sont également disponibles au format CD amorçable. Autrement dit, vous n'êtes pas obligé d'installer un logiciel sur le système à tester. Ce format est en réalité indispensable, car Windows et d'autres systèmes d'exploitation empêchent un accès direct à la mémoire et aux autres composants à tester. Ces programmes se fondent sur des algorithmes qui écrivent différents motifs dans toute la mémoire du système, en testant chaque bit pour vérifier qu'il est bien lu et écrit. Ils désactivent également le cache du processeur de manière à tester directement les modules et non le cache. Certains, comme Windows Memory Diagnostic, indiqueront même le module défectueux en cas d'erreur.

Mais ces programmes ne réalisent que des tests du type réussite/échec. Leur unique tâche consiste à enregistrer des motifs en mémoire et à les relire. Ils ne peuvent pas localiser le problème et se contentent d'indiquer si la mémoire fonctionne. Pour un examen plus approfondi, il est préférable d'utiliser une machine spécifiquement conçue pour le contrôle de la mémoire. Il s'agit d'un *testeur SIMM/DIMM/RIMM*. Ces dispositifs vous permettent d'insérer une barrette et de la tester minutieusement à des vitesses et tensions diverses. Vous pouvez ainsi déterminer avec certitude si la mémoire est bonne ou pas. Certaines versions de ces testeurs sont capables de prendre en charge tous les

types de barrettes. Il existe des barrettes défectueuses, par exemple, qui fonctionnent dans certains systèmes (les plus lents) et pas dans d'autres. Le même programme de test de la mémoire accepte ainsi ces barrettes dans une machine et les refuse dans une autre. Avec le testeur de module, cette mémoire est toujours identifiée comme étant mauvaise. De plus, ce dispositif indique la fréquence réelle de la mémoire, et non pas son évaluation selon l'échelle PR. Plusieurs sociétés proposent des testeurs de barrette de mémoire, parmi lesquelles Tanisys (**www.tanisys.com**), CST (**www.simm-tester.com**) et Innoventions (**www.memorytest.com**). Ces dispositifs peuvent être coûteux, mais pour un réparateur professionnel de PC il s'agit d'un investissement incontournable.

Lorsque votre système d'exploitation est en cours d'exécution, des erreurs de mémoire peuvent encore se produire. Celles-ci sont normalement identifiées par des messages d'erreur que vous devriez recevoir. Voici les plus fréquentes :

- **Erreurs de parité.** Les circuits de contrôle de parité de la carte mère ont détecté une modification de la mémoire depuis le stockage original des données. (Voir la section "Contrôle de parité" un peu plus haut dans ce chapitre.)
- **Erreurs de protection générales ou globales.** Une erreur générale indique que la mémoire d'un programme a été altérée, ce qui aboutit à l'arrêt immédiat de l'application. Cela peut également être provoqué par des programmes défectueux ou qui contiennent des erreurs.
- **Erreurs d'exception bloquantes.** Codes d'erreurs renvoyés par un programme lors de la rencontre d'une instruction illégale, d'un accès à une donnée ou à du code invalide, ou encore lorsque le niveau de privilège d'une opération est invalide.
- **Erreur de division.** Erreur générale indiquant qu'une division par zéro a été tentée ou que le résultat d'une opération n'entre pas dans le registre de destination.

Ces erreurs peuvent être causées par une mémoire défectueuse ou configurée de manière incorrecte, mais elles peuvent également provenir de bogues de logiciels, d'une mauvaise alimentation, de décharges statiques, d'émetteurs radio situés à proximité, de problèmes de synchronisation, etc.

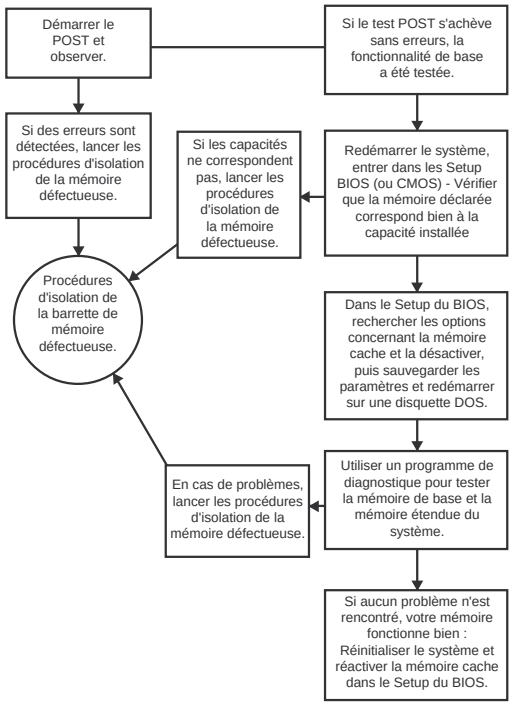
Si vous pensez que la mémoire est la cause du problème, il existe deux façons de la tester. La plupart de ces tests impliquent l'exécution d'un ou de plusieurs programmes de contrôle de mémoire.

Il est étonnant que la plupart des gens commettent des erreurs importantes lors de l'exécution du logiciel de test de la mémoire. La principale erreur consiste à exécuter les tests de mémoire avec les mémoires cache du système activées. Ces tests sont erronés puisque la plupart des systèmes possèdent une *mémoire cache de type write-back*. Cela signifie que toute donnée à écrire dans la mémoire principale est avant tout écrite dans la mémoire cache. Un programme de contrôle de mémoire, quant à lui, écrit la donnée puis la relit immédiatement. La donnée est donc lue dans la mémoire cache, et non dans la mémoire principale. Cela impose une exécution très rapide au programme de contrôle, mais c'est la mémoire cache qui a été effectivement testée. En conclusion, si vous effectuez un test avec la mémoire cache activée, vous n'écrivez pas réellement dans la mémoire SIMM/DIMM, mais uniquement dans cette dernière. Avant d'exécuter tout programme de test de mémoire,

assurez-vous de bien avoir désactivé la mémoire cache. Lorsque vous aurez réalisé cette opération, le système fonctionnera beaucoup plus lentement, et les tests seront beaucoup plus longs, mais vous examinerez réellement votre mémoire RAM et non la mémoire cache.

Les étapes suivantes vous permettront de tester et de dépanner votre mémoire RAM. La Figure 5.14 présente une procédure simplifiée.

Figure 5.14
Test et dépannage de la mémoire.



Dans un premier temps, nous allons examiner les procédures de contrôle et de dépannage de la mémoire.

1. Mettez l'ordinateur en marche et observez le déroulement du POST. Si celui-ci s'achève sans erreur, la fonctionnalité de base a été testée. Si des erreurs se produisent, reportez-vous à la section concernant les procédures d'isolation de la mémoire défectueuse.
2. Redémarrez le système et entrez dans le Setup du BIOS (ou CMOS). Dans la plupart des systèmes, cela peut être réalisé en appuyant sur la touche F2 ou Suppr au cours du POST, et avant le début du processus d'initialisation. Une fois dans le Setup du BIOS, vérifiez que le compte de la mémoire correspond à la capacité installée. Si ce n'est pas le cas, reportez-vous à la section concernant les procédures d'isolation de la mémoire défectueuse.
3. Dans le Setup du BIOS, recherchez les options concernant la mémoire cache et désactivez cette dernière. Effectuez une sauvegarde et redémarrez sur une disquette DOS ou un CD amorçable contenant les programmes de diagnostic de votre choix. Si des programmes de diagnostic vous

ont été livrés avec votre système, vous pouvez les utiliser. Sinon, vous pouvez utiliser l'un des nombreux programmes de diagnostic disponibles sur le marché, tels que PC-Technician de Windsor Technologies (qui s'initialise automatiquement), Norton System Works de Symantec ou Doc Memory de SIMMTester.

4. Suivez les instructions de votre programme pour effectuer le test. La plupart des programmes sont capables de réaliser le test en boucle – c'est-à-dire qu'ils peuvent faire en sorte qu'il s'exécute de façon continue, ce qui est très utile pour rechercher les problèmes intermittents. Si le programme rencontre une erreur de mémoire, reportez-vous à la section concernant les procédures d'isolation de la mémoire défectueuse.
5. Si aucune erreur n'est trouvée, votre mémoire fonctionne bien. Assurez-vous alors de réinitialiser le système et de réactiver la mémoire cache dans le Setup du BIOS. Le système continuera à fonctionner très lentement jusqu'à la réactivation de cette dernière.
6. Si vous avez des problèmes de mémoire et que les tests ne décèlent rien, il se peut que votre problème ne soit pas détectable par un simple test réussite/échec, qu'il soit causé par le logiciel ou d'autres défauts de votre système. Dans ce cas, il est préférable de soumettre la mémoire à un testeur SIMM/DIMM pour une analyse plus minutieuse. La plupart des entreprises spécialisées dans la réparation des PC possèdent un dispositif de ce type. Il est également recommandé de contrôler les pilotes (qui nécessitent peut-être une mise à jour), l'alimentation et l'environnement du système pour des problèmes tels que les émetteurs radio, les décharges statiques, etc.

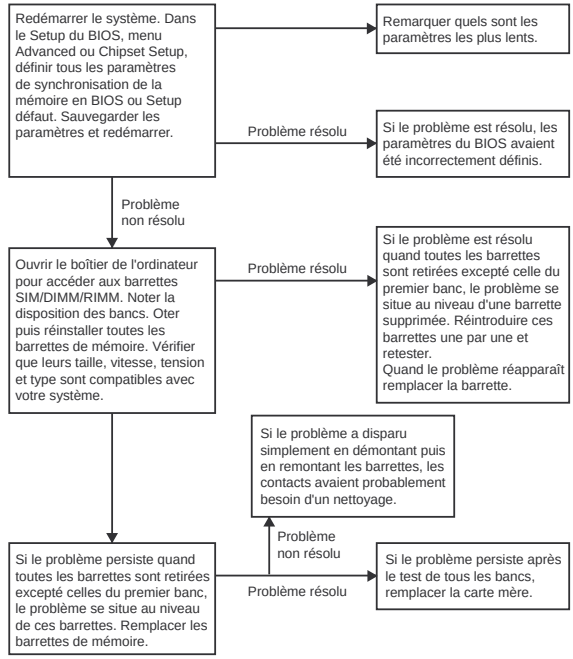
Comment isoler la mémoire défectueuse

Pour suivre cette procédure, nous supposerons que vous avez identifié un problème de mémoire, ce dernier ayant été détecté par le POST ou les programmes de diagnostic sur disque. Dans ce cas, les différentes étapes présentées à la Figure 5.15 vous permettront d'identifier ou d'isoler la barrette SIMM ou DIMM qui est à l'origine du problème.

1. Redémarrez le système et entrez dans le Setup du BIOS. Dans un menu nommé Advanced ou Chipset Setup, vous trouverez probablement les paramètres de synchronisation de la mémoire. Sélectionnez BIOS ou Setup defaults, qui sont habituellement les paramètres les plus lents. Si les paramètres de la mémoire ont été fixés manuellement, réinitialisez la configuration de la mémoire à By SPD.
2. Sauvegardez, réinitialisez et testez de nouveau à l'aide des procédures de test et de dépannage décrites ci-dessus. Si le problème a été résolu, il était dû à des paramètres incorrects du BIOS. Si le problème demeure, votre mémoire est vraisemblablement défectueuse. Continuez alors la procédure.
3. Ouvrez l'ordinateur de façon à avoir physiquement accès aux barrettes SIMM/DIMM/RIMM sur la carte mère. Notez la disposition des bancs dans le système. Consultez la légende sur la carte mère pour déterminer quelles barrettes correspondent à chaque banc. N'oubliez pas que si le système fonctionne en double canal, vous devez retirer les modules du canal A et du canal B du même banc logique.

Figure 5.15

Si vous rencontrez toujours des erreurs de mémoire, suivez cette procédure après avoir achevé les étapes de la Figure 5.14.



4. Retirez toutes les barrettes, excepté celles du premier banc, et contrôlez de nouveau à l'aide de la procédure de test et de dépannage mentionnée ci-dessus. Si le problème persiste, le premier banc était en cause. Il doit être remplacé.
5. Remplacez la mémoire dans le premier banc, de préférence avec des barrettes connues et fiables. Vous pouvez également échanger les barrettes qui avaient été écartées et effectuer de nouveau le test. Si le problème *persiste* après avoir testé tous les bancs de mémoire (sans avoir détecté aucun dysfonctionnement), il est probable que la carte mère soit défaillante (vraisemblablement un de ses supports). Remplacez la carte mère et testez de nouveau.
6. À ce stade, le premier banc (ou le banc précédent) a passé le test avec succès. Le problème doit donc se situer dans les barrettes qui ont été temporairement écartées. Installez le banc suivant et testez encore une fois. Si le problème surgit de nouveau à ce moment, la mémoire située dans ce banc est défectueuse. Continuez le contrôle de chaque banc, et ce jusqu'à localiser la barrette défectueuse.
7. Répétez l'étape précédente jusqu'à ce que tous les bancs de mémoire restants aient été installés et testés. Si vous n'avez constaté aucune réapparition du problème après avoir retiré et réinstallé toute la mémoire, vous pouvez considérer qu'il était probablement intermittent ou causé par une mauvaise conduction au niveau des contacts de la mémoire. Souvent, le simple fait de retirer et de remettre en place la mémoire peut résoudre la difficulté, car cette opération a entraîné un autonettoyage entre la barrette et le support.

6 L'interface ATA

Au sommaire de ce chapitre

- Présentation de l'interface IDE
- Interface IDE ATA
- Standards ATA
- ATA parallèle
- ATA Série
- Fonctionnalités ATA
- Limitation de capacité des lecteurs ATA
- RAID PATA/SATA

Présentation de l'interface IDE

L'interface utilisée pour connecter un disque dur à un PC moderne est nommée IDE (*Integrated Drive Electronics*, électronique de lecteur intégrée). En fait, le véritable nom de cette interface est ATA (*AT Attachment*, connexion AT), qui fait référence au fait que cette interface a été conçue au départ pour connecter un lecteur et un contrôleur directement sur le bus du PC AT (*Advanced Technology*) original IBM de 1984, le bus ISA (*Industry Standard Architecture*, architecture standard) ou AT. IDE est un terme mis au point par le département Marketing de certains constructeurs pour décrire le fait que le contrôleur de disque est intégré au lecteur dans les lecteurs ATA. L'électronique de l'interface (le contrôleur) est donc intégrée au lecteur, elle ne se présente pas sous la forme d'une carte séparée comme c'était le cas des interfaces précédentes. Si, sur le plan technique, le nom correct de cette interface est bien ATA, beaucoup de personnes continuent à parler d'IDE. Dans ce livre, nous utiliserons les deux termes, sachant qu'ils sont absolument synonymes. Pour être véritablement précis, disons que IDE est une référence générique à toute interface de lecteur dans laquelle le contrôleur est intégré au lecteur et qu'ATA est l'implémentation d'IDE dans la plupart des PC.

Au fil des années, l'interface IDE a été utilisée pour connecter non seulement les disques durs, mais également les lecteurs de CD-ROM, les lecteurs de disques DVD, les lecteurs de disquettes à grande capacité et les lecteurs de bandes. Malgré ce fait, elle reste avant tout considérée comme une interface de disque dur. L'interface IDE a beaucoup évolué depuis les interfaces de disque dur avec contrôleurs séparés. Dans ce chapitre, nous examinerons en détail cette interface, ainsi que ses précurseurs. Étant virtuellement intégrée dans tous les chipsets de carte mère, ATA est la principale interface de stockage utilisée sur les PC.

ATA était à l'origine une interface parallèle à 16 bits : 16 bits étaient transmis simultanément par le câble d'interface. Une interface plus récente, dénommée Serial ATA, a été présentée fin 2000 et adoptée sur les ordinateurs de bureau dès 2003, puis sur les portables fin 2005. Serial ATA (SATA) envoie sur le câble 1 bit à la fois. Il est donc possible de réduire la grosseur et la taille des câbles, mais aussi d'améliorer les performances grâce aux vitesses de cycle supérieures. Et bien que SATA soit une conception d'interface physique totalement différente, elle est aussi compatible en amont au plan logiciel avec ATA parallèle. Tout au long de cet ouvrage, ATA pourra désigner la version parallèle uniquement ou à la fois les versions parallèle et série, tandis qu'ATA parallèle (PATA) désignera la version parallèle et ATA série (SATA) fera référence à la version série.

Interface IDE ATA

Les sociétés CDC (*Control Data Corporation*), Western Digital et Compaq ont inventé ce que l'on peut considérer comme le premier disque dur à interface IDE de type ATA, et elles ont été les premières à établir le brochage du connecteur ATA à 40 broches. Le premier disque dur IDE ATA a été le lecteur CDC Wren II 40 Mo, un lecteur de 5 pouces 1/4, de demi-hauteur et d'une capacité de 40 Mo. Il intégrait un contrôleur Western Digital et a équipé les premiers ordinateurs Compaq 386, vendus en 1986. Ce lecteur a été présenté pour la première fois au Comdex de 1986 : il dénotait par sa nappe à 40 broches, unique en son genre à l'époque, ainsi que sa diode d'activité verte (alors que la plupart des autres lecteurs utilisaient des diodes rouges).

Le connecteur IDE à 40 broches et l'interface de disque dur IDE ont ensuite fait l'objet d'une étude réalisée par une commission de l'ANSI qui, avec l'aide de fabricants de disques durs, a remédié à certaines faiblesses et publié la norme correspondant à ce qui est aujourd'hui l'interface ATA CAM (*Common Attachment Method*, méthode de connexion commune). La commission du CAM s'est constituée au mois d'octobre 1988 et le premier document opérationnel sur l'interface ATA est sorti au mois de mars 1989. Avant la création du standard ATA CAM, nombre de fabricants qui, comme Conner Peripherals, avaient suivi CDC, avaient créé des modèles d'interfaces propriétaires dérivés de celui de CDC. En conséquence, beaucoup de disques durs ATA datant de la fin des années quatre-vingt sont très difficiles à intégrer dans une configuration à deux disques durs qui comprend également un disque dur récent. Entre cette période et le début des années 90, la plupart des fabricants de disques durs ont mis leurs produits en conformité totale avec le standard officiel, ce qui a éliminé une grande partie de ces problèmes de compatibilité.

Certains aspects du standard ATA n'ont pas été précisés afin de permettre aux fabricants d'intégrer leurs propres commandes et fonctions. Ces commandes et fonctions propres aux fabricants sont l'une des raisons pour lesquelles il est si difficile de formater un disque dur IDE à bas niveau. Pour fonctionner correctement, le programme de formatage de bas niveau doit en effet connaître les commandes propres au fabricant pour réécrire les préfixes de secteurs ou leurs en-têtes et effectuer une nouvelle cartographie des secteurs défectueux. Ces commandes de disque dur spécifiques du fabricant tempèrent quelque peu le statut de standard de ce type d'interface. La plupart des fabricants de cette interface proposent un logiciel de formatage sur leurs sites web.

Infos

Il est important de noter que seule l'interface IDE ATA a été reconnue officiellement comme un standard par les fabricants de matériel informatique. Les interfaces IDE XT et MCA n'ont jamais obtenu cette reconnaissance et n'ont jamais rencontré un franc succès. Elles ne sont plus produites à l'heure actuelle et les fabricants d'ordinateurs ne proposent plus guère d'ordinateurs utilisant ces interfaces IDE non standard.

Standards ATA

À l'heure actuelle, l'interface ATA est contrôlée par un groupe indépendant constitué de personnes représentant les principaux fabricants de PC, de disques durs et de composants. Ce groupe se nomme Technical Committee T13, et est responsable de tous les standards correspondant à l'interface de stockage ATA (*AT Attachment Interface*, interface de connexion pour AT). T13 fait partie de l'INCITS (*International Committee on Information Technology Standards*), qui agit sous l'autorité de l'Institut national américain de normalisation (ANSI, *American National Standards Institute*). Il s'agit d'une organisation américaine non gouvernementale qui définit les règles régissant les standards non propriétaires dans le domaine de l'informatique ainsi que dans bien d'autres secteurs. Un second groupe appelé Serial ATA International Organization a été formé pour l'élaboration des standards ATA série (SATA), également sous le contrôle de l'ANSI, qui sont ensuite transmis au comité T13 pour être affinés et publiés officiellement. Les standards ATA-7 et ATA-8 englobent les interfaces série et parallèle.

Ces règles ont pour but de garantir que les standards de l'industrie seront choisis à l'unanimité. L'INCITS définit les standards informatiques qui sont alors soumis à l'approbation de l'institut ANSI. Ce dernier assure enfin leur publication. T13 étant principalement une organisation publique, tous les avant-projets ainsi que l'ensemble des réunions et discussions sont accessibles au grand public.

Au cours de son évolution, l'interface ATA parallèle a connu plusieurs versions qui s'organisent comme suit :

- ATA-1 (1988-1994);
- ATA-2 (1996, également nommée Fast-ATA, Fast-ATA-2 ou EIDE);
- ATA-3 (1997);
- ATA-4 (1998, également nommée Ultra-ATA/33);
- ATA-5 (1999 jusqu'à aujourd'hui, également nommée Ultra-ATA/66);
- ATA-6 (2000 jusqu'à aujourd'hui, également nommée Ultra-ATA/100);
- ATA-7 (2001 jusqu'à aujourd'hui, également nommée Ultra-ATA/133);
- ATA-8 (Ultra-ATA/133 ou ATA série).

Chaque version est compatible avec les précédentes. En d'autres termes, les anciens périphériques ATA-1 et ATA-2 fonctionneront parfaitement avec des interfaces ATA-6 ou ATA-8. Si la version du périphérique ne correspond pas à celle de l'interface, tous deux peuvent néanmoins fonctionner

ensemble. Dans ce cas, ce sont les capacités les plus faibles des deux qui seront prises en considération. Les versions ATA les plus récentes sont fondées sur les anciennes versions et, à quelques exceptions près, peuvent être considérées comme des extensions des versions précédentes. Cela signifie que la version ATA-8, par exemple, est identique à la version ATA-7 avec seulement quelques ajouts. Les sections suivantes présentent toutes les versions ATA en détail.

Le Tableau 6.1 reprend les divers standards ATA.

Tableau 6.1 : Standards ATA

Standard	Proposition	Publication	Modes PIO	Modes DMA	Modes Ultra-DMA	Vitesse (Po)	Vitesse série (Mo/s)	Fonctions
ATA-5	1998	2000	0-4	0-2	0-4	66,67	-	Modes UDMA plus rapides; câble 80 broches avec autodétection.
ATA-6	2000	2002	0-4	0-2	0-5	100,00	-	Mode UDMA 100 Mo/s; support étendu lecteur et BIOS jusqu'à 144 Po.
ATA-7	2001	2004	0-4	0-2	0-6	133,00	150	Mode UDMA 133 Mo/s, ATA série
ATA-8	2004	2007	0-4	0-2	0-6	133,00	150	Révisions mineures

Po = pétaoctet. 1 Po est égal à 1 quadrillion d'octets.
Mo = million d'octets
PIO = *Programmed I/O* (entrées/sorties programmées)
DMA = *Direct Memory Access* (accès mémoire direct)
UDMA = Ultra-DMA, *Direct Memory Access* (accès direct à la mémoire)

ATA/ATAPI-5

La version ATA-5 (*AT Attachment 5 with Packet Interface*, interface de connexion pour AT version 5 à paquets) a été adoptée au début de l'année 2000. Elle est fondée sur le standard ATA-4. Les principales améliorations de cette version sont les suivantes :

- modes de transfert Ultra-DMA s'élevant à plus de 66 Mo/s (nommés UDMA/66 ou encore Ultra-ATA/66);
- nappe à 80 fils nécessaire pour le mode UDMA/66;
- détection automatique des nappes à 80 ou 40 fils;
- sélection de modes plus rapides que UDMA/33 uniquement lorsqu'une nappe à 80 fils est détectée.

✔ Voir la section "Comparaison des ports IEEE-1394 et USB", p. 795.

Un autre standard approuvé par le comité T13 est l'extension IEEE-1394 (iLink ou FireWire) au protocole de l'interface ATA. Elle fournit un protocole de pont entre le bus iLink/FireWire et ATA, permettant ainsi une adaptation des disques durs ATA à cette nouvelle interface.

Les instituts ANSI et Global Engineering Documents proposent des copies de l'ensemble des standards publiés jusqu'à aujourd'hui (voir la liste des vendeurs sur le CD-ROM accompagnant ce livre).

La version ATA-5 inclut le mode de transfert Ultra-ATA/66, qui double la vitesse de transfert Ultra-ATA. Pour ce faire, elle réduit les temps de préparation tout en augmentant la fréquence d'horloge. Une fréquence d'horloge plus élevée accroît les parasites, ce qui cause des problèmes avec la nappe à 40 broches utilisée par les interfaces ATA et Ultra-ATA. Pour éliminer ces parasites, une nouvelle nappe à 40 broches et 80 fils a été développée. Cette nappe a été lancée avec la version ATA-4 et est devenue indispensable dans la version ATA-5 pour supporter le mode Ultra-ATA/66. Elle ajoute 40 lignes de masse supplémentaires entre chacune des lignes de masse et de signal originales, ce qui permet de protéger les signaux des parasites. Notez que cette nappe fonctionne également avec des périphériques non Ultra-ATA, car elle est toujours pourvue des mêmes connecteurs à 40 broches.

Les nappes à 40 broches et 80 fils supportent la fonction de "Sélection par câble" et possèdent des connecteurs diversement colorés. Le connecteur bleu (situé à l'extrémité) doit être relié à l'interface hôte ATA (habituellement la carte mère). Le connecteur noir (situé à l'extrémité opposée) est en position maître. C'est à cet endroit que se connectera le disque dur principal. Le connecteur gris (qui se trouve au centre) est destiné aux dispositifs esclaves.

Pour utiliser un mode Ultra-DMA, quel qu'il soit, votre interface ATA et votre disque dur doivent tous deux le supporter. Il est également nécessaire que le système d'exploitation accepte le procédé DMA (*Direct Memory Access*, accès mémoire direct). Les interfaces Windows 95 OSR2 et plus récentes sont prêtes à l'emploi, alors que les versions plus anciennes, telles que Windows 95 et Windows NT (avant Service Pack 3), nécessitent des pilotes supplémentaires ainsi qu'une mise à jour de ceux déjà en place. Pour utiliser le mode Ultra-ATA/66 le plus rapide, vous avez également besoin d'une nappe à 80 fils qui supporte ce mode.

Pour des questions de fiabilité, les modes Ultra-DMA disposent d'un mécanisme de détection des erreurs nommé CRC (*Cyclical Redundancy Checking*, contrôle de redondance cyclique). Le CRC est un algorithme qui calcule un total de contrôle permettant de détecter les erreurs dans un flux de données. Le dispositif hôte (contrôleur) et le disque dur émettent tous deux une valeur CRC pour chaque transfert Ultra-DMA. Après l'expédition des données, le disque dur calcule une valeur CRC qui est ensuite comparée à la valeur CRC originale de l'hôte. S'il existe une différence entre les deux, il se peut que l'hôte ait à sélectionner un mode de transfert plus lent et à rééditer sa demande de données.

ATA/ATAPI-6

Le développement de cette version a commencé en 2000 et ATA-6 a fait l'objet d'une publication officielle au début de 2002. Les principaux additifs concernent :

- modes de transfert Ultra-DMA (UDMA) Mode 5, ce qui permet des transferts de 100 Mo/s (appelés aussi UDMA/100, Ultra-ATA/100 ou ATA/100);

- compte des secteurs par commande augmenté de 8 bits (256 secteurs ou 131 Ko) à 16 bits (65536 secteurs ou 33,5 Mo), permettant des transferts plus efficaces des grands fichiers;
- extension de l'adressage LBA de 2^{28} à 2^{48} (281474976710656) secteurs pour des disques allant jusqu'à 144,12 Po (péta-octets = quadrillions d'octets);
- adressage CHS rendu obsolète; les lecteurs doivent utiliser exclusivement l'adressage LBA 28 ou 48 bits.

ATA-6 inclut également Ultra-ATA/100 (appelé aussi Ultra-DMA ou UDMA), qui augmente le taux de transfert Ultra-ATA en réduisant les temps de configuration et en augmentant la fréquence d'horloge. Comme avec ATA-5, les modes les plus rapides nécessitent le câble spécial à 80 fils. Pour utiliser le mode ATA/100, le lecteur et la carte mère doivent tous deux supporter ce mode.

ATA-6 étend largement la capacité des disques. ATA-5 et les standards plus anciens prenaient en charge des lecteurs allant jusqu'à 137 Go, ce qui est devenu au fil du temps une limitation, car des disques plus grands ont commencé à apparaître sur le marché. Des disques en 3,5 pouces dépassant les 137 Go de capacité ont été commercialisés à partir de 2001, mais ils étaient proposés au départ uniquement en version SCSI, car celle-ci n'est pas soumise aux mêmes limitations qu'ATA. Avec ATA-6, ce disque a été porté de 2^{28} à 2^{48} secteurs. Cela signifie que si l'adressage logique par blocs utilise un nombre en 28 bits, ATA-6, avec l'adressage LBA, peut utiliser à la place un nombre en 48 bits. Avec 512 octets par secteur, la capacité des disques supportés passe à 144,12 Po! Il est à noter que l'adressage 48 bits est optionnel et qu'il n'est requis que pour les lecteurs de plus de 137 Go. Les lecteurs d'une capacité inférieure ou égale à 137 Go peuvent recourir indifféremment à l'adressage 28 ou à l'adressage 48 bits.

ATA/ATAPI-7

Le développement de cette version a commencé fin 2001 et s'est achevé en 2004. Elle est basée sur la version précédente (ATA-6), avec quelques adjonctions.

Les principales adjonctions dans ATA-7 comprennent :

- L'ajout du mode UDMA 6, qui permet des transferts de données de l'ordre de 133 Mo/s. Comme avec les modes UDMA 5 (100 Mo/s) et UDMA 4 (66 Mo/s), l'emploi d'une nappe à 80 fils est indispensable.
- La prise en charge de secteurs physiques longs, permettant de formater un périphérique pour qu'il y ait plusieurs secteurs logiques par secteur physique.
- La prise en charge de secteurs logiques longs, permettant d'utiliser plus d'octets de données par secteur (520 ou 528 octets au lieu de 512) pour les applications de serveur.
- L'inclusion d'ATA série dans le cadre de la norme ATA-7.
- La séparation du document ATA-7 en trois volumes. Le premier traite de l'ensemble de commandes et registres logiques, le deuxième concerne les protocoles de transport et les interconnexions parallèles et le troisième les protocoles de transport et interconnexions série.

Il est à noter que si le taux de transfert entre le contrôleur de disque (sur le lecteur) et la carte mère, *via* les modes UDMA, a été augmenté, la plupart des lecteurs ATA (y compris ceux capables de travailler en mode UDMA 6 à 133 Mo/s depuis le lecteur vers la carte mère) offrent un taux de transfert stable maximal moyen lors de la lecture de données de moins de 60 Mo/s. Cela signifie que même les nouveaux lecteurs ATA sont capables de transferts à 133 Mo/s depuis le contrôleur sur le lecteur vers la carte mère, mais que les données circulant depuis les médias (les disques magnétiques), par les têtes, vers le contrôleur du lecteur voyagent à une vitesse inférieure à la moitié de ce taux de transfert. C'est pourquoi, en associant un lecteur capable de travailler avec le mode UDMA 6 (133 Mo/s) avec une carte mère limitée au mode UDMA 5 (100 Mo/s), les opérations ne sont pas fondamentalement ralenties. De même, remplacer votre contrôleur hôte ATA en 100 Mo/s par un modèle en 133 Mo/s n'arrange pas grand-chose si le lecteur ne peut lire les données des disques qu'à une vitesse moitié moins élevée. Lors de la sélection d'un lecteur, gardez à l'esprit que le taux de transfert du support est bien plus important que celui de l'interface, car le taux de transfert du support est le facteur limitatif.

ATA-7 n'est pas encore finalisé, et d'autres nouveautés peuvent y apparaître. ATA-7 sera toutefois très certainement la dernière révision du vénérable standard ATA parallèle. L'avenir d'ATA s'appelle ATA série; nous l'aborderons dans ce chapitre. Du fait des différences minimes de performances entre ATA-6 et ATA-7, beaucoup de constructeurs de chipsets et de cartes mères font l'impasse sur ATA-7 et passent directement à ATA série, à la fois plus rapide et plus simple qu'ATA-7.

SATA/ATAPI-8

C'est en 2004 qu'a débuté le développement de SATA-8, le nouveau standard ATA fondé sur ATA-7 qui permettra de poursuivre l'évolution d'ATA série en conservant totalement l'ATA parallèle. Les principales caractéristiques d'ATA-8 sont les suivantes :

- remplacement des fonctions read long/write long;
- gestion HPA améliorée.

À mesure que l'ATA-8 se développe, de nouvelles fonctions, conçues par le comité SATA-IO, seront ajoutées, notamment un débit SATA plus rapide à 3 Go/s. L'ATA-8 devrait être finalisé et publié courant 2008.

ATA parallèle

ATA parallèle a des spécifications et des exigences tout à fait particulières en matière d'interface physique, de câblage et de connecteurs par rapport à ATA série. Les sections suivantes détaillent les spécificités d'ATA parallèle.

Connecteur d'entrés/sorties de l'interface ATA parallèle

Le connecteur de l'interface ATA parallèle a 40 broches, espacées de 2,54 mm. Il dispose en principe d'un détrompeur (ou clé) pour empêcher qu'il soit branché à l'envers (voir Figures 6.1 et 6.2); la broche 20 a ainsi été ôtée pour faire office de détrompeur. Certains câbles sont aussi dotés d'une protubérance sur le connecteur femelle, qui vient prendre place dans une encoche du boîtier du connecteur mâle. Le connecteur du câble doit être branché de manière à éviter toute inversion. L'utilisation de connecteurs munis de détrompeurs est fortement recommandée, car les branchements inversés risquent d'endommager tant le disque dur que le circuit du contrôleur (quoique l'expérience montre que ce risque est réduit); ils peuvent cependant empêcher le fonctionnement de l'ordinateur.

Figure 6.1

Connecteurs de disque dur ATA parallèle (IDE) standard.

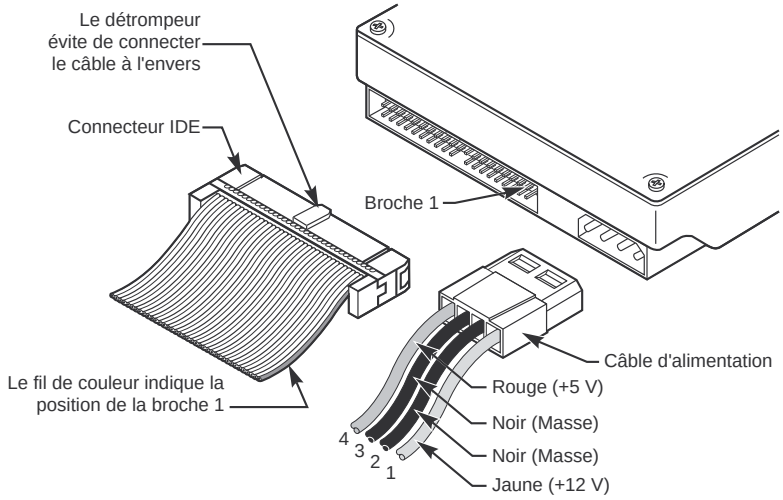
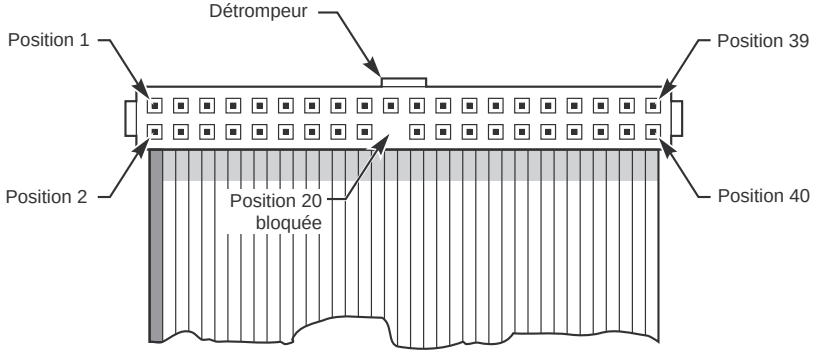


Figure 6.2

Détail du connecteur d'interface IDE ATA parallèle à 40 broches.



Le Tableau 6.2 montre le brochage normalisé du connecteur d'interface ATA parallèle à 40 broches.

Tableau 6.2 : Brochage du connecteur ATA parallèle à 40 broches

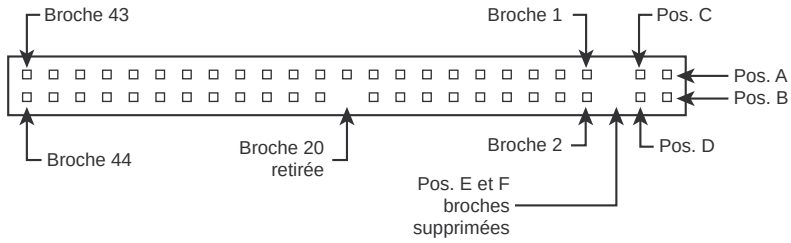
Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal
-RESET	1	2	MASSE
Bit de donnée 7	3	4	Bit de donnée 8
Bit de donnée 6	5	6	Bit de donnée 9
Bit de donnée 5	7	8	Bit de donnée 10
Bit de donnée 4	9	10	Bit de donnée 11
Bit de donnée 3	11	12	Bit de donnée 12
Bit de donnée 2	13	14	Bit de donnée 13
Bit de donnée 1	15	16	Bit de donnée 14
Bit de donnée 0	17	18	Bit de donnée 15
MASSE	19	20	Détrompeur (broche manquante)
DRQ 3	21	22	MASSE
-IOW	23	24	MASSE
-IOR	25	26	MASSE
I/O CH RDY	27	28	CSEL:SPSYNC[1]
-DACK 3	29	30	MASSE
IRQ 14	31	32	Réservé[2]
Bit d'adresse 1	33	34	-PDIAG
Bit d'adresse 0	35	36	Bit d'adresse 2
-CS1FX	37	38	-CS3FX
-DA/SP	39	40	MASSE
+5V (Logique)	41	42	+5V (Moteur)
MASSE	43	44	Réservé

1. La broche 28 porte généralement le signal CS (sélection de câble), mais certains lecteurs anciens utilisaient cette broche pour la synchronisation des axes entre plusieurs lecteurs (signal SPSYNC).
2. La broche 32 a été définie comme -IOCS16 dans ATA-2 mais n'est plus utilisée aujourd'hui.
Notez que le caractère "-" précédant un nom de signal (par exemple -RESET) indique que le signal est "active low".

Les lecteurs en 2 pouces 1/2 que l'on trouve dans les portables utilisent en principe des connecteurs plus petits à 50 broches, espacées de 2 mm. La partie principale du connecteur, formée de 40 broches, est identique au connecteur standard ATA parallèle (hormis les différences d'espacement), mais on y a rajouté des broches pour l'alimentation et d'éventuels cavaliers. Le câble qui vient prendre place sur ce connecteur a en principe 4 broches et transporte à la fois l'alimentation et les signaux ATA standard. Les broches à cavaliers portent les cavaliers (leurs positions déterminent la

sélection du câble et les paramètres maître/esclave). La Figure 6.3 montre le connecteur à 50 broches utilisé avec les lecteurs ATA parallèle de 2 pouces 1/2 des portables.

Figure 6.3
Connecteur ATA à 50 broches (pour disque dur 2 pouces 1/2).



Notez que les broches en positions A-D et les broches en positions E et F sont supprimées. Un cavalier est en principe placé entre les positions B et D pour paramétrer le disque en vue de la sélection par câble. La broche 41 du connecteur alimente le circuit logique du disque en +5 V, la broche 42 du connecteur alimente le moteur du disque en +5 V (les lecteurs en 2 pouces 1/2 utilisent des moteurs en 5 V, et les disques plus grands des moteurs en 12 V), et la broche 43 fournit la prise de terre. La dernière broche (44) est réservée et non utilisée.

Le Tableau 6.3 détaille le brochage de ces connecteurs ATA parallèle à 50 broches.

Tableau 6.3 : Connecteur ATA parallèle à 50 broches (ordinateurs portables)

Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal
Broche à cavalier	A	B	Broche à cavalier
Broche à cavalier	C	D	Broche à cavalier
Détrompeur (broche absente)	E	F	Détrompeur (broche absente)
-RESET	1	2	MASSE
Bit de donnée 7	3	4	Bit de donnée 8
Bit de donnée 6	5	6	Bit de donnée 9
Bit de donnée 5	7	8	Bit de donnée 10
Bit de donnée 4	9	10	Bit de donnée 11
Bit de donnée 3	11	12	Bit de donnée 12
Bit de donnée 2	13	14	Bit de donnée 13
Bit de donnée 1	15	16	Bit de donnée 14
Bit de donnée 0	17	18	Bit de donnée 15
MASSE	19	20	Détrompeur (broche absente)
DRQ 3	21	22	MASSE
-IOW	23	24	MASSE

Tableau 6.3 : Connecteur ATA parallèle à 50 broches (ordinateurs portables) (*suite*)

Nom du signal	Broche	Broche	Nom du signal
-IOR	25	26	MASSE
I/O CH RDY	27	28	CSEL
-DACK 3	29	30	MASSE
IRQ 14	31	32	Réservé
Bit d'adresse 1	33	34	-PDIAG
Bit d'adresse 0	35	36	Bit d'adresse 2
-CS1FX	37	38	-CS3FX
-DA/SP	39	40	MASSE
+5V (logique)	41	42	+5V (moteur)
MASSE	43	44	Réservé

Infos

Notez que beaucoup de constructeurs de cartes et de câbles à bas prix délaissent les détrompeurs sur leurs produits. Ainsi, sur les cartes mères d'entrée de gamme, ils ne retirent pas la broche 20 sur les connecteurs IDE et ne livrent de ce fait pas de câble muni d'un détrompeur sur cette broche. Si aucun détrompeur par encoche ou protubérance n'est mis en place, le câble peut être connecté à l'envers. Heureusement, cette inversion n'a pas de conséquences très graves : le disque ne fonctionne pas, c'est tout.

Dans quelques rares situations, si vous combinez des éléments, vous risquez de vous retrouver avec un câble dont la broche 20 est bloquée (comme il se doit) et une carte dont la broche 20 est présente. Dans ce cas, brisez la broche 20 de la carte ou, par mesure de précaution, retirez l'obturateur du câble. Attention : certains câbles portent des obturateurs définitifs, qui font partie intégrante du cache du connecteur, auquel cas la seule solution est d'intervenir sur la carte ou de changer de câble.

Pour positionner correctement le câble, la règle est simple : la broche 1 doit être orientée du côté du connecteur d'alimentation du périphérique (elle correspond en principe au fil de couleur de la nappe).

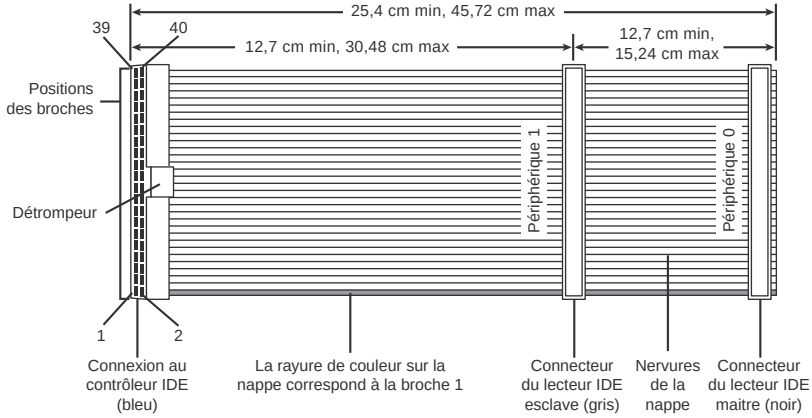
Câble d'entrées/sorties de l'interface ATA parallèle

Le câble utilisé par l'interface ATA parallèle pour véhiculer les signaux entre les circuits de l'adaptateur de bus et le disque dur (le contrôleur) est une nappe à 40 fils. Pour garantir un signal aussi intègre que possible et éliminer les risques de problèmes de cadençage et de bruit, la longueur du câble ne doit pas dépasser 45 cm. Toutefois, des tests ont démontré que des câbles à 80 fils fonctionnaient en toute fiabilité jusqu'à une longueur de 69 cm.

Il est à souligner que les lecteurs ATA supportant les modes de transfert à haut débit, par exemple ceux avec modes PIO-4 ou Ultra-DMA (UDMA), sont particulièrement exposés aux problèmes d'intégrité des câbles. Dans ce cas, les données risquent d'être corrompues et d'autres erreurs peu-

vent apparaître. Le problème se manifeste lors de la lecture ou de l'écriture sur le disque. De plus, certains lecteurs utilisant UDMA Mode 5 (66 Mo/s), Mode 6 (100 Mo/s) ou Mode 7 (133 Mo/s) doivent opter pour un câble spécial de très haute qualité à 80 conducteurs. Nous vous conseillons aussi ce type de câble si vous travaillez en UDMA Mode 2 (33 Mo/s) ou moins : il ne peut faire que du bien à votre système. Les techniciens en informatique ont souvent dans leur caisse à outils un câble ATA spécial de très haute qualité pour tester les lecteurs quand ils suspectent un problème à ce niveau. La Figure 6.4 présente un câble ATA type et indique ses dimensions.

Figure 6.4
Nappe ATA (IDE) avec connecteur à 40 broches et nappe de 40 ou 80 conducteurs.



La plupart des câbles à 40 fils n'utilisent pas de code de couleur pour les connecteurs, alors que tous les câbles à 80 fils en sont dotés.

Les deux versions de câbles ATA utilisées à l'heure actuelle sont : un câble de 40 conducteurs et un câble de 80 conducteurs. Les deux sont pourvus de connecteurs à 40 broches, les conducteurs additionnels de la seconde version étant simplement reliés à la terre. Ils permettent de réduire le bruit et les interférences et sont indispensables pour obtenir des taux de transfert de 66 Mo/s (ATA/66) et plus. Le lecteur et l'adaptateur hôte sont conçus pour désactiver les modes rapides ATA/66, ATA/100 et ATA/133 si une nappe à 80 fils n'est pas détectée. Dans ce cas, un message d'erreur peut être affiché au démarrage de l'ordinateur si un lecteur ATA/66 ou plus rapide est relié à un câble à 40 fils. La nappe à 80 fils peut aussi servir pour des vitesses plus faibles, auquel cas elle améliore l'intégrité des signaux.

Pour distinguer une nappe à 40 fils d'une nappe à 80 fils (voir Figure 6.5), il suffit de compter les cannelures de la nappe, sachant que chaque cannelure correspond à un fil. De plus, la nappe à 80 fils a un aspect plus lisse que celle à 40 fils.

Notez que le détrompeur de la nappe à 80 conducteurs empêche une mauvaise orientation, mais que le câble à 40 fils de mauvaise qualité présenté sur cette figure n'a pas de détrompeur. En général, la présence d'un détrompeur est un premier signe de la qualité du câble. Dans la norme, le détrompeur est obligatoire sur les câbles à 80 fils.

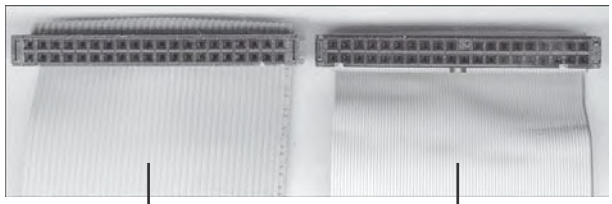


Figure 6.5
Nappe ATA à 40 conducteurs (à gauche) et nappe à 80 conducteurs (à droite).

Câbles plus longs ou ronds

Le standard officiel ATA parallèle limite la longueur du câble à 46 cm. Toutefois, beaucoup de câbles vendus dans le commerce sont plus longs, pouvant aller jusqu'à 91 cm, voire plus. On peut se demander pourquoi des sociétés fabriquent des câbles de plus de 46 cm alors que la norme ne le permet pas. La réponse est simple : pour qu'un produit soit vendu, il n'est pas nécessaire qu'il se conforme à une norme et qu'il fonctionne correctement. De tout temps, des vendeurs ont proposé des câbles mal conçus, de mauvaise qualité et non conformes. Et si certains utilisateurs en ont fait l'expérience avec succès, il en est d'autres qui ont rencontré une foule de problèmes avec des câbles trop longs. C'est pourquoi nous avons décidé de mener une enquête approfondie sur ce sujet.

Elle nous a permis de constater qu'il est possible d'employer sans crainte des câbles à 80 fils jusqu'à 69 cm, mais les câbles à 40 fils ne doivent en aucun cas dépasser la longueur prescrite par la norme.

En réalité, une tentative a été faite pour modifier le standard ATA parallèle et le passer à 27 câbles. Si vous jetez un coup d'œil sur **http://www.t13.org/Documents/UploadedDocuments/technical/e00151r0.pdf**, vous y découvrirez des informations laissant entrevoir des différences négligeables au niveau de l'intégrité des données en Ultra-DMA Mode 5 entre un câble à 80 fils de 69 cm et un autre de 46 cm. Cette conception de câble rallongé est proposée depuis octobre 2000, mais elle n'a jamais été intégrée à la norme. En dépit de toute approbation officielle, on peut déduire que cet essai prouve de manière empirique qu'il est possible d'utiliser des câbles de 80 fils et de 69 cm de long sans gros problème.

Autre recommandation : évitez si possible les câbles ATA "ronds". La conception ronde n'a pas été approuvée dans la norme ATA et plusieurs éléments laissent à penser que ces câbles peuvent créer des interférences et des problèmes de bruit. La conception du câble à 80 conducteurs est telle que dans la nappe chaque fil de données est séparé du suivant par un fil de masse. Or, dans les câbles ronds, il arrive que les fils de données se retrouvent aléatoirement adjacents à d'autres fils de données, causant des interférences et du bruit, ce qui entraîne des messages d'erreur.

Cette recommandation a été étayée par Rahul Sood dans une interview parue dans l'édition de mars 2004 de CPU (**www.computerpoweruser.com**). Rahul Sood est le responsable technique d'un grand fabricant de systèmes haut de gamme, Voodoo PC (**www.voodoopc.com**), racheté depuis par HP. Dans cette interview, il affirmait ne pas être satisfait des câbles ronds et ne jamais en utiliser.

Pour lui, les câbles SATA sont extraordinaires, mais il en va tout autrement des câbles ATA parallèle ronds en raison du risque potentiel de bruit. Tous les tests qu'il a effectués sur des câbles ronds montrent des erreurs apparaissant au fil du temps ou une vitesse moindre que celle fournie par un bon câble plat.

Bien sûr, beaucoup de personnes utilisent des câbles ronds et en sont satisfaites, mais les principes de la conception électrique et la norme ATA nous ont toujours dissuadés de les employer. Il n'existe pas de tests spécifiques venant corroborer les affirmations de Rahul Sood mais nous préférons cependant employer pour nos propres systèmes des câbles plats à 80 conducteurs ne dépassant pas les 69 cm.

Signaux de l'interface ATA parallèle

Cette section décrit en détail les plus importants signaux ATA parallèle ayant trait à la configuration et à l'installation des lecteurs. Ces informations vous aideront à comprendre comment agit par exemple la fonction de sélection par câble.

L'emplacement de la broche 20 sert à déterminer l'orientation du câble, et aucune broche n'est reliée à l'interface à ce niveau. La broche elle-même est d'ailleurs manquante sur la plupart des connecteurs ATA, qui présentent donc un trou au niveau de la broche 20, l'objectif étant d'empêcher que le câble soit branché à l'envers.

La broche 39 porte le signal DASP (*Drive Active/Slave Present*, disque dur actif, esclave présent), signal chrono-multiplexé qui remplit deux fonctions. Durant l'initialisation qui suit la mise sous tension, ce signal indique s'il y a un disque dur esclave connecté à l'interface. Chaque disque dur sollicite ensuite ce signal pour indiquer qu'il est actif. Les premiers disques durs n'étaient pas capables de multiplexer ces fonctions et nécessitaient un paramétrage de cavalier spécial pour fonctionner avec d'autres disques durs. L'une des caractéristiques de l'interface ATA est d'avoir standardisé ces fonctions pour garantir une compatibilité entre les disques durs lorsqu'un ordinateur en contient deux. C'est pourquoi certains lecteurs requièrent un cavalier SP (*Slave Present*) et d'autres non.

La broche 28 porte le signal CSEL (*Cable Select*, sélection par câble). Dans certains anciens lecteurs, elle portait également le signal SPSYNC (*Spindle Synchronisation*, synchronisation de l'axe), mais ce n'est plus que rarement le cas à l'heure actuelle. La fonction CSEL est la plus fréquemment utilisée; elle permet de paramétrer un disque dur en tant que maître (disque dur 0) ou esclave (disque dur 1) sans positionner de cavaliers sur ces disques durs. Si un disque dur détecte que le signal CSEL est relié à la masse, il sera maître; si, en revanche, ce signal est ouvert, le disque dur sera esclave.

Vous pouvez effectuer un câblage spécial pour mettre à la masse le signal CSEL de manière sélective. Ce type d'installation requiert en principe un câble dont la broche 28 ne dispose pas du connecteur médian, placé dans les connecteurs à chaque extrémité. Dans cet agencement, une extrémité étant branchée sur la carte mère et deux disques durs réglés sur la sélection de câble, le câble branché dans le connecteur d'extrémité sera automatiquement configuré en maître tandis que le disque attaché au connecteur médian sera configuré en esclave. Même s'il s'agit de l'agencement le plus

commun, il est aussi possible de créer des câbles où le connecteur médian est maître (et l'extrémité esclave), voire d'utiliser un câble en Y, le connecteur de bus ATA de carte mère étant branché au milieu et les disques durs sur les connecteurs des extrémités du câble. Dans cet agencement, à l'une de ces extrémités, le fil portant le signal CSEL doit être connecté (il indique que le disque dur est maître); le signal CSEL de l'autre extrémité doit être ouvert (le fil doit être interrompu ou supprimé), auquel cas il indiquera que le disque dur est esclave.

Configuration ATA parallèle à deux disques durs

Les configurations à interface ATA parallèle utilisant deux disques durs peuvent poser des problèmes. En effet, chaque disque dur possède son propre contrôleur et ces deux contrôleurs doivent fonctionner en étant connectés au même bus. Il faut par conséquent trouver un moyen d'assurer qu'un seul contrôleur à la fois réponde à chaque commande.

Le standard ATA prévoit la possibilité de connecter deux disques durs par l'intermédiaire d'une nappe en chaîne bouclée. Le disque dur primaire (disque 0) est qualifié de "maître" tandis que le disque secondaire (disque 1) est qualifié d'"esclave". Le statut de maître ou d'esclave se paramètre en positionnant un cavalier ou un interrupteur situé sur le disque dur ou en utilisant une broche spéciale de l'interface : la broche de sélection de câble (CSEL).

Lorsqu'un seul disque dur est installé, le contrôleur répond à toutes les commandes de l'ordinateur. Lorsque deux disques durs (et par conséquent deux contrôleurs) sont installés, chaque contrôleur reçoit toutes les commandes et doit être configuré pour ne répondre qu'à celles qui lui sont destinées. Il faut donc qu'un disque soit paramétré en tant que maître et l'autre en tant qu'esclave. Lorsque l'ordinateur envoie une commande à un disque dur donné, le contrôleur de l'autre disque dur doit rester silencieux pendant que le contrôleur et le disque sélectionnés fonctionnent. Cette distinction entre les deux contrôleurs s'effectue en paramétrant un bit spécial (le bit DRV) dans le registre disque dur/têtes d'un bloc de commandes.

La configuration de disques durs ATA peut se révéler relativement aisée, comme c'est le cas avec la plupart des installations à disque dur unique, ou plus complexe, par exemple lorsqu'il faut associer deux disques anciens qui proviennent de fabricants différents sur un seul câble.

La plupart des disques durs ATA peuvent être configurés avec les quatre paramètres suivants :

- maître (un seul disque dur);
- maître (deux disques durs);
- esclave (deux disques durs);
- sélection par câble (*cable select*).

Beaucoup de lecteurs simplifient l'ensemble à trois paramètres : maître, esclave et sélection par câble. Chaque disque dur ATA possédant son propre contrôleur, il est nécessaire d'octroyer à l'un le statut de maître et à l'autre le statut d'esclave. Il n'existe aucune différence fonctionnelle entre les

deux, si ce n'est que le disque dur esclave envoie un signal nommé DASP (*Drive Active/Slave Present*, lecteur actif/esclave présent) après que le maître a été informé de la présence d'un disque dur esclave dans le système. Le maître consacre alors son attention à la ligne de sélection du lecteur qu'il ignore habituellement. Le fait d'attribuer à un disque dur le statut d'esclave amène également celui-ci à retarder sa rotation de quelques secondes afin de permettre au maître de se mettre en route, et ainsi de diminuer la charge sur l'alimentation du système.

Avant le standard ATA, il n'existait aucune implémentation courante pour la configuration des disques durs. Certaines sociétés utilisaient même des méthodes maître/esclave différentes pour des modèles de disques durs distincts. Ces incompatibilités sont à l'origine du fait que certains disques durs ne fonctionnent ensemble que dans l'ordre maître/esclave ou esclave/maître. Cette situation touche principalement les disques durs IDE qui ont été lancés avant l'apparition du standard ATA.

Aujourd'hui, un seul cavalier (maître/esclave) est nécessaire pour la configuration de la plupart des disques durs qui suivent la spécification ATA. Quelques-uns nécessitent également un cavalier "esclave présent". Le Tableau 6.4 présente les paramètres des cavaliers nécessaires à la majorité des disques durs IDE ATA.

Tableau 6.4 : Paramètres des cavaliers nécessaires à la plupart des disques durs IDE ATA

Nom du cavalier	Disque dur unique	Maître dans une configuration à deux disques durs	Esclave dans une configuration à deux disques durs
Maître (M/S)	Actif	Actif	Inactif
Esclave présent (SP)	Inactif	Actif	Inactif
Sélection par câble (CS)	Inactif	Inactif	Inactif

Avec l'option de sélection par câble, le cavalier CS doit être placé sur On (actif) et tous les autres sur Off (inactif). Le connecteur du câble détermine ainsi le lecteur maître et le lecteur esclave.

La Figure 6.6 montre les cavaliers sur un lecteur ATA type.

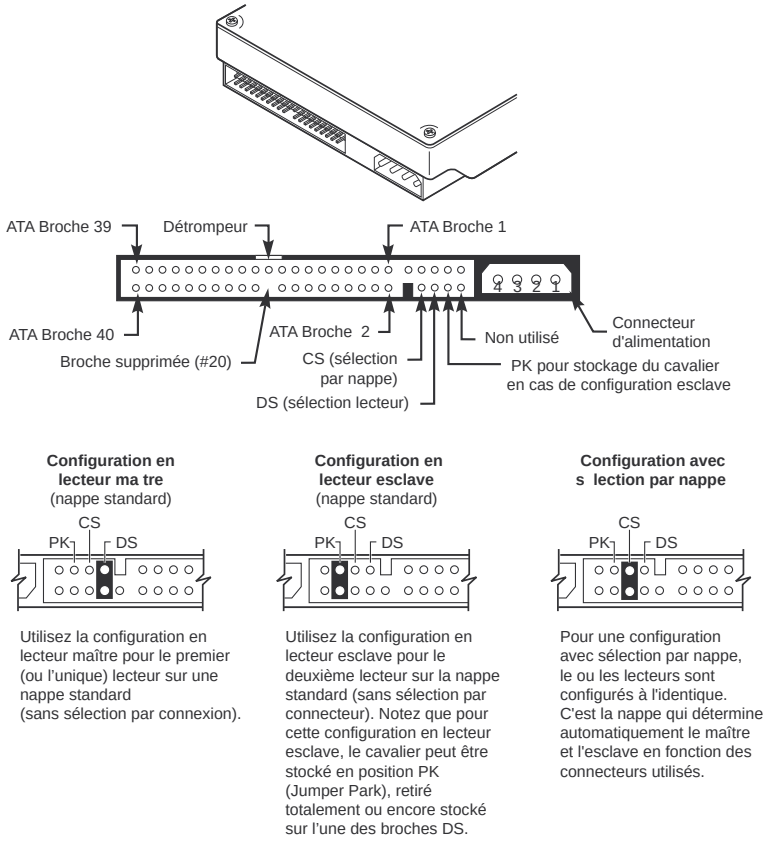
Le cavalier maître indique si le disque dur possède le statut de maître ou d'esclave. Certains disques durs nécessitent également un cavalier SP. Ce dernier est utilisé uniquement dans les configurations à double disque et n'est installé que sur le maître, ce qui peut prêter à confusion. Ce cavalier indique au maître la présence d'un esclave. Pour un grand nombre de disques durs IDE ATA, le cavalier maître est optionnel, mais son installation ne peut porter aucun préjudice et élimine une source possible de confusion. Il est donc recommandé d'installer les cavaliers mentionnés dans cette section.

Notez que certains disques présentent ces cavaliers sur la carte électronique du lecteur ; dans ce cas ils ne sont pas visibles de l'arrière.

Pour éliminer toute confusion sur les paramètres maître/esclave, les systèmes modernes utilisent en principe tous l'option de sélection par câble. Cette solution a deux aspects. Le premier est un câble IDE spécial dont tous les fils, sauf la broche 28, sont reliés aux connecteurs de la carte mère pour les

Figure 6.6

Les cavaliers des lecteurs ATA parallèle de la plupart des disques.



deux lecteurs. La broche 28 est utilisée pour la sélection par câble, elle est reliée à l'un des connecteurs de lecteur (libellé maître) et pas à l'autre (l'esclave). Les deux lecteurs sont ensuite configurés par le mode CS *via* le cavalier CS de chaque lecteur.

Avec cette sélection par câble, le lecteur qui reçoit les signaux sur la broche 28 devient automatiquement le maître, l'autre devenant esclave. La plupart des câbles implémentent cette technique par le retrait de la partie métallique du trou de la broche 28, ce qui n'est pas forcément facile à voir au premier coup d'œil. D'autres disposent d'une broche 28 visiblement coupée à un endroit quelconque de la nappe. Il s'agit d'une modification mineure du câble, qui peut être délicate à repérer; les câbles avec sélection par câble portent en principe des connecteurs libellés maître, esclave et système. Tous les câbles Ultra-ATA à 80 conducteurs sont conçus de la sorte.

Si vous optez pour la sélection par câble, placez les cavaliers CS de tous les disques puis reliez le disque qui doit devenir le maître au connecteur libellé maître et l'autre au connecteur libellé esclave.

Le seul inconvénient à l'emploi de la sélection par câble est qu'elle limite les possibilités de passage de câble et de positionnement des lecteurs maître et esclave, ceux-ci devant être connectés en des positions bien précises.

Modes de transfert PIO de l'interface ATA parallèle

Les interfaces ATA-2/EIDE et ATA-3 ont défini plusieurs modes de transfert de données hautes performances à destination et en provenance du disque dur. Ces modes de transfert constituaient la principale nouveauté de ces standards et la raison principale pour laquelle ils ont été mis au point. Cette section présente ces différents modes.

Le mode PIO (*Programmed I/O*, entrées/sorties programmées) détermine la vitesse à laquelle les données sont transférées à destination et en provenance du disque dur. Lorsque le mode le plus lent, PIO 0, est activé, la durée de cycle des données ne peut excéder 600 ns. Au cours d'un cycle, 16 bits de données sont transférés à destination ou en provenance du disque dur, ce qui correspond à un taux de transfert de données de 3,3 Mo/s en mode PIO 0 (durée de cycle de 600 ns), alors que le mode PIO 4 correspond à un taux de transfert de données de 16,6 Mo/s.

Le Tableau 6.5 présente les modes PIO et leurs taux de transfert de données respectifs.

Tableau 6.5 : Modes PIO et taux de transfert de données

Mode PIO	Largeur bus (bits)	Durée du cycle (ns)	Vitesse de bus (MHz)	Cycle horloge	Taux de transfert (Mo/s)	Spécification ATA
0	16	600	1,67	1	3,33	ATA-1
1	16	383	2,61	1	5,22	ATA-1
2	16	240	4,17	1	8,33	ATA-1
3	16	180	5,56	1	11,11	ATA-2
4	16	120	8,33	1	16,67	ATA-2

ATA-2 est également appelé EIDE (*Enhanced IDE*) ou Fast-ATA.
ns = nanoseconde
Mo = million d'octets

La plupart des cartes mères compatibles ATA-2 ou plus possèdent deux connecteurs ATA. La plupart des chipsets de carte mère incluent une interface ATA dans leurs composants South Bridge, liée dans les PC modernes au bus PCI.

Sur les cartes mères des vieux 486 et de certains des premiers Pentium, seul le connecteur IDE primaire est connecté au bus local PCI. Le connecteur secondaire passe par le bus ISA ; il n'accepte donc que des disques durs fonctionnant en mode PIO 2.

Lorsqu'ils sont interrogés à l'aide de la commande `Identify Drive` (identifier le disque dur), les disques durs renvoient, entre autres informations, des données relatives aux modes PIO et DMA qu'ils sont capables d'utiliser. La plupart des BIOS étendus sélectionnent automatiquement le mode

correspondant aux capacités du disque dur. Si vous sélectionnez un mode trop rapide pour le disque dur, ses données risquent d'être altérées.

Les disques durs ATA-2 et les modèles plus récents utilisent également un mode PIO de type bloc, ce qui signifie qu'ils ont recours aux commandes `Read Multiple` (lecture multiple) et `Write Multiple` (écriture multiple), lesquelles réduisent sensiblement le nombre d'interruptions envoyées au processeur hôte, et par conséquent le temps de transfert.

Modes de transfert DMA de l'interface ATA parallèle

Bien que, généralement, ni le système d'exploitation ni le logiciel de BIOS n'exploitent cette possibilité, les disques durs ATA-2 sont également capables d'effectuer des transferts DMA (*Direct Memory Access*, accès mémoire direct). Cela signifie que les données sont transférées directement du disque dur vers la mémoire sans passer par le processeur principal, contrairement à ce qui se passe en mode PIO. Cela permet de décharger le processeur d'une grande partie du travail de transfert.

Il existe deux types d'accès mémoire direct : les modes DMA 8 bits et les modes DMA 16 bits. Les modes DMA 8 bits ont été retirés de la spécification ATA-3, ils sont obsolètes aujourd'hui. Les modes DMA sont parfois appelés ATA à maître de bus (*Bus Mastering*). Dans le cas du DMA à maître de bus, les circuits logiques de l'interface se chargent d'arbitrer le transfert, de saisir le contrôleur et de transférer les données.

Les systèmes qui utilisent des puces Intel PIIX (*PCI IDE ISA eXcelerator*) ou des puces South Bridge plus récentes (ou équivalentes) offrent des modes ATA à maître de bus. Ces modes ont recours au maître de bus sur le bus PCI pour exécuter les transferts de données. Les modes DMA à maître de bus et les taux de transfert correspondants sont présentés aux Tableaux 6.6 et 6.7.

Tableau 6.6 : Modes DMA 8 bits et taux de transfert

Mode DMA 8 bits	Largeur de bus (bits)	Vitesse de cycle (ns)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles d'horloge	Taux de transfert (Mo/s)	Spécification ATA
0	16	960	1,04	1	2,08	ATA-1*
1	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1*
2	16	240	4,17	1	8,33	ATA-1*

* Les modes DMA 8 bits ont été supprimés dans ATA-3 et les versions suivantes.

Malheureusement, même le mode ATA à maître de bus 2 (BMIDE 2), le plus rapide, ne permet pas de dépasser le taux de transfert de 16,67 Mo/s qu'assure le mode PIO 4. Et pourtant, en déchargeant le processeur de la lourde tâche des transferts, les performances d'ensemble du système sont meilleures. Les modes DMA à asservissement de bus n'ont donc jamais été considérés comme réellement désirables et, le plus souvent, il est recommandé de se cantonner au mode PIO 4 quand le

Tableau 6.7 : Modes DMA 16 bits et taux de transfert

Mode DMA 16 bits	Largeur de bus (bits)	Vitesse de cycle (ns)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles d'horloge	Taux de transfert (Mo/s)	Spécification ATA
0	16	480	2,08	1	4,17	ATA-1
1	16	150	6,67	1	13,33	ATA-2*
2	16	120	8,33	1	16,67	ATA-2*

* ATA-2 est aussi appelé EIDE ou Fast-ATA.

disque dur le permet. Ces modes n'ont jamais fait leurs preuves ; ils ont été supplantés par les modes Ultra-DMA que supportent aujourd'hui les périphériques compatibles ATA-4 à ATA-7.

Le Tableau 6.8 montre les modes Ultra-DMA pris en charge dans ATA-4 à ATA-7. Notez que pour pouvoir utiliser ces fonctions, il faut installer le pilote spécifique à votre adaptateur hôte et à votre version de Windows.

Tableau 6.8 : Modes Ultra-DMA d'ATA-4 à ATA-7

Mode Ultra-DMA	Largeur de bus (bits)	Vitesse de cycle (ns)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles d'horloge	Taux de transfert (Mo/s)	Spécification ATA
0	16	240	4,17	2	16,67	ATA-4
1	16	160	6,25	2	25,00	ATA-4
2	16	120	8,33	2	33,33	ATA-4
3	16	90	11,11	2	44,44	ATA-5
4	16	60	16,67	2	66,67	ATA-5
5	16	40	25,00	2	100,00	ATA-6
6	16	30	33,00	2	133,00	ATA-7

ATA-4 UDMA Mode 2 est parfois appelé Ultra-ATA/33 ou ATA-33.
ATA-5 UDMA Mode 4 est parfois appelé Ultra-ATA/66 ou ATA-66.
ATA-6 UDMA Mode 5 est parfois appelé Ultra-ATA/100 ou ATA-100.
ATA-7 UDMA Mode 6 est parfois appelé Ultra-ATA/133 ou ATA-133.

ATA Série

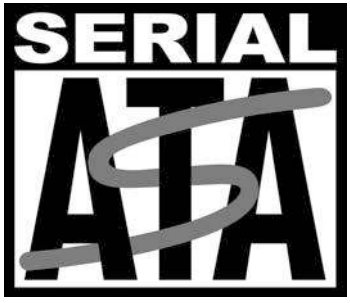
Avec le développement d'ATA-8, il semble que le standard ATA parallèle qui est utilisé depuis plus de dix ans arrive au terme de sa carrière. L'envoi de données à des vitesses supérieures à 133 Mo/s *via* une nappe parallèle est soumis à une foule de problèmes du fait du cadençage des signaux, des interférences électromagnétiques (EMI) et d'autres problèmes d'intégrité. La solution est apparue sous la forme d'une nouvelle interface ATA appelée ATA série, qui est en fait destinée à remplacer l'interface physique ATA parallèle tout en assurant une compatibilité arrière avec les logiciels existants, qui fonctionne sans aucune modification avec la nouvelle architecture. En d'autres termes, les

BIOS, les systèmes d'exploitation et les utilitaires fonctionnant avec l'interface ATA parallèle travaillent également avec ATA série.

Bien sûr, physiquement, il y a des différences : vous ne pouvez pas connecter des lecteurs ATA parallèles sur l'adaptateur hôte ATA série ou inversement. Les modifications physiques vont dans le bon sens : ATA série utilise des câbles beaucoup plus fins, avec 7 conducteurs seulement, qui sont bien plus faciles à mettre en place dans le PC et à connecter. Les puces de l'interface disposent de moins de broches et travaillent avec une tension plus faible. Ces améliorations sont destinées à éliminer les problèmes de conception inhérents à ATA parallèle.

La figure 6.7 montre le logo officiel utilisé pour identifier la plupart des périphériques SATA.

Figure 6.7
Le logo officiel ATA série, utilisé pour identifier les périphériques SATA.



ATA série (appelé aussi SATA) n'a pas immédiatement remplacé ATA parallèle, mais beaucoup de systèmes récents, suivant la standardisation ATA série, offraient les deux interfaces. Au fil du temps, SATA a supplanté ATA parallèle comme standard *de facto* de l'interface des périphériques de stockage internes des PC. Le passage d'ATA à SATA a été progressif et, durant la phase de transition, ATA parallèle continuera d'exister.

Les développements de SATA ont commencé par l'annonce du Serial ATA Working Group, sur le forum des développeurs d'Intel, en février 2000. Les membres fondateurs de ce groupe sont APT Technologies, Dell, IBM, Intel, Maxtor, Quantum et Seagate. Le groupe initial est ensuite devenu le Serial ATA II Working Group. Finalement, en juillet 2004, le nom se transformait en Serial ATA International Organization. La première spécification SATA 1.0 a été publiée en novembre 2000 et a été officiellement approuvée comme spécification définitive en août 2001. Les premières extensions Serial ATA II Working Group de cette spécification, qui ont permis à ATA série de prendre en charge le stockage réseau, ont été publiées en octobre 2002. La spécification Serial ATA Revision 2.6 est la dernière en date. Vous pouvez les télécharger sur le site **http://www.serialata.org**. Depuis sa création, le groupe s'est étoffé de plus de 130 entreprises de tous les secteurs de l'industrie. Les premiers systèmes équipés de SATA sont apparus sur le marché en 2002. SATA a finalement été intégré directement dans les chipsets de carte mère en avril 2003 avec l'introduction du composant de chipset ICH5 d'Intel. Depuis lors, la plupart des chipsets intègrent ATA série.

Les performances de SATA sont impressionnantes, même si la conception actuelle des disques durs ne tire pas totalement avantage de la largeur de bande. Ceci peut quelque peu changer à mesure de l'arrivée de disques durs hybrides comprenant des caches de mémoire flash plus volumineux. Il existe aujourd'hui trois versions du standard, utilisant toutes les mêmes câbles et les mêmes connecteurs. Elles diffèrent seulement au niveau de leurs performances en termes de taux de transfert. Actuellement seule la première version est disponible, des vitesses accrues étant prévues dans l'avenir. Le Tableau 6.9 montre les spécifications de ces trois versions SATA. La troisième génération, la version 600 Mo/s, n'est pas attendue avant plusieurs années.

Tableau 6.9 : Spécifications des standards SATA

Type SATA	Débit du signal (Go/s)	Largeur de bus (bits)	Vitesse de bus (MHz)	Cycles de données	Largeur de bande (Mo/s)
SATA-150	1,5	1	1500	1	150
SATA-300	3,0	1	3000	1	300
SATA-600	6,0	1	6000	1	600

Ce tableau montre que SATA envoie un bit de données à la fois. Le câble utilisé n'est formé que de 7 fils (quatre signaux et trois masses), il est très mince ; il dispose de connecteurs munis de détrompeurs d'une largeur de 14 mm. Cela élimine le problème de circulation d'air que posaient les larges nappes ATA parallèles. Chaque câble est doté d'un connecteur à chaque extrémité et relie le périphérique directement à l'adaptateur hôte (en principe sur la carte mère). Il n'y a pas de paramètres maître/esclave, chaque câble ne prenant en charge qu'un seul périphérique. Le câble n'a pas de sens précis : le connecteur de la carte mère est le même que celui du périphérique. La longueur maximale est de 1 m, donc nettement supérieure aux 45 cm d'ATA parallèle. Bien qu'étant plus minces, moins onéreux et plus longs, ces câbles permettent des taux de transfert de 150 Mo/s (plus 13 % par rapport à l'ATA/133 parallèle) et SATA II va même jusqu'à 300 Mo/s, voire 600 Mo/s pour les prochaines versions.

SATA utilise un codage spécial appelé 8B/10B pour encoder et décoder les données envoyées par le câble. Le code de transmission 8B/10B a été conçu à l'origine (et breveté) par IBM, au début des années quatre-vingt. De nombreux standards de communication à haut débit, par exemple Gigabit Ethernet, Fibre Channel, FireWire, etc., utilisent ce schéma de codage. Son objectif est de garantir que jamais plus de quatre 0 (ou 1) ne sont envoyés consécutivement. Il s'agit d'une forme de codage RLL appelé RLL 0,4 dans lequel le 0 représente le nombre minimal et 4 le nombre maximal de 0 ou 1 dans chaque caractère encodé.

Le codage 8B/10B assure qu'il n'y a jamais plus de six et moins de quatre 0 (ou 1) dans un caractère codé sur 10 bits. Étant donné que les 0 et les 1 sont envoyés sous forme de changements de tension sur un câble, les espacements entre les changements de tension sont parfaitement équilibrés et le flux d'impulsions est régularisé. La charge de travail des circuits est amoindrie, d'où une meilleure fiabilité. La conversion des données en 8 bits en des caractères codés en 10 bits pour la transmission

a laissé libres plusieurs combinaisons en 10 bits, qui sont utilisées pour le contrôle de flux, la délimitation des paquets de données, le contrôle d'erreur ou d'autres fonctions spéciales.

Câbles et connecteurs ATA série

Le schéma de transmission physique de SATA utilise ce que l'on appelle le NRZ différentiel (*Non Return to Zero*, sans retour à zéro). Il est composé d'une paire de câbles, chacun transportant + ou –0,25 V. Les signaux sont envoyés de manière différentielle : si l'un des câbles transporte +0,25 V, l'autre transporte –0,25 V, la différence entre les deux tensions étant ainsi de 0,5 V. Cela signifie que pour une onde donnée, l'onde opposée est envoyée sur l'autre câble. La transmission différentielle minimise les radiations électromagnétiques et facilite la lecture des signaux par le récepteur.

Un câble d'alimentation à 15 broches et un connecteur d'alimentation sont des éléments optionnels de SATA ; ils fournissent une alimentation de 3,3 V en plus des 5 V et 12 V générés par les connecteurs d'alimentation standard à 4 broches des périphériques. Malgré ses 15 broches, ce connecteur ne mesure que 24 mm. Trois broches sont affectées à chaque voltage, avec une capacité suffisante pour arriver à 4,6 A, ce qui est largement suffisant même pour les périphériques les plus gourmands. Par mesure de compatibilité avec les alimentations existantes, les lecteurs SATA peuvent fournir soit le connecteur d'alimentation traditionnel à 4 broches, soit le nouveau connecteur SATA à 15 broches, soit les deux. Si le lecteur ne dispose pas d'un connecteur requis, sachez qu'il existe des adaptateurs de conversion d'un type vers l'autre.

La figure 6.8 montre à quoi ressemblent les nouveaux connecteurs SATA.

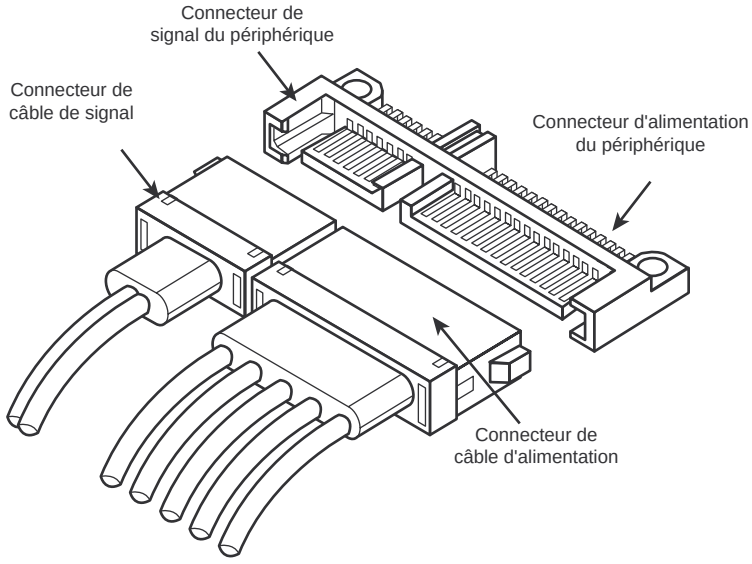
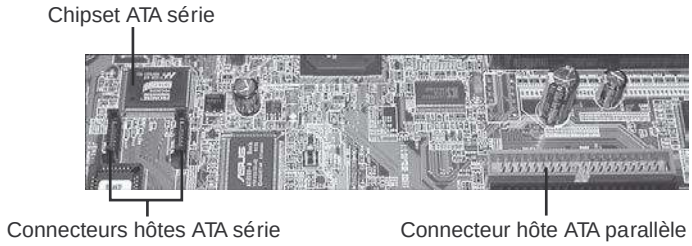


Figure 6.8
Connecteurs de signaux et d'alimentation SATA sur un disque dur SATA ordinaire.

La Figure 6.9 présente les adaptateurs hôtes SATA et ATA parallèle sur une carte mère.

Figure 6.9
Une carte mère avec adaptateurs hôtes ATA série et ATA parallèle.



Le brochage des connecteurs ATA série de données et d'alimentation est présenté aux Tableaux 6.10 et 6.11.

Tableau 6.10 : Brochage du connecteur de données ATA série

Broche de signal	Signal	Description
S1	Gnd	Contact préalable
S2	A+	Host Transmit +
S3	A-	Host Transmit -
S4	Gnd	Contact préalable
S5	B-	Host Receive -
S6	B+	Host Receive +
S7	Gnd	Contact préalable

Toutes les broches sont placées sur une seule rangée et sont espacées de 1,27 mm.

Tableau 6.11 : Brochage du connecteur d'alimentation optionnel ATA série

Broche de signal	Signal	Description
P1	+3,3V	Alimentation 3,3V
P2	+3,3V	Alimentation 3,3V
P3	+3,3V	Alimentation 3,3V
P4	Gnd	Contact préalable
P5	Gnd	Contact préalable
P6	Gnd	Contact préalable
P7	+5V	Alimentation 5V
P8	+5V	Alimentation 5V
P9	+5V	Alimentation 5V

Tableau 6.11 : Brochage du connecteur d'alimentation optionnel ATA série (*suite*)

Broche de signal	Signal	Description
P10	Gnd	Contact préalable
P11	Gnd	Contact préalable
P12	Gnd	Contact préalable
P13	+12V	Alimentation 12V
P14	+12V	Alimentation 12V
P15	+12V	Alimentation 12V

Toutes les broches sont placées sur une seule rangée et sont espacées de 1,27 mm.
Toutes les broches de masse sont plus longues que les broches de données ou d'alimentation pour établir le contact avant ces dernières et permettre le branchement à chaud.
Trois broches d'alimentation sont utilisées pour transporter 4,5 ampères, un maximum pour chaque tension.

Configuration ATA série

La configuration de périphériques ATA série est beaucoup plus simple qu'avec l'ATA parallèle, car les systèmes de cavaliers maître/esclave ou de sélection par câble n'ont plus lieu d'être.

Le Setup du BIOS pour les lecteurs SATA est tout aussi simple. SATA reposant sur ATA, la détection automatique des paramètres des lecteurs sur des systèmes équipés de connecteurs SATA est réalisée de la même façon que sur les systèmes avec ATA parallèle. En fonction du système, deux situations peuvent survenir : soit les interfaces ATA série sont activées par défaut, soit elles nécessitent une activation dans le programme de Setup du BIOS.

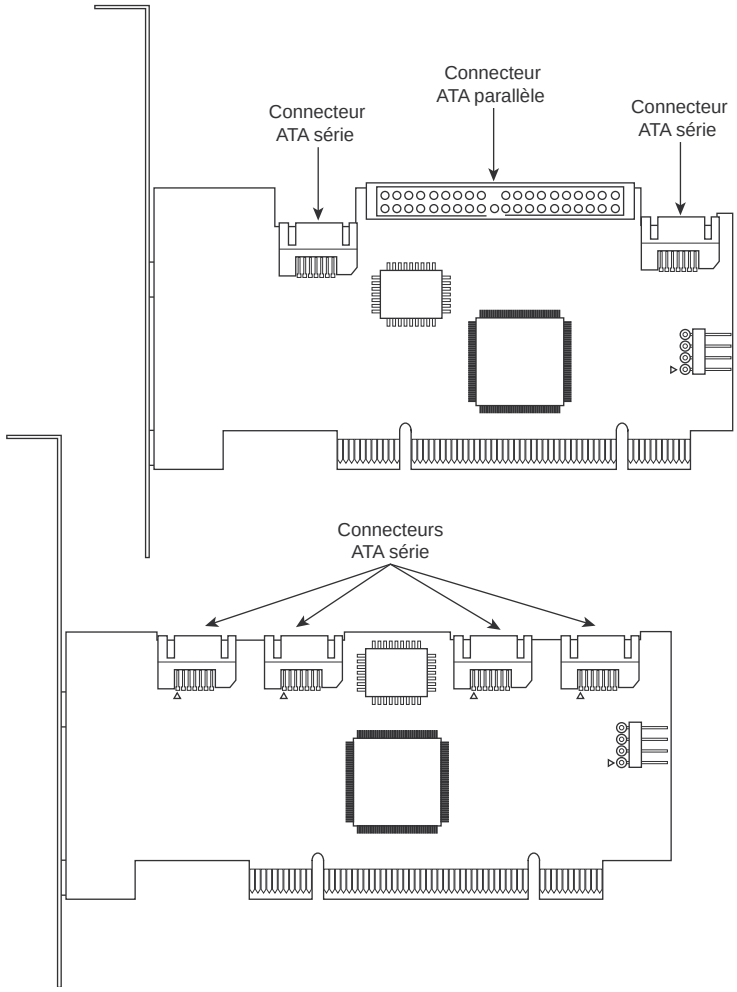
✔ Voir le Chapitre 4 consacré au BIOS pour de plus amples détails.

Si vous souhaitez employer des lecteurs SATA mais que vous ne vouliez pas installer une carte mère avec adaptateur hôte ATA série intégré, vous avez la possibilité d'implanter une carte adaptateur ATA série séparée dans un connecteur d'extension PCI (voir Figure 6.10). La plupart de ces adaptateurs incluent des fonctions ATA RAID.

Certains des premiers adaptateurs SATA, dont les modèles de HighPoint et de 3Ware, utilisent une technologie de pont ATA parallèle-ATA série qui occupe jusqu'à la moitié de la largeur de bande. D'autres, par exemple les adaptateurs de Promise Technology, font appel à des modules de contrôleur ATA série natifs, une solution bien meilleure en théorie car elle préserve la largeur de bande. Néanmoins, le taux de transfert des lecteurs ATA série actuels, tout comme celui de leurs homologues ATA parallèle, est loin des 150 Mo/s fournis par les adaptateurs hôtes : la vitesse de transfert moyenne des lecteurs ATA série à 7200 tr/m est de l'ordre de 10 à 50 Mo/s.

Figure 6.10

Des adaptateurs hôtes ATA série RAID types à deux canaux (en haut) et quatre canaux (en bas). Celui à deux canaux inclut également un adaptateur hôte ATA parallèle.



ATA série de deuxième génération

Comme pour ATA parallèle, ATA série a été conçu au départ comme interface de stockage primaire dans un PC et non en tant qu'interface externe. Toutefois, avec Serial ATA Revision 2.x et ultérieur, SATA va évoluer pour inclure de nouvelles caractéristiques comme :

- taux de transfert de 3 Gbit/s;
- interface de contrôleur hôte avancé (AHCI);
- file d'attente de commande native (NCQ);
- branchement à chaud;
- SATA externe (eSATA);

- multiplicateurs de ports;
- accélération par étapes.

Compte tenu du faible coût et de la taille réduite du câblage interne, il ne fait aucun doute qu'ATA série prendra le pas sur ATA parallèle dans les systèmes des ordinateurs de bureau ou portables.

AHCI (*Advanced Host Controller Interface*)

ATA série n'a pas seulement été développé pour remplacer ATA parallèle, mais aussi en tant qu'interface susceptible d'évoluer pour offrir plus de possibilités et de fonctionnalités que son prédécesseur. Au départ, la compatibilité avec ATA parallèle était l'une des principales caractéristiques d'ATA série, car cela permettait une transition tout en douceur de l'un à l'autre. Cette compatibilité s'étend au niveau des pilotes, les périphériques ATA série utilisant les mêmes pilotes au niveau du BIOS et les mêmes logiciels que leurs homologues ATA parallèles.

Ce désir d'offrir une transition douce s'est également accompagné de la volonté de permettre des extensions ultérieures. Pour cela, une interface logicielle étendue, appelée AHCI (*Advanced Host Controller Interface*), a été développée initialement par le Groupe de contributeurs AHCI, présidé par Intel et formé au départ d'AMD, Dell, Marvell, Maxtor, Microsoft, Red Hat, Seagate et StorageGear. Ce groupe a publié une version préliminaire d'AHCI v0.95 en mai 2003, la version 1.0 de la spécification définitive étant sortie en avril 2004. La version actuelle est la 1.1 et peut être téléchargée sur le site Intel à l'adresse www.intel.com/technology/serialdata/ahci.htm.

AHCI définit une interface normalisée à haute performance pour les pilotes et les systèmes d'exploitation pour leur permettre de découvrir et de mettre en œuvre des fonctionnalités SATA avancées telles que la gestion des files d'attente de commandes (*command queuing* ou CQ), le branchement à chaud et la gestion de l'énergie. En 2004, AHCI a été intégré aux chipsets acceptant ATA série; il est pris en charge par les pilotes AHCI de Windows. L'idée d'AHCI est d'avoir une seule interface au niveau du pilote, prise en charge par tous les adaptateurs hôtes SATA avancés. L'installation des systèmes d'exploitation est considérablement simplifiée. Il n'est plus nécessaire d'utiliser des pilotes SATA personnalisés pour chaque adaptateur hôte SATA des différents fabricants.

Malheureusement, les pilotes AHCI ne sont pas inclus par défaut dans Windows XP et les précédents CD d'installation, car son développement est ultérieur à la sortie de XP. Ainsi, si vous installez Windows XP sur un système disposant d'un adaptateur hôte SATA intégré réglé en mode AHCI, vous devrez probablement appuyer sur la touche F6 au début de l'installation et utiliser une disquette avec les pilotes AHCI, faute de quoi Windows XP ne reconnaîtra pas les disques durs.

Si le système ne dispose pas de lecteur de disquette, vous pouvez conserver un lecteur indépendant et le connecter temporairement pendant l'installation.

Vous pouvez également régler l'adaptateur hôte SATA en mode de compatibilité ATA (AHCI désactivé) dans le setup du BIOS. Démarrez ensuite à partir d'un CD standard de Windows XP et installez Windows sans pilote spécial. En laissant l'adaptateur en mode de compatibilité, vous risqueriez de

manquer certaines performances proposées par le SATA II avancé pris en charge par les disques durs. Heureusement, vous pouvez aisément réactiver le mode AHCI une fois Windows XP installé. Pour cela, téléchargez ou copiez d'abord le pilote AHCI (Intel Matrix Storage Manager Driver) sur le disque dur, puis activez AHCI dans le setup du BIOS. Au prochain démarrage, Windows voit le "nouvel" adaptateur hôte AHCI et exécute automatiquement l'Assistant Nouveau matériel détecté, à qui vous demandez d'installer les pilotes AHCI précédemment téléchargés. Ainsi, Windows est installé avec l'adaptateur en mode AHCI, avec les pilotes AHCI corrects chargés. Malheureusement, de nombreuses cartes mères d'une marque autre qu'Intel ou utilisant des chipsets autres qu'Intel n'acceptent pas le mode ATA ; cette technique ne fonctionnera donc peut-être pas avec ces cartes.

Les deux premières options fonctionnent dans la plupart des cas. La meilleure solution consiste probablement à simplement créer un disque d'installation Windows XP personnalisé, sur lequel les pilotes SATA AHCI (voire RAID) ont été installés. Pour simplifier les choses, vous pouvez utiliser les BTS DriverPacks, gérés par le menu, sur le site **www.driverpacks.net**. Ils permettent d'ajouter aisément toutes sortes de pilotes sur vos disques d'installation Windows XP.

Modes de transfert ATA série

ATA série transfère les données d'une manière totalement différente d'ATA parallèle. Comme évoqué précédemment, les taux de transfert sont de 1,50 Go/s, 3 Go/s et 6 Go/s, la plupart des lecteurs utilisant le taux de 1,5 Go/s ou 3 Go/s. Les vitesses sont compatibles en amont (tous les disques durs acceptant 3 Go/s fonctionnent aussi à 1,5 Go/s). Mais étant donné que SATA est conçu pour assurer une compatibilité arrière avec ATA parallèle, une certaine confusion peut naître du fait que les lecteurs SATA acceptent des vitesses et des modes capables d'émuler les paramètres ATA parallèle pour assurer cette compatibilité.

À titre d'exemple, beaucoup de cartes mères détectent un lecteur ATA série comme prenant en charge Ultra-DMA Mode 5 (ATA/100), donc un mode ATA parallèle travaillant à 100 Mo/s. C'est à l'évidence incorrect car même le mode ATA série le plus lent (1,5 Go/s) travaille à 150 Mo/s et les modes Ultra-DMA ne s'appliquent pas aux lecteurs SATA.

ATA parallèle et série ont des spécifications électriques et physiques totalement différentes, mais ATA série émule ATA parallèle de façon à devenir entièrement transparent pour les logiciels. En fait, l'émulation ATA parallèle de SATA reprend la spécification ATA-5.

Cette façon de procéder apparaît au grand jour avec la commande `IDENTIFY DEVICE`, utilisée par les routines d'autodétection dans le BIOS pour lire les paramètres du lecteur. La spécification ATA série indique que bon nombre des informations livrées par `IDENTIFY DEVICE` doivent l'être sous la forme définie dans ATA/ATAPI-5, y compris les modes et paramètres Ultra-DMA disponibles.

La spécification SATA 1 énonce également que l'émulation du comportement d'un périphérique ATA parallèle tel qu'il est perçu par le BIOS ou un pilote logiciel est un travail de coopération entre le périphérique et l'adaptateur hôte ATA série. Le comportement des registres de blocs de commande et de contrôle, les transferts de données PIO et DMA, les réinitialisations et les interruptions sont tous émulés. L'adaptateur hôte contient un jeu de registres qui émule les contenus des registres

de périphérique traditionnels, appelés *Shadow Register Block*. Tous les périphériques ATA série se comportent comme les périphériques maîtres, de type Device 0. Ils peuvent ignorer le bit DEV dans le registre de périphérique et de tête des FIS de registre, et c'est l'adaptateur hôte qui est responsable de la transmission correcte des FIS de registre en fonction de la valeur du bit DEV.

Cela signifie que les blocs de registre shadow sont de "faux" registres ATA parallèles, permettant à toutes les commandes ATA, tous les modes, etc. d'être émulés. ATA série a été conçu pour une compatibilité totale avec ATA/ATAPI-5, ce qui explique qu'un lecteur ATA série peut rapporter des informations un peu comme s'il s'agissait d'un lecteur ATA parallèle ou qu'il exécutait des modes ATA parallèles, même si ce n'est pas le cas dans la réalité.

Fonctionnalités ATA

Les standards ATA ont parcouru une longue route pour éliminer toutes les incompatibilités et les problèmes d'interfaçage entre les lecteurs IDE et les systèmes de bus PCI/ISA. Les spécifications ATA définissent les signaux du connecteur 40 broches, les fonctions et les cadences de ces signaux, les caractéristiques des câbles, etc. La section suivante répertorie les éléments et fonctions définis dans la spécification ATA.

Commandes de l'interface AT

Les commandes améliorées de l'interface IDE ATA font partie de ses caractéristiques les plus intéressantes. Cette interface a été modélisée à partir du contrôleur WD1003 qu'IBM utilisait sur ses AT. Tous les disques durs IDE ATA doivent impérativement être compatibles avec le jeu de commandes (huit commandes au total) original de ce contrôleur, ce qui explique qu'il soit aujourd'hui si facile d'installer un disque dur IDE sur un ordinateur. Sur tous les ordinateurs compatibles IBM, le BIOS de ROM comprend des fonctions intégrées de compatibilité avec le contrôleur WD1003, ce qui signifie que ces ordinateurs acceptent également l'interface IDE ATA.

Outre le fait qu'il est compatible avec toutes les commandes du contrôleur WD1003, le standard ATA a ajouté de nombreuses autres commandes pour accroître les performances et les capacités de l'interface ATA. Ces commandes font partie des caractéristiques facultatives de cette interface, mais nombre d'entre elles sont utilisées sur la plupart des disques durs actuellement disponibles. Elles sont en général très importantes pour les performances et l'utilisation des disques durs ATA.

La commande `Identify Drive` (identifier le disque dur) est vraisemblablement la plus importante. Elle ordonne au disque dur de transmettre un bloc de 512 octets de données contenant des informations sur lui. Grâce à cette commande, tous les programmes (ainsi que le BIOS de l'ordinateur) peuvent identifier le type du disque dur connecté, le nom du fabricant, le numéro du modèle, les paramètres de fonctionnement et même le numéro de série. Nombre de BIOS modernes utilisent ces informations pour recevoir et entrer automatiquement les paramètres du disque dur dans la mémoire CMOS, ce qui dispense l'utilisateur d'avoir à le faire manuellement au cours de la configuration de l'ordinateur. Ce type de système permet d'éviter des erreurs qui peuvent par la suite aboutir à la

perte de données lorsque l'utilisateur ne se souvient plus des paramètres qu'il avait spécifiés dans le Setup du BIOS.

Les données de la commande `Identify Drive` permettent de connaître un grand nombre d'informations sur le disque dur, et notamment :

- le nombre d'adresses de bloc logique disponibles avec le mode LBA ;
- le nombre de cylindres, de têtes et de secteurs physiques disponibles en mode P-CHS ;
- le nombre de cylindres, de têtes et de secteurs logiques disponibles dans le mode de conversion P-CHS actuel ;
- les modes de transfert (et les vitesses) pris en charge ;
- le fabricant et le numéro du modèle ;
- la révision du microprogramme interne ;
- le numéro de série du disque dur ;
- le type de zone tampon, qui indique les possibilités de transformation en zones tampons ou de mise en mémoire cache des secteurs.

Plusieurs programmes gratuits permettent d'exécuter cette commande et d'afficher les informations obtenues sur l'écran de l'ordinateur, notamment ATAINF disponible dans le cadre d'une collection gratuite d'outils de diagnostic appelés Ultimate Boot CD. Le disque ou la majeure partie des utilitaires séparément sont entièrement téléchargeables sur le site **http://ultimaboot.com**. Ils vous seront particulièrement utiles lorsque vous aurez à installer des disques durs IDE pour lesquels vous aurez à connaître les paramètres corrects pour un type de BIOS définissable par l'utilisateur. Ces programmes tirent directement ces informations du disque dur lui-même.

Les commandes `Read Multiple` (lecture multiple) et `Write Multiple` (écriture multiple) sont deux autres commandes très importantes. Elles permettent d'effectuer des transferts de données portant sur plusieurs secteurs et, lorsqu'elles sont combinées à des fonctions PIO (*Programmed I/O*, entrées/sorties programmées) en mode bloc, elles offrent un taux de transfert de données très élevé, plusieurs fois supérieur à celui des modes de transfert PIO portant sur un secteur unique.

L'interface ATA contient beaucoup d'autres commandes améliorées. Ainsi permet-elle à un fabricant donné d'intégrer des commandes qui lui sont propres. Ces commandes sont généralement utilisées pour des fonctions que le fabricant est seul à proposer. Souvent, des commandes spécifiques au fabricant contrôlent des fonctions telles que le formatage de bas niveau et la gestion des secteurs défectueux, ce qui explique que les programmes de formatage à bas niveau soient si différents d'un fabricant à l'autre, et que beaucoup de fabricants conçoivent leurs propres programmes de formatage de bas niveau.

Mode sécurité ATA

La prise en charge des mots de passe de disque dur (*ATA Security Mode*) a été ajoutée à la spécification ATA-3 au cours de l'année 1995. La proposition adoptée dans cette spécification a été élaborée

à l'origine par IBM, qui commençait déjà à incorporer cette fonctionnalité dans ses ThinkPad et ses lecteurs 2,5 pouces. Une fois intégrée à la spécification officielle ATA-3 (publiée en 1997), cette fonctionnalité a été adoptée par la plupart des autres constructeurs de lecteurs et de systèmes, principalement pour les portables et les lecteurs au format 2,5 pouces. Notez que ces mots de passe sont *très* sûrs : si vous oubliez le code, il ne peut en principe pas être récupéré et vous ne serez plus en mesure d'accéder au lecteur. Nous y reviendrons plus tard…

Les mots de passe des disques durs sont définis *via* le Setup du BIOS. Mais les systèmes ne prennent pas tous cette fonction en charge. La plupart des portables utilisent cette sécurité, mais ce n'est pas le cas de bon nombre d'ordinateurs de bureau. Si la fonction est supportée, elle permet de définir deux types de mots de passe : utilisateur et maître. Le mot de passe utilisateur verrouille et déverrouille le disque dur, alors que le mot de passe maître ne sert qu'au déverrouillage. Vous avez la possibilité de fixer un mot de passe utilisateur, un ensemble de mots de passe utilisateur + maître, mais pas un mot de passe maître seul. Lorsqu'un mot de passe utilisateur est défini (sans maître) ou qu'un ensemble utilisateur + maître est fixé, l'accès au lecteur est refusé (même si le lecteur est transféré dans un autre système) excepté si le mot de passe utilisateur (ou maître) est saisi au démarrage du système.

Le mot de passe maître est un mot de passe alternatif pour les administrateurs du système, leur permettant de déverrouiller le disque. Si les deux mots de passe sont fixés, l'utilisateur doit connaître le mot de passe utilisateur, mais pas le maître. Par voie de conséquence, l'utilisateur peut modifier son propre code d'accès à sa guise, l'administrateur conservant en toutes circonstances l'accès au lecteur.

En cas de protection du disque, ce dernier devra être déverrouillé lors du démarrage, au travers d'une invite de saisie générée par le BIOS. L'apparence de cette invite varie d'un système à l'autre, mais sur les systèmes IBM il s'agit d'une invite graphique. À l'écran apparaît une icône représentant un cylindre, surmonté d'un numéro (celui du lecteur) à côté d'un cadenas. Si l'invite de saisie du mot de passe est affichée, vous devez impérativement indiquer ce mot de passe faute de quoi vous ne pourrez pas accéder au disque.

Comme évoqué précédemment, si vous oubliez le code d'accès (et qu'aucun mot de passe maître ne soit défini) ou les deux mots de passe (utilisateur + maître), vous ne pourrez plus accéder au disque, même si vous transférez le lecteur sur un autre système ne prenant pas en charge le mode sécurité ATA. Il vous restera à utiliser le lecteur en guise de presse-papiers…

Comme d'ordinaire avec de nombreuses fonctions de sécurité, il existe une parade à l'oubli du mot de passe. Une société au moins est en mesure de faire à nouveau fonctionner le lecteur : Nortek (**www.nortek.on.ca**). La procédure de retrait du mot de passe coûte entre 85 et 295 dollars et vous devrez fournir la preuve que vous êtes bien le propriétaire légitime du lecteur lors de l'envoi du disque. Vous le constatez, ce coût est supérieur au prix d'un nouveau disque et l'opération n'est judicieuse que si vous avez un besoin impératif de récupérer vos données.

Les mots de passe de disque dur ne sont pas actifs d'office sur un disque que vous venez d'acheter, mais ils risquent de l'être si vous optez pour un disque d'occasion ou bien si les informaticiens de

votre entreprise s'en chargent. C'est un stratagème courant sur e-Bay : le vendeur définit un mot de passe pour le disque et ne le dévoile qu'au moment de l'encaissement du prix de vente. D'autres personnes, moins honnêtes, vendent même des disques "en l'état", sachant qu'ils sont verrouillés et donc inutilisables. N'achetez jamais un portable ou un disque dur d'occasion si vous n'avez pas l'assurance qu'il n'est pas protégé par un code d'accès.

La plupart des systèmes prennent en charge d'autres mots de passe au démarrage ou des mots de passe superviseur dans le Setup du BIOS. En général, si vous définissez un mot de passe superviseur, il devient aussi automatiquement le mot de passe du disque dur. Dans ce cas, la saisie du mot de passe superviseur déverrouille automatiquement le disque dur grâce à l'intervention du BIOS. Cela signifie que même si votre disque dur est protégé, vous ne vous en rendrez pas toujours compte, le BIOS se chargeant de livrer ce code d'accès lors de la saisie du mot de passe utilisateur. Vous ne verrez donc pas apparaître d'invite spécifique au code d'accès du disque dur. Par contre, si vous décidez par la suite de transférer le lecteur dans un autre système, il ne fonctionnera que si vous êtes en mesure d'indiquer ce code au démarrage. Sans les services d'une entreprise telle que Nortek, vous serez dans l'impasse.

HPA (*Host Protected Area*)

La plupart des PC vendus aujourd'hui incluent une forme de fonction de récupération ou de restauration automatique qui permet à l'utilisateur de restaurer facilement le système d'exploitation et d'autres logiciels et de retrouver ainsi l'état original du système. Au départ, cette fonction était accomplie par l'intermédiaire d'un ou plusieurs CD de récupération qui contenaient des scripts automatisés prenant en charge l'installation complète de tous les logiciels préinstallés accompagnant le PC.

Malheureusement, il arrivait qu'au fil du temps ces CD soient perdus ou endommagés, que leur utilisation devienne problématique. Par ailleurs, ils représentaient pour les constructeurs un coût non négligeable. Ces inconvénients ont incité les fabricants à placer le logiciel de restauration sur une partition cachée du disque dur de démarrage. Bien sûr, cette solution occupe de l'espace sur le disque, le logiciel de restauration occupant en général un à quatre CD, soit de 1 à 3 Go. Mais avec des disques de 60 Go ou plus, cette perte ne représente que 5 %, voire moins, de la capacité totale du lecteur. Mais la partition cachée n'était pas non plus une solution satisfaisante, car elle pouvait facilement être endommagée ou écrasée par un logiciel de partitionnement ou un utilitaire, éliminant ainsi toute possibilité de restauration ultérieure.

En 1996, Gateway a proposé une modification du standard ATA-4 en cours de développement, permettant de réserver une zone spéciale sur les disques durs, appelée HPA (*Host Protected Area* ou zone strictement protégée). Cette modification a été adoptée et la fonction HPA a été incorporée à la spécification ATA-4 publiée en 1998. Une spécification séparée de l'interface du firmware BIOS, intitulée *Protected Area Run Time Interface Extension Services* (PARTIES), a été lancée en 1999 ; elle définissait les services qu'un système d'exploitation est susceptible d'employer pour accéder à la HPA. Le standard PARTIES a été complété et publié en 2001 sous la référence NCITS 346-2001, *Protected Area Run Time Interface Extension Services*.

La HPA fonctionne *via* la commande optionnelle `ATA SET MAX ADDRESS` pour faire croire au système que le lecteur est plus petit qu'il n'est en réalité. Tout ce qui est situé entre la nouvelle adresse maximale (ce qui est spécifié comme la fin du lecteur pour le système) jusqu'à la fin réelle du lecteur est considéré comme HPA et n'est accessible que *via* des commandes `PARTIES`. Cette solution est plus sûre qu'une partition cachée, car toutes les données qui y sont placées sont invisibles pour les autres applications, et même pour les utilitaires de partitionnement tels que Partition Magic ou Partition Commander. Ainsi, si vous souhaitez supprimer la HPA, vous devrez utiliser certaines options du Setup du BIOS ou des commandes séparées pour restaurer la véritable adresse finale du lecteur et ainsi exposer la HPA. À ce stade, vous pourrez ensuite recourir à PartitionMagic ou Partition Commander pour redimensionner la partition adjacente et y inclure l'espace qui était auparavant caché et inaccessible.

De nombreux systèmes récents utilisant BIOS de Phoenix sont accompagnés de leur logiciel de restauration et de diagnostic stockés en HPA. En effet, la HPA fait partie du nouveau Phoenix BIOS Core mis en œuvre par une bonne partie des constructeurs OEM (y compris IBM/Lenovo) sur leurs ordinateurs de bureau et portables depuis 2003.

ATAPI

Le standard ATAPI (*ATA Packet Interface*, interface de paquets ATA) est conçu pour des périphériques tels que des disques optiques et des lecteurs de bandes qui se branchent sur un connecteur ATA (IDE) ordinaire. Le principal avantage des périphériques ATAPI est qu'ils sont bon marché et qu'ils fonctionnent sur les cartes d'extension actuelles. Dans le cas des disques optiques, ce standard utilise légèrement moins le processeur principal que les modèles de cartes d'extension propriétaires, mais il n'offre pas un certain nombre d'autres avantages. Dans le cas des lecteurs de bandes, il offre des perspectives d'accroissement de performances et de fiabilité par rapport aux lecteurs de bandes qui se branchent sur le port du lecteur de disquettes. L'interface ATAPI est également utilisée pour faire fonctionner des périphériques de stockage à supports amovibles tels que des lecteurs LS-120, ou encore des lecteurs Iomega Zip ou Jaz internes.

Les disques optiques ATAPI utilisent l'interface de disque dur, mais ils ne ressemblent pas pour autant à un disque dur ordinaire d'un point de vue logiciel. Ils ressemblent au contraire davantage à un périphérique SCSI. Tous les lecteurs de CD-ROM IDE récents supportent les protocoles ATAPI et les termes sont généralement synonymes. Autrement dit, un disque optique ATAPI est un disque optique IDE et *vice versa*.

Attention

Tous les BIOS ne sont pas directement compatibles avec l'interface ATAPI. Quand le BIOS d'un ordinateur n'intègre pas de fonctions ATAPI, il n'est pas possible de faire démarrer l'ordinateur à partir d'un lecteur de CD-ROM ATAPI, et il faut donc impérativement charger un pilote sous MS-DOS ou Windows pour y accéder. Windows 95 et Windows NT (y compris Windows 2000, XP et Vista) supportent par défaut le mode ATAPI, et les nouveaux ordinateurs dotés d'un BIOS compatible ATAPI peuvent même démarrer à partir d'un lecteur de CD-ROM ATAPI. Toutefois, les pilotes ATAPI

doivent être chargés par le système d'exploitation pour les accès après le démarrage. Sur ces ordinateurs, il est possible de démarrer depuis le CD-ROM de Windows 98, Windows 2000 et Windows Vista, ce qui facilite grandement l'installation de ces systèmes d'exploitation.

Par ailleurs, quand un même ordinateur comprend plusieurs périphériques ATA de différents types, il est préférable de rassembler les périphériques d'un même type sur un même canal. ATA n'autorise pas les accès chevauchants, quand un lecteur fonctionne, il n'est pas possible d'accéder à l'autre. Connectez par conséquent systématiquement le lecteur de CD-ROM et le disque dur à des canaux différents pour pouvoir effectuer des accès chevauchants dans de bonnes conditions.

Limitations de capacité des lecteurs ATA

Les versions de l'interface ATA jusqu'à ATA-5 souffraient d'une limitation de la capacité des disques à 137 Go. En fonction du BIOS utilisé, cette limitation pouvait même être de 8,4 Go, voire, dans le pire des cas, de 528 Mo. Cela était dû aussi bien aux limitations du BIOS qu'à celles de l'interface ATA, mais également à la combinaison des deux. Pour bien comprendre ces limites, jetons un coup d'œil au BIOS (logiciel) et aux interfaces ATA (matériel).

Astuces

En plus des limitations BIOS/ATA évoquées dans cette section, il existe également diverses limitations liées aux systèmes d'exploitation. Nous y reviendrons plus loin dans ce chapitre.

Lorsqu'il est question de lecteurs ATA, les limitations sont celles de l'interface ATA elle-même, ainsi que celles de l'interface BIOS utilisée pour communiquer avec le lecteur. Le Tableau 6.12 présente un résumé de ces limitations.

Cette section détaille les différences entre les diverses méthodes d'adressage des secteurs et les limitations qui y sont liées.

Préfixes pour les multiples décimaux et binaires

Rares sont les personnes familiarisées avec les notions de mebioctets, gibioctets, etc. utilisées dans cette section. Elles sont destinées à éviter toute confusion entre les multiples décimaux et binaires. Les unités standard du système métrique sont fondées sur des multiples de 10. C'est un système parfait pour beaucoup de choses, mais peu pratique pour l'informatique qui opère dans un monde binaire où la plupart des valeurs sont fondées sur des puissances de 2. Cette situation a eu pour conséquence que des significations différentes ont été affectées à des préfixes identiques : 1 Ko (kilooctet) peut par exemple représenter 1000 octets (10^3) ou 1024 octets (2^{10}). Pour éviter ces confusions, en décembre 1998, l'IEC (*International Electrotechnical Commission*) a approuvé en tant que standards les préfixes et les symboles des multiples binaires utilisés dans le traitement et la transmission des données. Le Tableau 6.13 en présente quelques exemples.

Astuces

Pour plus de détails sur les préfixes décimaux et binaires standard, rendez-vous sur le site du National Institute for Standards and Technology (NIST), à l'adresse **physics.nist.gov/cuu/Units/prefixes.html**.

Tableau 6.12 : Les limitations de capacité ATA/IDE pour les diverses méthodes d'adressage

Méthode d'adressage de secteur	Calcul du total des secteurs	Total maximal des secteurs	Capacité maximale (octets)	Capacité (décimal)	Capacité (binaire)
CHS : BIOS w/o TL	1024 × 16 × 63	1032192	528482304	528,48 Mo	504,00 Mio
CHS : BIOS w/bit-shift TL	1024 × 240 × 63	15482880	7927234560	7,93 Go	7,38 Gio
CHS : BIOS w/LBA-assist TL	1024 × 255 × 63	16450560	8422686720	8,42 Go	7,84 Gio
CHS : BIOS INT13h	1024 × 256 × 63	16515072	8455716864	8,46 Go	7,88 Gio
CHS : ATA-1/ATA-5	65536 × 16 × 255	267386880	136902082560	136,90 Go	127,50 Gio
LBA : ATA-1/ATA-5	2^{28}	268435456	137438953472	137,44 Go	128,00 Gio
LBA : ATA-6+	2^{48}	281474976710 655	144115188075 855360	144,12 Po	128,00 Pio
LBA : EDD BIOS	2^{64}	18446744073 709551616	9444732965 739290427392	9,44 Zo	8,00 Zio

BIOS = *Basic Input Output System*, système d'entrées/sorties de base
ATA = *AT Attachment (IDE)*, connexion AT
CHS = *Cylinder Head Sector*, cylindre tête secteur
LBA = *Logical Block (sector) Address*, adressage logique par bloc (secteur)
w/ = *with*, avec
w/o = *without*, sans
TL = *Translation*, conversion
INT13h = *Interrupt 13 hex*, requête d'interruption 13 hex
EDD = *Enhanced Disk Drive specification (Phoenix/ATA)*, spécification de lecteur de disque étendu
Mo = mégaoctet (en anglais : MB = *Megabyte, million bytes*)
Mio = mebioctet (en anglais : MiB = *Mebibyte*)
Go = gigaoctet (en anglais : GB = *Gigabyte, billion bytes*)
Gio = gibioctet (en anglais : GiB = *Gibibyte*)
Po = péta-octet (en anglais : PB = *Petabyte, quadrillion bytes*)
Pio = pebioctet (en anglais : PiB = *Pebibyte*)
Zo = zettaoctet (en anglais : ZB = *Zettabyte, sextillion bytes*)
Zio = zebioctets (en anglais : ZiB = *Zebibyte*)

Tableau 6.13 : Préfixes et symboles standard pour les multiples binaires et décimaux

Préfixes décimaux			
Facteur	**Symbole**	**Nom**	**Valeur**
10^3	K	Kilo	1000
10^6	M	Méga	1000000
10^9	G	Giga	1000000000
10^{12}	T	Téra	1000000000 000
10^{15}	P	Péta	1000000000 000000
10^{18}	E	Exa	1000000000 000000000
10^{21}	Z	Zetta	1000000000 000000000000

Tableau 6.13 : Préfixes et symboles standard pour les multiples binaires et décimaux (*suite*)

Préfixes binaires				
Facteur	**Symbole**	**Nom**	**Dérivé**	**Valeur**
2^{10}	Ki	Kibi	Kilobinaire	1024
2^{20}	Mi	Mébi	Mégabinaire	1048576
2^{30}	Gi	Gibi	Gigabinaire	1073741824
2^{40}	Ti	Tébi	Térabinaire	1099511627 776
2^{50}	Pi	Pébi	Pétabinaire	1125899906 842624
2^{60}	Ei	Exbi	Exabinaire	1152921504 606846976
2^{70}	Zi	Zebi	Zettabinaire	1180591620 717411303424

Limitations liées au BIOS

Les BIOS des cartes mères ont été mis à jour au fil des ans pour prendre en charge des lecteurs d'une capacité de plus en plus importante.

Le Tableau 6.14 détaille les principales étapes de cette évolution.

Tableau 6.14 : Dates de changement des limitations de capacité des lecteurs dans le BIOS

Date BIOS	Limite de capacité
Août 1994	528 Mo
Janvier 1998	8,4 Go
Septembre 2002	137 Go

Ces dates correspondent au dépassement des limites, ce qui signifie qu'un BIOS d'avant août 1994 est généralement limité à des lecteurs de 528 Mo, alors qu'un BIOS d'avant janvier 1998 sait gérer des lecteurs jusqu'à 8,4 Go. La plupart des BIOS de 1998 ou plus récents prennent en charge des lecteurs jusqu'à 137 Go et ceux d'après septembre 2002 des lecteurs de plus de 137 Go. Il ne s'agit cependant là que de lignes directrices : pour déterminer avec précision la capacité de disque acceptée par votre système, le plus simple est de vérifier auprès du fabricant de votre carte mère. Vous pouvez aussi faire appel à l'utilitaire BNIOS Wizard (**http://www.unicore.com/bioswiz/index2.html**) qui vous indiquera la date de votre BIOS et également si le système prend en charge la spécification des lecteurs de disque étendu (ce qui veut dire qu'il accepte des lecteurs de plus de 8,4 Go).

CHS contre LBA

Il existe deux méthodes principales pour adresser (ou numéroter) les secteurs d'un lecteur ATA. La première méthode est appelée CHS (*Cylinder Head Sector*, cylindre tête secteur) d'après les trois nombres coordonnés utilisés pour adresser chaque secteur du lecteur. La seconde méthode est appelée LBA (*Logical Block Addressing*, adressage logique par bloc). Elle utilise un nombre unique pour

adresser chaque secteur d'un lecteur. La méthode CHS est dérivée de la fabrication physique des lecteurs (et correspond à leur fonctionnement interne), alors que la méthode LBA est une façon plus simple et plus logique de numéroter les secteurs, quelle que soit leur construction physique.

✔ Pour de plus amples informations sur la façon dont les cylindres, les têtes et les secteurs sont utilisés en interne, reportez-vous à la suite de ce chapitre.

Lors de la lecture séquentielle d'un disque en mode CHS, la procédure démarre au cylindre 0, tête 0 et secteur 1 (il s'agit du premier secteur du disque). Puis tous les secteurs de la première piste sont lus. Le système passe ensuite à la tête suivante et lit tous les secteurs de cette piste. L'opération se poursuit jusqu'à ce que toutes les têtes du premier cylindre soient lues. Puis le deuxième cylindre est sélectionné et la séquence recommence au début. Imaginez cette méthode comme un compteur kilométrique : les dizaines ne peuvent changer que si la molette des unités a fait un tour complet, les centaines ne peuvent changer que si la molette des dizaines a fait un tour complet, et ainsi de suite. La tête ne change que lorsque tous les secteurs ont été lus, le cylindre ne change que lorsque toutes les têtes ont été lues.

Pour la même lecture séquentielle en mode LBA, la procédure commence au secteur 0, puis passe au secteur 1, puis 2, et ainsi de suite. Le premier secteur du disque en mode CHS serait 0,0,1 et le même en mode LBA serait 0.

Prenons comme exemple un lecteur formé d'un disque, de deux têtes (les deux faces du disque sont utilisées), de deux pistes sur chaque disque (cylindres) et de deux secteurs sur chaque piste. Nous pouvons affirmer que ce lecteur a deux cylindres (pistes par face), deux têtes (faces) et deux secteurs par piste. Il en résulte une capacité totale de huit (2 × 2 × 2) secteurs. Tout en notant que les cylindres et les têtes sont numérotés à partir de 0 alors que les secteurs physiques sur une piste sont numérotés à partir de 1, en utilisant l'adressage CHS, nous pourrions affirmer que le premier secteur du disque est cylindre 0, tête 0, secteur 1 (0,0,1). Le deuxième secteur est 0,0,2, le troisième 0,1,1, le quatrième 0,1,2, et ainsi de suite jusqu'au dernier secteur (1,1,2).

Imaginons maintenant qu'au lieu de faire référence à ces huit secteurs par les numéros de cylindre, de tête et de secteur, nous les numérotions de 0 à 7. Pour adresser le quatrième secteur du lecteur, nous l'appellerions secteur 1,1,2 en mode CHS, et secteur 3 en mode LBA. Le Tableau 6.15 montre la correspondance entre les numéros de secteurs CHS et LBA pour les huit secteurs de ce lecteur imaginaire.

Tableau 6.15 : Numéros de secteurs CHS et LBA pour un lecteur imaginaire à deux cylindres, deux têtes et deux secteurs par piste (huit secteurs au total)

Mode	Numéros de secteurs							
CHS:	0,0,1	0,0,2	0,1,1	0,1,2	1,0,1	1,0,2	1,1,1	1,1,2
LBA:	0	1	2	3	4	5	6	7

Comme le montre cet exemple, la méthode LBA est plus simple et généralement plus pratique d'emploi. Toutefois, à l'origine des PC, tous les adressages au niveau du BIOS et des lecteurs ATA étaient réalisés à l'aide de la méthode CHS.

Conversions CHS/LBA et LBA/CHS

Les mêmes secteurs sont adressables aussi bien en modes LBA que CHS. La conversion de CHS en LBA est toujours valable, car pour un disque donné, une adresse CHS particulière est toujours convertible en une adresse LBA, et *vice versa*. Le document ATA-1 spécifie une formule toute simple pour convertir les paramètres :

LBA = ([(CxHPC) + H]xSPT) + S – 1

En inversant la formule, il est possible de procéder à la conversion inverse, de LBA en CHS :

C = int (LBA / SPT / HPC)

H = int ([LBA / SPT] mod HPC)

S = (LBA mod SPT) + 1

Pour ces formules, nous avons utilisé les abréviations suivantes :

LBA = *Logical Block Address*, adresse logique de bloc

C = Cylindre

H = *Head*, tête

S = Secteur

HPC = *Heads Per Cylinder*, têtes par cylindre (nombre total de têtes)

SPT = *Sectors Per Track*, secteurs par piste

int X = partie entière de X

X mod Y = modulo (reste de la division) de X/Y

Grâce à ces formules, il est possible de calculer la correspondance entre LBA et CHS pour n'importe quel secteur. Pour un lecteur de 16383 cylindres, 16 têtes et 63 secteurs par piste (soit un total de 16514064 secteurs), le Tableau 6.16 montre les adresses LBA et CHS équivalentes.

Commandes BIOS contre commandes ATA

En plus de ces deux méthodes d'adressage des secteurs (CHS et LBA), il existe deux niveaux d'interface où intervient cet adressage de secteur. L'une des interfaces est l'endroit où le système d'exploitation communique avec le BIOS (en utilisant les commandes de pilote), l'autre celui où le BIOS communique avec le lecteur (à l'aide des commandes ATA). Les commandes spécifiques à ces niveaux sont différentes, mais les deux prennent en charge les modes CHS et LBA. La Figure 6.11 illustre ces deux niveaux d'interface.

Tableau 6.16 : Équivalences d'adresses LBA et CHS

Cylindre	Tête	Secteur	LBA
0	0	1	0
0	0	63	62
0	1	0	63
999	15	63	1007999
1000	0	1	1008000
9999	15	63	10079999
10000	0	1	10080000
16382	15	63	16514063

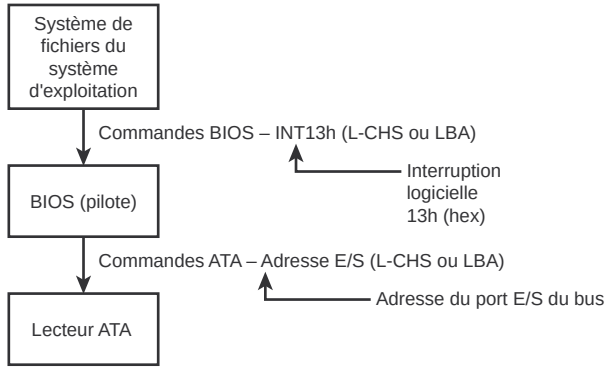


Figure 6.11
Relation entre le BIOS et l'adressage physique (L-CHS signifie CHS logique et P-CHS signifie CHS physique).

Lorsque le système d'exploitation communique avec le BIOS pour lire ou écrire des secteurs, il envoie des commandes *via* l'interruption logicielle INT13h qui régit les accès disque. Diverses sous-fonctions INT13h permettent la lecture et l'écriture des secteurs en utilisant les adressages CHS ou LBA. Les routines BIOS convertissent ensuite les commandes BIOS en commandes ATA au niveau matériel, qui sont envoyées *via* les ports du bus d'entrées/sorties vers le contrôleur du lecteur. Les commandes au niveau matériel ATA peuvent utiliser soit l'adressage CHS, soit l'adressage LBA, sachant que les limitations varient d'une méthode à l'autre. Le BIOS et le lecteur emploient l'une ou l'autre méthode selon leur capacité ainsi que leur âge respectif, les paramètres de Setup BIOS et le système d'exploitation.

Limitations CHS (barrière des 528 Mo)

Les pilotes de disque dur fondés sur le BIOS sont accessibles *via* l'interruption 13h (13 hex) qui offre des fonctions de lecture et d'écriture au niveau du secteur. INT13h nécessite que le secteur concerné soit adressé par son cylindre, sa tête et sa localisation : c'est ce que l'on appelle *l'adres-*

sage CHS (*Cylinder, Head, Sector*). Cette interface est employée par le système d'exploitation et les utilitaires disque de bas niveau pour accéder au lecteur. L'interface INT13h a été conçue initialement par IBM pour le BIOS de contrôleur de disque dur de son PC XT, en 1983. Elle a ensuite été intégrée dans le BIOS de la carte mère AT en 1984. Cette interface utilise des nombres pour définir le cylindre, la tête et le secteur à adresser. Le Tableau 6.17 présente les limites de paramètres standard INT1E3h CHS et les valeurs maximales de ces nombres.

Tableau 6.17 : Les limites de paramètres INT13h CHS BIOS

Champ	Taille champ	Valeur max	Plage	Total utilisable
Cylindre	10 bits	1024	0-1023	1024
Tête	8 bits	256	0-255	256
Secteur	6 bits	64	1-63	63

Le concept est simple : si, dans un hôtel, les chambres sont numérotées sur deux chiffres, vous pouvez avoir un maximum de 100 chambres (10^2), numérotées de 0 à 99. Les nombres CHS utilisés par l'interface BIOS INT13h sont des nombres binaires : avec des nombres à 10 chiffres pour les cylindres, vous pouvez disposer d'un maximum de 1024 cylindres (2^{10}), numérotés de 0 à 1023. Étant donné que la tête à laquelle vous souhaitez accéder est identifiée par un nombre à 8 chiffres, le nombre maximal de têtes est de 256 (2^8), numérotées de 0 à 255. Et étant donné que les secteurs sont identifiés par un nombre à 6 chiffres, vous pouvez en avoir en principe un maximum de 64 (2^6). Mais puisque les secteurs sont numérotés en partant de 1 (et non de 0), la plage des possibilités est limitée de 1 à 63, soit 63 secteurs. Ces 63 secteurs par piste correspondent au maximum que le BIOS est capable de gérer.

Ces limitations du BIOS sont réelles pour toutes les versions de BIOS et tous les programmes fondés sur l'adressage CHS utilisant l'interface BIOS INT13h. En prenant les valeurs maximales de CHS, il est possible d'avoir un disque avec 1024 cylindres, 256 têtes et 63 secteurs par piste. Étant donné que chaque secteur a une taille de 512 octets, le calcul donne les résultats suivants :

```
Max. Values
---------------------------
    Cylinders          1,024
        Heads            256
Sectors/Track             63
===========================
Total Sectors    16,515,072
---------------------------
Total Bytes   8,455,716,864
Megabytes (MB)        8,456
Mebibytes (MiB)       8,064
Gigabytes (GB)          8.4
Gibibytes (GiB)         7.8
```

Ces calculs montrent que la taille maximale de disque dur adressable *via* l'interface BIOS INT13h est de 8,4 Go (avec des gigaoctets correspondant à un billion d'octets) ou 7,8 Gio (ici les gigaoctets sont binaires).

Malheureusement, les limitations du BIOS INT13h ne sont pas les seules ; il en existe également qui sont liées à l'interface ATA elle-même (voir Tableau 6.18).

Tableau 6.18 : Limitations des paramètres ATA CHS standard

Champ	Taille	Valeur max.	Plage	Total utilisable
Cylindre	16 bits	65536	0-65535	65536
Tête	4 bits	16	0-15	16
Secteur	8 bits	256	1-255	255

Vous le voyez, l'interface ATA utilise des champs de tailles différentes pour stocker les valeurs CHS. Il est à noter que les limitations sont plus hautes que celles du BIOS pour les cylindres et les secteurs, mais plus basses pour les têtes. Les limites totales de capacité CHS selon les spécifications ATA-1 à ATA-5 sont les suivantes :

```
Max. Values
----------------------------
    Cylinders          65,536
        Heads              16
Sectors/Track             255
============================
Total Sectors     267,386,880
----------------------------
Total Bytes   136,902,082,560
Megabytes (MB)        136,902
Mebibytes (MiB)       130,560
Gigabytes (GB)          136.9
Gibibytes (GiB)         127.5
```

En combinant les limitations des paramètres CHS BIOS et ATA, la situation ressemble à celle présentée au Tableau 6.19.

Comme vous pouvez le constater, le plus petit dénominateur commun des limites CHS combinées permet d'utiliser 1024 cylindres, 16 têtes et 63 secteurs, pour une capacité totale maximale de 528 Mo. C'est pourquoi il est question de la barrière des 528 Mo qui affecte théoriquement tous les PC construits jusqu'en 1993.

Tableau 6.19 : Limites CHS combinées BIOS et ATA

Champ	Limites CHS BIOS	Limites ATA	Limites combinées
Cylindre	1024	65536	1024
Tête	256	16	16
Secteur	63	255	63
Total secteurs	16515072	267386880	1032192
Capacité maximale	8,4 Go	136,9 Go	528 Mo

Conversion CHS (briser la barrière des 528 Mo)

Tant que les disques durs ne dépassaient pas la limite des 528 Mo, le problème n'était pas bien grave. Mais, en 1994, la technologie des lecteurs a subi une forte évolution qui a permis la mise au point d'appareils de plus grande capacité. Il fallait impérativement solutionner ce problème.

À partir de 1993, le développeur de BIOS, Phoenix Technologies, a commencé à travailler sur des extensions du BIOS destinées à contourner les limitations CHS. En janvier 1994, il a mis sur le marché la spécification BIOS EDD (*Enhanced Disk Drive*) qui a ensuite fait l'objet d'une nouvelle publication par le T13 (en charge également d'ATA) en tant que "*BIOS Enhanced Disk Drive Services (EDD)*", services BIOS améliorés pour les lecteurs de disques. Les documents EDD détaillent plusieurs méthodes pour contourner les limitations des anciens BIOS sans créer de problèmes de compatibilité avec les logiciels existants. Il s'agit entre autres :

- des extensions BIOS INT13h prenant en charge LBA 64 bits;
- d'une conversion CHS géométrique avec décalage de bit;
- d'une conversion CHS géométrique, appelée LBA assistée.

La technique permettant de dépasser les limitations de CHS a été appelée "conversion", car elle permet à des sous-routines complémentaires dans le BIOS de convertir des paramètres CHS des maximaux ATA en maximaux BIOS, et inversement. Pour normaliser ces méthodes dans l'ensemble de l'industrie informatique, Phoenix a publié officiellement les documents EDD et a permis l'utilisation libre de cette technologie, y compris par ses principaux concurrents, comme AMI ou Award. Le Comité T13 en charge d'ATA a de ce fait adopté le standard EDD et l'a intégré aux documents ATA officiels.

En 1994, beaucoup de BIOS ont commencé à mettre en œuvre les méthodes de conversion CHS conçues par Phoenix pour résoudre ce problème. Cette conversion permettait d'utiliser des disques jusqu'à la limite du BIOS, soit 8,4 Go. Elle était fondée sur ce que l'on appelle la conversion des paramètres au niveau du BIOS : les nombres de cylindres, de têtes et de secteurs étaient convertis pour s'adapter aux paramètres BIOS autorisés. Il existe en fait deux types de conversions : l'une travaille sur une base mathématique sur les paramètres CHS rapportés (elle est appelée *Large* ou *Extended CHS* dans le Setup du BIOS), l'autre est dérivée du nombre total de secteurs (elle est appe-

lée LBA, *Logical Block Addressing*, dans le Setup du BIOS). Les deux conversions aboutissent au même résultat, même si elles utilisent des algorithmes différents.

La conversion CHS avec décalage de bit manipule le nombre de cylindres et de têtes mais ne touche pas au nombre de secteurs. Elle divise le nombre de cylindres et multiplie le nombre de têtes par deux pour obtenir les valeurs converties à partir de celles entrées dans le Setup de la mémoire CMOS. Le nombre de secteurs par piste n'est pas converti ; il est transmis sans modification. On parle de "décalage de bits" car la division et la multiplication sont réalisées dans le logiciel BIOS en décalant les bits de l'adresse CHS.

Dans cette méthode, les paramètres physiques du lecteur sont appelés P-CHS et les paramètres logiques modifiés du BIOS sont appelés L-CHS. Après mise en place de ces paramètres dans le Setup du BIOS, les adresses L-CHS sont automatiquement converties en P-CHS au niveau du BIOS. Cela permet au système d'exploitation d'envoyer des commandes au BIOS en utilisant les paramètres L-CHS, à charge pour le BIOS de les convertir en P-CHS lorsqu'il s'adresse au lecteur au moyen de commandes ATA. Le Tableau 6.20 montre les règles de calcul de la conversion CHS par décalage de bits.

Tableau 6.20 : Les règles de calcul de la conversion CHS par décalage de bits

Cylindres physiques	Têtes physiques	Cylindres logiques	Têtes logiques	Capacité maximale
1 < C <= 1024	1 < H <= 16	C = C	H = H	528 Mo
1024 < C <= 2048	1 < H <= 16	C = C/2	H = H × 2	1 Go
2048 < C <= 4096	1 < H <= 16	C = C/4	H = H × 4	2,1 Go
4096 < C <= 8192	1 < H <= 16	C = C/8	H = H × 8	4,2 Go
8192 < C <= 16384	1 < H <= 16	C = C/16	H = H × 16	8,4 Go

Le nombre de secteurs physiques n'est pas converti.
Le nombre logique de têtes ne peut dépasser 255 avec certains systèmes d'exploitation tels que DOS, Windows 9x et Me.

La conversion CHS par décalage de bits consiste à diviser le nombre de cylindres physiques par la puissance 2 pour l'amener sous la limite de 1024 cylindres de l'INT13h BIOS, puis à multiplier les têtes également par la puissance 2, sans toucher au nombre de secteurs. La puissance 2 utilisée dépend du nombre de cylindres, comme le montre le Tableau 6.20.

Voici un exemple de conversion CHS par décalage de bits :

```
                                    Bit-Shift
                         P-CHS          L-CHS
                    Parameters     Parameters
-------------------------------------------
           Cylinders     8,000          1,000
               Heads        16            128
      Sectors/Track         63             63
```

```
=============================================
   Total Sectors      8,064,000      8,064,000
---------------------------------------------
     Total Bytes  4,128,768,000  4,128,768,000
  Megabytes (MB)          4,129          4,129
 Mebibytes (MiB)          3,938          3,938
  Gigabytes (GB)           4.13           4.13
 Gibibytes (GiB)           3.85           3.85
```

Cet exemple montre un disque de 8000 cylindres et 16 têtes. Le nombre de cylindres physiques est bien supérieur à la limite du BIOS (1024) : la conversion du Setup du BIOS divise ce nombre de cylindres par 2, 4, 8 ou 16 pour arriver à un chiffre inférieur à 1024. Dans ce cas de figure, une division par 8 a été nécessaire, aboutissant à un nouveau nombre de cylindres de 1000, donc inférieur à la limite. Étant donné que le nombre de cylindres a été divisé par 8, le nombre de têtes est multiplié par ce même chiffre, livrant un total de 128 têtes, donc sous la limite du BIOS.

Ainsi, alors que notre disque emploie 8000 cylindres et 16 têtes, le BIOS et les logiciels (y compris le système d'exploitation) ne voient qu'un disque de 1000 cylindres et 128 têtes. Le nombre de secteurs pour sa part n'est pas modifié, il reste à 63. Résultat : en utilisant les nouveaux paramètres, le BIOS peut voir l'ensemble du disque de 4,13 Go et passe allègrement sa limitation des 528 Mo.

Lorsque vous installez un disque, inutile de vous préoccuper des calculs, le BIOS s'en charge pour vous, en coulisses. Tout ce que vous avez à faire est d'autoriser le BIOS à détecter les paramètres physiques du disque et d'activer ECHS ou Large dans le Setup du BIOS.

La conversion CHS par décalage de bits est une technique simple et rapide susceptible de fonctionner avec tous les lecteurs, mais malheureusement elle ne sait pas opérer proprement avec toutes les géométries théoriquement possibles des lecteurs de moins de 8,4 Go. Pour résoudre ce problème, un *addenda* a été apporté à la spécification ATA-2 pour demander que les lecteurs fassent expressément état de certaines géométries, et autoriser ainsi la conversion par décalage de bits. Ainsi, tous les lecteurs conformes à ATA-2 (ou plus) peuvent être convertis par le biais de cette méthode.

La barrière des 2,1 Go et 4,2 Go

Certains BIOS n'allouaient que 12 bits au champ de cylindre P-CHS, ne permettant ainsi que l'allocation d'un maximum de 4096 cylindres. Cette restriction, combinée aux limites standard de 16 têtes et 63 secteurs, rend impossible la prise en charge des lecteurs de plus de 2,1 Go de capacité. Par chance, ce défaut du BIOS n'a affecté qu'un nombre limité de systèmes avec des dates de BIOS antérieures à la mi-96.

Certains problèmes sont également liés à la conversion CHS par décalage de bits. DOS et Windows 9x, de par leur conception, ne savent pas gérer correctement un lecteur avec 256 têtes. Cela posait problème avec des lecteurs de plus de 4,2 Go car les règles de la conversion CHS par décalage de bits livraient 256 têtes comme valeur logique, comme le montre l'exemple suivant :

	P-CHS Parameters	Bit-Shift L-CHS Parameters
Cylinders	12,000	750
Heads	16	256
Sectors/Track	63	63
Total Sectors	12,096,000	12,096,000
Total Bytes	6,193,152,000	6,193,152,000
Megabytes (MB)	6,193	6,193
Mebibytes (MiB)	5,906	5,906
Gigabytes (GB)	6.19	6.19
Gibibytes (GiB)	5.77	5.77

Ce schéma a échoué avec la tentative d'installation de Windows 9x/Me ou DOS sur un lecteur de plus de 4,2 Go, car les paramètres L-CHS incluaient 256 têtes. Notez toutefois que ce problème n'est pas rencontré avec Windows NT ou supérieur.

Il est intéressant de noter que ce n'est pas le BIOS qui est ici en cause : le problème est lié au code du système de fichiers DOS/Windows 9x/Me qui stocke le nombre de secteurs par piste sous la forme d'une valeur sur 8 bits. Le nombre 256 pose problème; en effet, 256 = 100000000b, soit un stockage sur 9 bits. La valeur 255 = 11111111b étant la plus grande susceptible de prendre place dans un registre binaire de 8 bits, c'est donc le nombre maximal de têtes que ces systèmes d'exploitation savent gérer.

Pour résoudre le problème, la conversion CHS par décalage de bits a été révisée par adjonction d'une règle selon laquelle si le lecteur mentionne 16 têtes et plus de 8192 cylindres (ce qui aboutit à une conversion en 256 têtes), le nombre de têtes P-CHS est supposé être 15 (et non 16) et le nombre de cylindres P-CHS sera multiplié en compensation par 16/15. Ces valeurs ajustées sont ensuite converties. L'exemple suivant en montre les résultats :

	P-CHS Parameters	Bit-Shift L-CHS Parameters	Revised bit-shift L-CHS Parameters
Cylinders	12,000	750	800
Heads	16	256	240
Sectors/Track	63	63	63
Total Sectors	12,096,000	12,096,000	12,096,000
Total Bytes	6,193,152,000	6,193,152,000	6,193,152,000
Megabytes (MB)	6,193	6,193	6,193
Mebibytes (MiB)	5,906	5,906	5,906
Gigabytes (GB)	6.19	6.19	6.19
Gibibytes (GiB)	5.77	5.77	5.77

Cet exemple montre un disque de 12000 cylindres et 16 têtes. Grâce à la conversion CHS standard par décalage de bits, il présente dorénavant 750 cylindres et 256 têtes. La règle révisée de conversion CHS effectue une double translation, en modifiant d'abord le nombre de têtes de 16 à 15, puis en multipliant les 12000 cylindres par 16/15, livrant ainsi 12800 cylindres. Puis, le nouveau nombre de cylindres est converti par décalage de bits CHS, soit une division par 16, aboutissant à 800 cylindres logiques. De la même façon, les 15 têtes sont multipliées par 16, livrant 240 têtes logiques. Si le nombre de cylindres logiques dépasse 1024, il est ramené à cette limite. Dans ce cas, nos 12000 cylindres physiques et 16 têtes physiques du départ deviennent 800 cylindres logiques et 240 têtes logiques (au lieu de 750 cylindres et 256 têtes), ce qui permet de contourner le bogue des systèmes d'exploitation DOS/Windows 9x/Me.

Pour l'instant, tous les exemples que nous avons étudiés se terminaient bien : les paramètres L-CHS calculés correspondaient à la même capacité que les paramètres P-CHS. Malheureusement, les choses ne sont pas toujours aussi simples. L'exemple suivant est plus proche de la réalité : plusieurs lecteurs de 8,4 Go de Maxtor, Quantum, Seagate et autres font état de 16383 cylindres et 16 têtes P-CHS. Pour ces lecteurs, la conversion donnerait le résultat suivant :

	P-CHS Parameters	Bit-Shift L-CHS Parameters	Revised bit-shift L-CHS Parameters
Cylinders	16,383	1,023	1,024
Heads	16	256	240
Sectors/Track	63	63	63
Total Sectors	16,514,064	16,498,944	15,482,880
Total Bytes	8,455,200,768	8,447,459,328	7,927,234,560
Megabytes (MB)	8,455	8,447	7,927
Mebibytes (MiB)	8,064	8,056	7,560
Gigabytes (GB)	8.46	8.45	7.93
Gibibytes (GiB)	7.87	7.87	7.38

Notez que les règles révisées de conversion CHS par décalage de bits ne prennent en charge que 7,93 Go sur les 8,46 Go totaux du lecteur. En fait, les paramètres présentés (240 têtes) sont les maximaux absolus qu'accepte la conversion CHS révisée. Heureusement, un autre mode de conversion existe, et il est capable de nous tirer d'affaire.

Conversion LBA assistée

La conversion LBA assistée ne place aucune limite artificielle aux géométries annoncées des lecteurs, mais elle n'est applicable qu'aux lecteurs prenant en charge l'adressage LBA au niveau de l'interface ATA. Par chance, c'est théoriquement le cas de tous les lecteurs ATA de plus de 2 Go. La conversion LBA assistée part des paramètres CHS livrés par le lecteur, les multiplie entre eux pour aboutir à une valeur LBA maximale (le nombre total de secteurs) et utilise ce nombre LBA calculé pour en dériver les paramètres CHS convertis. Le Tableau 6.21 présente les règles de la conversion LBA assistée.

Tableau 6.21 : Les règles de la conversion LBA assistée

Total secteurs	Cylindres logiques	Têtes logiques	Secteurs logiques
1 < T <= 1032192	T/1008	16	63
1032192 < T <= 2064384	T/2016	32	63
2064384 < T <= 4128768	T/4032	64	63
4128768 < T <= 8257536	T/8064	128	63
8257536 < T <= 16450560	T/16065	255	63

T = Nombre total de secteurs, calculé en multipliant les paramètres P-CHS rapportés par le lecteur (C × H × S).

La conversion LBA assistée fixe le nombre de secteurs à 63 en toutes circonstances et multiplie les cylindres et les têtes par des valeurs prédéfinies en fonction du nombre total de secteurs. Il en résulte un ensemble de paramètres L-CHS utilisés par le système d'exploitation pour communiquer avec le BIOS. Les valeurs L-CHS sont ensuite converties en nombres LBA au niveau de l'interface ATA. Étant donné que le mode LBA est plus souple lors de la conversion, cette méthode est souvent préférable à la conversion CHS par décalage de bits.

En principe, les deux méthodes de conversion génèrent la même géométrie L6CHS pour un lecteur donné. Ce devrait en toute logique toujours être le cas si le lecteur signale 63 secteurs par piste et 4, 8 ou 16 têtes. Dans l'exemple suivant, les deux méthodes de conversion livrent les mêmes valeurs L-CHS :

```
                                  Revised bit-     LBA-assist
                         P-CHS     shift L-CHS          L-CHS
                    Parameters      Parameters     Parameters
-------------------------------------------------------------
        Cylinders        8,192           1,024          1,024
            Heads           16             128            128
   Sectors/Track            63              63             63
=============================================================
   Total Sectors    8,257,536       8,257,536      8,257,536
-------------------------------------------------------------
      Total Bytes 4,227,858,432  4,227,858,432  4,227,858,432
  Megabytes (MB)        4,228           4,228          4,228
 Mebibytes (MiB)        4,032           4,032          4,032
  Gigabytes (GB)         4.23            4.23           4.23
 Gibibytes (GiB)         3.94            3.94           3.94
```

Toutefois, si le lecteur signale une valeur autre que 63 secteurs par piste ou un nombre de têtes différent de 4, 8 ou 16, la conversion LBA ne donne pas les mêmes résultats que la conversion par décalage de bits. Dans l'exemple suivant, les résultats des conversions diffèrent :

	P-CHS Parameters	Revised bit-shift L-CHS Parameters	LBA-assist L-CHS Parameters
Cylinders	16,383	1,024	1,024
Heads	16	240	255
Sectors/Track	63	63	63
Total Sectors	16,514,064	15,482,880	16,450,560
Total Bytes	8,455,200,768	7,927,234,560	8,422,686,720
Megabytes (MB)	8,455	7,927	8,423
Mebibytes (MiB)	8,064	7,560	8,033
Gigabytes (GB)	8.46	7.93	8.42
Gibibytes (GiB)	7.87	7.38	7.84

La conversion LBA assistée prend en charge 8,42 Go, soit près de 500 Mo de plus que la conversion CHS par décalage de bits révisée. Plus important : ces conversions sont différentes, ce qui peut être source de problème si vous changez de mode de conversion pour un lecteur contenant des données. Si vous avez configuré et formaté un lecteur avec la conversion par décalage de bits et que vous passiez ensuite à la conversion LBA assistée, la géométrie interprétée risque de s'en trouver modifiée et le lecteur peut devenir illisible, sauf à le repartitionner ou reformater (ce qui détruit les données). Le plus important : après avoir choisi une méthode de conversion, n'en changez pas avant d'avoir sauvegardé intégralement vos données.

Théoriquement, depuis 1994, tous les PC sont capables de procéder à des conversions dans le Setup du BIOS, et tous reconnaissent en principe les deux méthodes de conversion. Ils disposent également d'une option permettant de désactiver la conversion. Si les deux modes de conversion sont offerts, nous vous conseillons d'opter pour la méthode LBA assistée, car elle est plus efficace et plus souple. Elle contourne également le bogue des 4,2 Go des systèmes d'exploitation, car elle n'autorise qu'un maximum de 255 têtes logiques, quelles que soient les circonstances.

Il est généralement possible de savoir si un BIOS est en mesure d'effectuer la conversion en regardant si le Setup accepte un nombre de cylindres supérieur à 1024, mais cette méthode n'est pas fiable dans tous les cas. Si vous voyez des paramètres tels que "LBA", "ECHS" ou même "Large" ou "Extended" dans le Setup, cela signifie que le BIOS est capable de fonctionner en mode conversion. La plupart des BIOS datés de 1994 ou ultérieurs sont étendus. Si ce n'est pas le cas du vôtre, procurez-vous une version étendue pour le remplacer ou installez une carte de mise à niveau du BIOS intégrant cette fonction, par exemple la carte LBA Pro de eSupport.com.

Les BIOS actuels peuvent utiliser quatre modes d'adressage : les modes CHS standard (sans conversion), CHS étendu et LBA, et adressage LBA pur. Ces trois types d'adressages sont présentés au Tableau 6.22.

En mode CHS standard, le disque dur ne peut utiliser qu'un mode de conversion interne. La configuration géométrique physique du disque est complètement invisible de l'extérieur, tous les disques durs ATA utilisant aujourd'hui l'enregistrement par zones. Le nombre de cylindres, de têtes et de

Tableau 6.22 : Méthodes d'adressage des secteurs de disque dur

Mode de BIOS	Du système d'exploitation vers le BIOS	Du BIOS vers les disques durs
CHS standard	P-CHS	P-CHS
CHS Bit-Shift (*ECHS*)	L-CHS	P-CHS
LBA-assist	L-CHS	LBA
LBA pur (BIOS EDD)	LBA	LBA

secteurs imprimé sur l'autocollant fixé sur les disques actuels (et à entrer dans le Setup du BIOS) se rapporte à la géométrie purement logique du disque dur. Il ne reflète en rien les paramètres physiques réels du disque. Le mode d'adressage CHS standard est limité à 1024 cylindres et 16 têtes, ce qui correspond à un maximum de 504 Mo.

Ce mode est généralement appelé "Normal" dans le Setup du BIOS. Il contraint le BIOS à se comporter comme un modèle obsolète, c'est-à-dire à ne pas effectuer de conversions. Utilisez ce paramétrage si votre disque dur contient moins de 1024 cylindres ou que vous souhaitiez l'utiliser avec un système d'exploitation qui n'exige pas de mode de conversion.

CHS ou Large, dans le Setup du BIOS, correspondent à la conversion CHS par décalage de bits. La plupart des BIOS de 1997 et plus récents utilisent la méthode révisée (240 têtes logiques au maximum).

Si LBA est sélectionné dans le Setup du BIOS, il s'agit de la méthode LBA assistée, et non de la méthode LBA pure. Cela permet au logiciel de travailler avec des paramètres L-CHS alors que le BIOS s'adresse au lecteur en mode LBA.

La seule façon de sélectionner la conversion LBA pure, du système d'exploitation vers le BIOS et du BIOS vers le lecteur, est d'utiliser un lecteur de plus de 8,4 Go. Tous les lecteurs de plus de 137 Go doivent être adressés *via* LBA aussi bien au niveau du BIOS qu'à celui du lecteur. La plupart des BIOS adressent automatiquement tous les lecteurs de plus de 8,4 Go de cette façon. Dans ce cas, aucun paramètre de Setup de BIOS n'est requis, si ce n'est de définir le type sur "auto" ou "autodetect".

Attention

Vous devez vous entourer d'un certain nombre de précautions quand vous utilisez ces modes de conversion. Si vous disposez d'un lecteur d'une capacité de 8,4 Go ou moins et que vous changiez de mode pour utiliser CHS, ECHS ou LBA, le BIOS risque de changer de configuration géométrique. Il pourra se produire le même phénomène si vous installez sur un ordinateur utilisant le mode LBA un disque dur déjà formaté, jusqu'alors installé sur un ordinateur plus ancien n'employant pas ce mode. La géométrie logique CHS perçue par le système d'exploitation devra en effet se modifier et les données apparaîtront à un endroit différent de celui où elles sont effectivement stockées, ce qui pourra vous empêcher d'y accéder si vous n'êtes pas suffisamment prudent. Pensez à toujours enregistrer les écrans de Setup de la mémoire CMOS correspondant à la configuration du disque dur pour pouvoir reconfigurer ce dernier avec exactement les mêmes paramètres que ceux affectés initialement. Cela ne concerne pas les lecteurs de plus de 8,4 Go, puisque dans ce cas la méthode LBA pure est automatiquement choisie.

La barrière des 8,4 Go

Si la conversion CHS brise la barrière des 528 Mo, elle en rencontre une autre à 8,4 Go. Pour supporter des lecteurs de plus grande capacité, il faut un schéma d'adressage totalement nouveau, sans utilisation des nombres CHS et emploi exclusif des nombres LBA au niveau du BIOS. L'interface ATA a toujours pris en charge l'adressage LBA, y compris la spécification originale ATA-1. L'un des problèmes était que la prise en charge de la méthode LBA au niveau ATA était à l'origine optionnelle, mais le plus important était l'absence de prise en charge LBA au niveau de l'interface BIOS. Il était possible de choisir la conversion LBA assistée dans le Setup du BIOS, mais le seul effet était de convertir les valeurs LBA du lecteur en valeurs CHS au niveau de l'interface BIOS.

Phoenix Technologies a pris conscience du problème et a publié au début de l'année 1994 un document appelé *Enhanced Disk Specification* offrant une solution élégante au problème avec les nouveaux services étendus de l'INT13h.

L'idée, derrière cette publication, était d'entraîner dans son sillage les autres constructeurs de BIOS pour assurer une compatibilité totale entre leurs produits. Le comité T13 a défini une extension pour le BIOS qui, à l'origine, avait été conçue par Phoenix. Ce document est nommé Services BIOS améliorés pour les lecteurs de disques (*Enhanced BIOS Services for Disk Drives*, EDD). En 1998, la plupart des autres constructeurs de BIOS ont commencé à installer la prise en charge EDD dans leurs produits, permettant de prendre en charge le mode LBA au niveau du BIOS et de faire sauter le verrou des 8,4 Go. Par coïncidence (ou non), cela a eu lieu au moment où des disques durs ATA de plus grande taille commençaient à apparaître sur le marché.

Le document EDD décrit de nouvelles commandes étendues INT13h BIOS pour l'adressage LBA de 2^{64} secteurs et le support des périphériques de stockage au-delà de 9,44 Zo (zettaoctets, soit quadrillions de Go) ou plus précisément 9 444 732 965 739 292 000 000 octets ! Il est question ici de capacité théorique, car même si le BIOS est en mesure de gérer jusqu'à 2^{64} secteurs, les lecteurs ATA utilisent toujours un adressage 28 bits (2^{28} secteurs) au niveau de l'interface ATA ; cela limite un lecteur ATA à 268 435 456 secteurs, d'où une capacité de 137 438 953 472 octets ou 137,44 Go. Cela dit, la barrière des 8,4 Go a été franchie et il reste maintenant à attaquer celle des 137 Go liée à l'adressage LBA en 28 bits de l'interface ATA.

```
                        Max. Values
---------------------------------
Total Sectors          268,435,456
---------------------------------
Total Bytes        137,438,953,472
Megabytes (MB)             137,439
Mebibytes (MiB)            131,072
Gigabytes (GB)              137.44
Gibibytes (GiB)             128.00
```

En utilisant les nouvelles commandes étendues du mode LBA INT13h 64 bits au niveau du BIOS et les commandes du mode LBA 28 bits existantes au niveau ATA, aucune conversion n'est nécessaire et les valeurs LBA peuvent être passées sans changement. La combinaison de LBA au niveau du

BIOS et de l'interface ATA a sonné le glas de l'adressage CHS. Lorsque vous installez un lecteur de plus de 8,4 Go dans un PC avec BIOS doté de possibilités EDD (1998 ou plus récent), le BIOS et le lecteur utilisent automatiquement le mode LBA.

Une bizarrerie intéressante est que pour permettre une compatibilité arrière lors du démarrage d'un ancien système qui ne prend pas en charge le mode LBA (DOS ou version originale de Windows 95, par exemple), la plupart des lecteurs de plus de 8,4 Go mentionnent 16383 cylindres, 16 têtes et 63 secteurs par piste, soit 8,4 Go. Cela permet par exemple à un lecteur de 120 Go de passer pour un lecteur de 8,4 Go auprès des anciens BIOS ou systèmes d'exploitation. Cela peut paraître étrange, mais il vaut mieux qu'il soit reconnu comme un disque de 8,4 Go plutôt que de ne pas fonctionner du tout. Pour installer un disque de plus de 8,4 Go dans un système d'avant 1998, la solution recommandée est une mise à jour du BIOS de la carte mère ou l'installation d'une carte d'extension BIOS avec prise en charge EDD.

La barrière des 137 Go et au-delà

En 2001, la barrière théorique des 137 Go est devenue une contrainte bien réelle puisque les fabricants s'apprêtaient à proposer des disques durs d'une telle capacité. La solution est apparue sous la forme d'ATA-6, développé au cours de l'année 2002. Pour permettre l'adressage de lecteurs d'une capacité supérieure, ATA-6 a étendu les fonctions LBA, passant de l'emploi de nombres en 28 bits à celui de nombres en 48 bits.

La spécification ATA-6 étend l'interface LBA pour lui permettre l'emploi de l'adressage en 48 bits. Cela signifie que la capacité maximale est passée à un total de 2^{48} (281474976710 656) secteurs. Étant donné que chaque secteur stocke 512 octets, il en résulte la capacité maximale du disque suivante :

```
                            Max. Values
-------------------------------------
Total Sectors      281,474,976,710,656
-------------------------------------
Total Bytes    144,115,188,075,855,872
Megabytes (MB)         144,115,188,076
Mebibytes (MiB)        137,438,953,472
Gigabytes (GB)             144,115,188
Gibibytes (GiB)            134,217,728
Terabytes (TB)                 144,115
Tebibytes (TiB)                131,072
Petabytes (PB)                  144.12
Pebibytes (PiB)                 128.00
```

Vous le voyez, LBA 48 bits dans ATA-6 permet une capacité d'un peu plus de 144 Po (péta-octets = quadrillions d'octets) !

Étant donné que les fonctions EDD BIOS utilisent un nombre LBA 64 bits, elles ont une limite bien plus large :

```
                                    Max. Values
-------------------------------------------
Total Sectors      18,446,744,073,709,551,616
-------------------------------------------
Total Bytes     9,444,732,965,739,290,427,392
Megabytes (MB)          9,444,732,965,739,290
Mebibytes (MiB)         9,007,199,254,740,992
Gigabytes (GB)              9,444,732,965,739
Gibibytes (GiB)             8,796,093,022,208
Terabytes (TB)                  9,444,732,966
Tebibytes (TiB)                 8,589,934,592
Petabytes (PB)                      9,444,733
Pebibytes (PiB)                     8,388,608
Exabytes (EB)                           9,445
Exbibytes (EiB)                         8,192
Zettabytes (ZB)                          9.44
Zebibytes (ZiB)                          8.00
```

Puisque les services BIOS peuvent aller jusqu'à 2^{64} secteurs, la barrière des 144,12 Po est le plus petit dénominateur commun : c'est lui qui s'applique. Mais nous n'en sommes pas encore là !

Étant donné que les disques durs doublent de capacité environ tous les deux ans (un corollaire de la loi de Moore). Nous estimons que nous n'atteindrons pas cette capacité avant les années 2031 et 2041 (excepté si les disques durs sont remplacés par une technologie radicalement différente d'ici là). De même, la barrière EDD BIOS des 9,44 Zo ne devrait être atteinte qu'aux alentours de 2055 et 2073 ! Phoenix a annoncé au départ que la spécification EDD resterait d'actualité jusqu'en 2020, mais il semble que cette annonce ait été trop conservatrice.

Système d'exploitation et autres limitations logicielles

Notez que si vous faites appel à d'anciens utilitaires, applications ou systèmes d'exploitation reposant exclusivement sur les paramètres CHS, tout ce qui dépasse les 8,4 Go ne sera pas accessible. Pour y remédier, il vous faudra non seulement un BIOS plus récent, mais aussi des versions de ces programmes capables de traiter l'adressage LBA.

Les limitations des systèmes d'exploitation au-delà des 8,4 Go sont présentées au Tableau 6.23.

Dans le cas d'un système d'exploitation prenant en charge des lecteurs de plus de 8,4 Go, les limitations de taille maximale du lecteur dépendent du BIOS et du standard de l'interface du disque dur, et non du système d'exploitation. D'autres limitations entrent en ligne de compte pour les volumes (partitions) et les fichiers susceptibles d'être créés et gérés par les divers systèmes d'exploitation. Ces limitations dépendent non seulement du système d'exploitation, mais aussi du système de fichiers utilisé pour le volume. Le Tableau 6.24 présente les tailles minimale et maximale des volumes (partitions) et les limitations de taille de fichiers des différents systèmes d'exploitation Windows.

Tableau 6.23 : Limitations des systèmes d'exploitation

Système d'exploitation	Limitation en matière de taille de disque
DOS/Windows 3x	DOS 6.22 et les versions plus anciennes n'acceptent pas de disques de plus de 8,4 Go. DOS 7.0 ou supérieur (inclus dans Windows 95 et au-delà) sont nécessaires pour reconnaître des disques de plus de 8,4 Go.
Windows 9x/Me	Windows 95 a (version initiale) ne prend pas en charge les extensions INT13h; il n'est donc pas capable de supporter des disques de plus de 8,4 Go. Cependant, du fait des limitations du système de fichiers FAT16, la taille maximale d'une partition est de 2 Go. Windows 95B/OSR2 et plus récent (y compris Windows 98/Me) prennent en charge les extensions INT13h ainsi que le système de fichiers FAT32 qui permet des partitions correspondant à la taille totale du disque.
Windows NT	Windows NT 3.5x n'accepte pas des disques de plus de 8,4 Go, contrairement à Windows NT 4.0. Cependant, si un disque de plus de 8,4 Go est utilisé comme disque de démarrage, Windows NT n'en reconnaît que 8,4 Go. Le Service Pack corrige ce problème.
Windows 2000/XP/Vista	Windows 2000, XP et Vista acceptent les disques de plus de 8,4 Go.
OS/2 Warp	Certaines versions d'OS/2 sont limitées à une partition de démarrage de 3,1 Go ou 4,3 Go. IBM fournit une mise à jour Device Driver Pack qui corrige ce problème et permet une partition de démarrage de 8,4 Go. Le système de fichiers HPFS d'OS/2 accepte des lecteurs jusqu'à 64 Go.
Novell	NetWare 5.0 et plus acceptent des disques de plus de 8,4 Go.

Tableau 6.24 : Les limitations de taille de volumes et de fichiers en fonction du système de fichiers

Limitation du système d'exploitation par le système de fichiers	FAT16	FAT32	NTFS
Taille minimale de volume (9x/Me)	2,092 Mo	33,554 Mo	—
Taille minimale de volume (NT/2000/XP)	2,092 Mo	33,554 Mo	1,000 Mo
Taille maximale de volume (95)	2,147 Go	136,902 Go	—
Taille maximale de volume (Me)	2,147 Go	8,796 To	—
Taille maximale de volume (NT+)	4,294 Go	8,796 Go	281,475 To
Taille maximale de fichier (tous)	4,294 Go	4,294 Go	16,384 To

– = non applicable
NT+ = Windows NT, 2000, XP et Vista
Mo = mégaoctet
Go = gigaoctet
To = téraoctet

RAID PATA/SATA

RAID est l'acronyme de *Redundant Array of Independent* (ou *Inexpensive*) *Disks*. L'objectif du système était d'améliorer la tolérance aux pannes et les performances des systèmes de stockage informatiques. Né à Berkeley en 1987 (Université de Californie), il devait permettre de connecter un groupe de petits disques, peu onéreux, à un matériel et des logiciels spéciaux afin qu'ils semblent ne former, pour le système, qu'un seul disque de grande taille.

Bien qu'elle n'existe plus, une organisation baptisée RAID Advisory Board (RAB) a été constituée en juillet 1992 dans le but de standardiser et classer le système RAID, mais aussi former les utilisateurs. Le RAB a développé des spécifications, un programme de conformité destiné aux divers niveaux RAID, de même qu'un programme de classement du matériel RAID.

Le RAB a aussi défini sept niveaux RAID standard, de RAID 0 à RAID 6. RAID s'installe généralement à l'aide d'une carte de contrôleur RAID, même si certaines implémentations logicielles uniquement sont également possibles (mais déconseillées). Les différents niveaux sont les suivants :

- **RAID Niveau 0** : **entrelacement.** Les données des fichiers sont écrites simultanément sur plusieurs disques du réseau, qui agissent à la manière d'un seul disque plus volumineux. Les performances en lecture/écriture sont élevées mais la fiabilité est très faible. Nécessite un minimum de deux disques.
- **RAID Niveau 1** : **mise en miroir.** Les données écrites sur un disque sont dupliquées sur un autre, d'où une formidable tolérance aux pannes (en cas de panne d'un disque, l'autre est sollicité et aucune donnée n'est perdue) mais pas de véritable augmentation des performances par rapport à un disque unique. Exige un minimum de deux disques (la capacité est celle d'un disque).
- **RAID Niveau 2** : **ECC par bit.** Les données sont divisées un bit à la fois sur plusieurs disques et les codes de correction d'erreur (ECC) sont écrits sur d'autres disques. Ceci est destiné aux dispositifs de stockage ne comprenant pas d'ECC en interne (tous les disques SCSI et ATA possèdent un ECC interne). Il s'agit d'une norme qui offre, en théorie, des débits de données élevés avec une bonne tolérance aux pannes, mais il faut sept disques ou plus pour dépasser les 50 % d'efficacité et aucun contrôleur RAID 2 du commerce ou disque sans ECC n'est disponible.
- **RAID Niveau 3** : **entrelacement avec parité.** Il associe l'entrelacement RAID Niveau 0 à un disque supplémentaire destiné aux informations de parité. Ce niveau RAID est véritablement une adaptation du RAID Niveau 0, dont une partie de la capacité est sacrifiée, avec toutefois le même nombre de disques. Il parvient à un niveau élevé d'intégrité des données ou de tolérance aux pannes car les données peuvent généralement être reconstruites en cas de panne d'un disque. Nécessite un minimum de trois disques (deux ou plus pour les données et un pour la parité).
- **RAID Niveau 4** : **données bloquées avec parité.** Identique à RAID 3, à l'exception du fait que les données sont écrites dans des blocs supérieurs à ceux des disques indépendants, ce qui assure des performances de lecture plus rapides pour les gros fichiers. Nécessite un minimum de trois disques (deux ou plus pour les données et un pour la parité).

- **RAID Niveau 5** : **données bloquées avec parité distribuée.** Identique à RAID 4, mais avec de meilleures performances grâce à la distribution des entrelacements de parité sur une série de disques durs. Nécessite un minimum de trois disques (deux ou plus pour les données et un pour la parité).
- **RAID Niveau 6** : **données bloquées avec double parité distribuée.** Identique à RAID 5, mais les informations de parité sont écrites deux fois à l'aide de deux schémas de parité différents afin de fournir une tolérance aux pannes encore meilleure en cas de pannes multiples des disques. Exige un minimum de quatre disques (deux ou plus pour les données et deux pour la parité).

Un contrôleur RAID SATA ordinaire à bas prix permet de rattacher de quatre à six disques, que vous pouvez exécuter avec RAID Niveau 0, 1, 5 ou 0+1. Des cartes RAID PATA à quatre canaux sont disponibles mais la plupart des cartes RAID sont passées au SATA, exempt des problèmes de partage de canal maître/esclave typiques de l'ATA parallèle. Les cartes RAID ATA série emploient un canal de données ATA série séparé (câble) pour chaque disque, ce qui permet des performances maximum. Nous recommandons le RAID ATA série, de préférence à l'ATA parallèle.

Si vous envisagez de vous équiper d'un contrôleur RAID SATA (ou d'une carte mère équipée d'un contrôleur RAID SATA intégré), recherchez les aspects suivants :

- **Les niveaux RAID pris en charge.** La plupart des bons systèmes acceptent les modes 0, 1, 5 et 0+1 combinés, l'absence de prise en charge de RAID 5 dénote un produit très bas de gamme.
- **Quatre, six ou huit canaux.**
- **La prise en charge de débits ATA série à 3 Gbits/s.**
- **L'interface bus PCIe pour de meilleures performances et une compatibilité avec les produits futurs.**

Pour tester le système RAID à peu de frais, vous pouvez installer le RAID basé sur un logiciel sans contrôleur personnalisé lorsque vous utilisez certains systèmes d'exploitation. Ainsi, par exemple, Windows NT/2000 et versions ultérieures proposent l'implémentation logicielle de RAID à l'aide de l'entrelacement et de la mise en miroir. Dans ces systèmes d'exploitation, l'outil Administrateur de disques sert à configurer et contrôler les fonctions RAID, mais aussi à reconstruire le volume en cas de panne. Normalement cependant, pour plus de performances et de fiabilité, recherchez des contrôleurs RAID SATA acceptant RAID Niveau 5.

7 Le stockage sur disque dur

Au sommaire de ce chapitre

- Définition du disque dur
- Facteurs de forme
- Fonctionnement du disque dur
- Composants de base du disque dur
- Caractéristiques des disques durs

Définition du disque dur

Pour de nombreux utilisateurs, le disque dur est l'élément le plus important, mais également le plus mystérieux de l'ordinateur. Un *disque dur* est un élément scellé qui stocke les données *non volatiles* de l'ordinateur. Non volatiles signifie qu'il s'agit de données stockées même si l'ordinateur n'est pas alimenté. Comme le disque dur est censé contenir des données jusqu'à ce qu'elles soient délibérément effacées, c'est là que l'ordinateur stocke ses programmes et les données importantes. Lorsque le disque dur tombe en panne, les conséquences sont généralement dramatiques. Pour entretenir et réparer votre ordinateur et en étendre les capacités, vous devez impérativement comprendre le fonctionnement du disque dur.

Le disque dur est constitué de plusieurs plateaux de forme circulaire en aluminium ou en verre (voir Figure 7.1). Contrairement aux disquettes, ces plateaux ne sont absolument pas flexibles, d'où l'emploi de l'adjectif *dur*. Les plateaux de la plupart des disques durs sont inamovibles, ce qui explique que l'on qualifie ces disques durs de *fixes*. Il existe des disques durs amovibles. Parfois, ce terme décrit un lecteur complet (disques et lecteur) qui peut être extrait de la machine, mais le plus souvent il désigne des lecteurs de cartouches, où les plateaux sont placés dans une cartouche amovible.

Infos

Pendant quelque temps, les lecteurs de disques durs ont été appelés "lecteurs Winchester". Ce terme remonte aux années soixante, lorsque IBM a développé un lecteur rapide offrant un disque dur fixe de 30 Mo et un disque amovible de 30 Mo. Ce lecteur 30-30 a été malicieusement surnommé Winchester, car la célèbre carabine de même nom utilisait des balles de calibre 30-30. Ce nom est ensuite devenu une désignation générique pour les lecteurs employant des disques à rotation rapide et une tête flottante.

Le premier disque dur est apparu en 1956. Un an plus tard, en 1957, Cyril Northcote Parkinson a publié sa célèbre compilation d'essais appelée "Loi de Parkinson". Elle commence par l'affirmation suivante : "Le travail s'étend de telle sorte qu'il occupe *in fine* le temps mis à disposition pour sa réalisation". Un corollaire de la plus célèbre loi de Parkinson est applicable aux disques durs : "les données s'étendent de telle sorte qu'elles occupent *in fine* l'espace mis à disposition pour leur

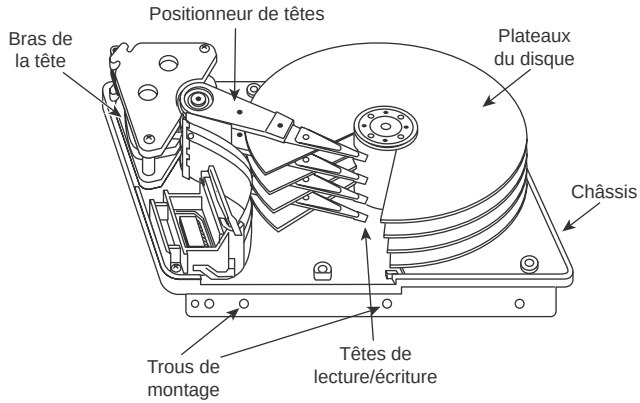


Figure 7.1
Têtes de lecture et plateaux d'un disque dur.

stockage". Cela signifie que, quelle que soit la taille du lecteur dont vous disposez, vous trouverez FORCEMENT un moyen de le remplir. Et c'est bien ce qui se passe depuis l'apparition des premiers disques durs, il y a près de vingt-cinq ans.

Bien que conscient de la croissance exponentielle de tout ce qui touche de près ou de loin à l'informatique, on ne peut être qu'abasourdi par la taille et la rapidité des disques durs modernes. Le premier disque dur que nous avons acheté en 1983, un Miniscribe 2012 en 5 pouces 1/4, avait une capacité de 10 Mo (oui, vous avez bien lu, 10 Mo, et non 10 Go). Il mesurait 203 × 146 × 82 mm et pesait près de 2,5 kg, soit plus que certains portables actuels. Comparativement, le lecteur Hitachi 7K1000 SATA (l'un des lecteurs 3 pouces 1/2 de plus grande capacité à l'heure actuelle) utilise des plateaux de 3,5 pouces, mesure 146 × 102 × 25 mm et ne pèse que 0,70 kg, pour une capacité totale de 1 To. Il propose donc une capacité 100 000 fois plus importante que le Miniscribe, pour une taille et un poids nettement inférieurs.

À l'évidence, les grosses capacités de stockage des disques modernes sont inutiles, à moins que vous ne puissiez transférer rapidement les données. Le disque dur que l'on trouvait sur le premier IBM XT en 1983 présentait un taux constant de transfert des données au départ du support d'environ 100 Ko/s. Aujourd'hui, un disque ordinaire dispose de l'interface ATA série, qui propose des taux de transfert de données variables allant jusqu'à 300 Mo/s (les taux moyens sont inférieurs, avec un maximum d'environ 50 Mo/s). À l'instar de l'augmentation de la capacité des disques, le débit de l'interface a aussi beaucoup évolué depuis les interfaces MFM et RLL communes dans les années quatre-vingt. Comme toujours, les interfaces sont bien plus rapides que les disques réels. Les interfaces ATA parallèle, ATA série, SCSI et SAS sont aujourd'hui habituelles et proposent des débits allant jusqu'à 133 Mo/s pour ATA parallèle, 150 et 300 Mo/s pour ATA série, 320 Mo/s pour Ultra-320 SCSI et 300 Mo/s ou 600 Mo/s pour SAS. Toutes ces interfaces sont bien plus rapides que les disques qu'elles acceptent, le véritable débit est presque totalement limité par le lecteur et non par l'interface choisie. Les interfaces modernes présentent une bande passante en excès pour les développements futurs et les prochaines avancées de la technologie.

En 2006, le lecteur de disque dur fêtait son 50e anniversaire, une étape dans le domaine informatique. À l'époque où les PC ont fait leur apparition en 1981, les disques durs disponibles offraient 5 Mo de capacité. Pour vous donner une idée du chemin parcouru en plus de 25 ans par la technologie des PC, voici quelques-uns des changements les plus importants du stockage des disques durs pour PC :

- Les capacités de stockage maximum sont passées de disques de 1/4 de pouce de 5 Mo en 1981 à 1 To en 2007 pour des disques de demi-hauteur de 3 pouces 1/2 (Hitachi 7K1000), de 200 Go pour les lecteurs de portable de 2 pouces 1/2 (Toshiba MK2035GSS) et de 100 Go pour des lecteurs de 1,8 pouce (Toshiba MK1011GAH). Aujourd'hui, vous ne trouverez pratiquement plus de disque de moins de 40 Go.
- Le taux de transfert de données vers ou depuis le support de stockage est passé à environ 100 Ko/s pour le disque dur de l'IBM XT de 1983 à 50 Mo/s en moyenne pour certains des disques durs les plus rapides actuellement disponibles (Western Digital Raptor WD74GD) ou plus de 80 Mo/s pour le lecteur SCSI le plus rapide (Seagate Cheetah 15K.4).
- Le temps de recherche est passé de 85 ms (millisecondes) pour le disque dur de 10 Mo utilisé par IBM dans son PC-XT en 1983 à 3,3 ms pour certains des disques durs les plus rapides actuellement disponibles (Seagate Cheetah 15K.A).
- En 1982, un disque dur de 10 Mo avec son contrôleur coûtait plus de 2000 dollars (soit 200000/Go). Avec l'inflation, il devrait coûter le double aujourd'hui et pourtant le coût du gigaoctet est tombé à 0,28 dollar, soit 140 dollars pour un disque de 500 Go avec son contrôleur. Les disques des portables ont chuté à 0,67 dollar/Go ou moins, soit environ 120 Go pour 80 dollars.

Facteurs de forme

L'axe du marché des PC a toujours été dirigé vers la standardisation. Avec les disques durs, cet aspect apparaît dans les facteurs de forme physiques et électriques comprenant des lecteurs modernes. En vous cantonnant à des facteurs de forme standard, vous pouvez acheter un système ou un châssis auprès d'un fabricant et pourtant installer physiquement et électriquement un lecteur d'un autre fabricant. Les normes des facteurs de forme garantissent que les lecteurs disponibles s'adaptent à la baie, que les orifices de vis s'alignent et que des câbles et des connecteurs standard se branchent ensemble. Sans elles, il n'y aurait aucune compatibilité entre les châssis, les cartes mères, les câbles et les lecteurs.

Pour établir ces facteurs de forme, il suffit parfois qu'un fabricant propose un produit populaire d'une forme particulière, avec un protocole de connexion, et d'autres viendront copier ou cloner ces paramètres, concevant ainsi des produits physiquement ou électriquement compatibles. À d'autres moments, des comités ou des groupes divers ont été constitués pour établir certaines normes du marché. Il revient ensuite aux fabricants des produits concernés de les adapter à la norme.

Au fil des années, les lecteurs de disque sont apparus sous divers facteurs de forme standards, généralement identifiés par la taille approximative des plateaux contenus dans le lecteur. Le Tableau 7.1 répertorie les divers facteurs de forme des disques employés dans les PC et les portables.

Tableau 7.1 : Facteurs de forme de disque dur

Hauteur	Largeur	Profondeur	Volume
	Disques 5 pouces 1/4		
3,25" (82,6 mm)	5,75" (146 mm)	8" (203,2 mm)	149,5 ci (2449,9 cc)
	Disques demi-hauteur 5 pouces 1/4		
1,63" (41,3 mm)	5,75" (146 mm)	8,00" (203,2 mm)	74,8 ci (1 224,9 cc)
	Disques demi-hauteur 3 pouces 1/2		
1,63" (41,3 mm)	4" (101,6 mm)	5,75" (146,0 mm)	37,4 ci (612,5 cc)
	Disques d'un tiers de hauteur 3 pouces 1/2		
1" (25,4 mm)	4" (101,6 mm)	5,75" (146,0 mm)	23,0 ci (376,9 cc)
	Disques de 2 pouces 1/2		
19 mm (0,75")	70,0 mm (2,76")	100,0 mm (3,94")	133,0 cc (8,1 ci)
17 mm (0,67")			119,0 cc (7,3 ci)
12,7 mm (0,50")			88,9 cc (5,4 ci)
12,5 mm (0,49")			87,5 cc (5,3 ci)
9,5 mm (0,37")			66,5 cc (4,1 ci)
8,5 mm (0,33")			59,5 cc (3,6 ci)
	Disques de 1,8 pouces		
9,5 mm (0,37")	70,0 mm (2,76")	60,0 mm (2,36")	39,9 cc (2,4 ci)
7 mm (0,28")			29,4 cc (1,8 ci)
	Lecteurs de carte PC 1,8 pouces		
8 mm (0,31")	54,0 mm (2,13")	78,5 mm (3,09")	33,9 cc (2,1 ci)
5 mm (0,20")			21,2 cc (1,3 ci)
	Microdisques 1 pouce		
5 mm (0,20")	42,8 mm (1,69")	36,4 mm (1,43")	7,8 cc (0,5 ci)

Le premier chiffre de chaque dimension correspond à la dimension de base de la norme, le second provient d'une conversion. Certaines normes se basent sur des mesures SAE (anglaises), tandis que d'autres se basent sur des mesures SI (métriques).

Ce sont actuellement les disques de 3 pouces 1/2 qui ont la faveur des ordinateurs de bureau, tandis que les disques de 2 pouces 1/2 et moins équipent les portables et périphériques de poche. Les disques de 3 pouces 1/2 ATA parallèle sont rapidement remplacés par des lecteurs ATA série, désormais courants dans les nouveaux systèmes de bureau. Les *notebooks* (petits ordinateurs portables) commencent, dans le même temps, une transition vers des disques 2 pouces 1/2 dotés de l'interface ATA série. La plupart des systèmes portables acceptent toujours l'ATA parallèle car, jusqu'à récemment, les chipsets de cartes mères n'acceptaient l'ATA parallèle que de manière native et l'ajout d'une puce pour la prise en charge de SATA était excessif en termes d'argent, de puissance et d'espace. Sans compter qu'il n'existait pas, à l'origine, de lecteur SATA 2 pouces 1/2 sur le marché. Or, cela évolue. Les chipsets série 900 d'Intel se retrouvent dans les systèmes les plus récents et assurent une prise en charge native de SATA, et des lecteurs SATA 2 pouces 1/2 sont désormais également disponibles.

Disque de 5 pouces 1/4

Shugart Associates a présenté pour la première fois le facteur de forme de 5 pouces 1/4 avec le premier lecteur de disquette de même dimension en 1976. La rumeur veut que son fondateur, Al Shugart, ait alors quitté la société pour créer Seagate Technologies, qui a présenté le premier disque dur de 5 pouces 1/4 (modèle ST-506, d'une capacité de 5 Mo) en 1980, faisant les yeux doux au PC d'IBM. IBM a ensuite utilisé le disque Seagate ST-412 (10 Mo) dans certains de ses modèles PC-XT, figurant parmi les premiers PC à être vendus avec disque dur intégré. Le format physique du disque dur de 5 pouces 1/4 était alors identique au lecteur de disquette grand format de 5 pouces 1/4. Tous les deux s'adaptent donc dans un même châssis. Ainsi, par exemple, le PC IBM d'origine et les modèles XT possédaient deux baies grand format de 5 pouces 1/4 compatibles avec ces lecteurs. Les premiers systèmes portables (comme le premier Compaq Portable) se servaient également de ces disques. Par la suite, le facteur de forme 5 pouces 1/4 a été réduit de moitié en hauteur à l'apparition des disquettes et disques de 5 pouces 1/4. Il a alors été possible d'adapter deux disques dans une baie initialement prévue pour un. Le facteur de forme demi-format de 5 pouces 1/4 continue d'être utilisé comme pour les lecteurs de CD-ROM et de DVD des principaux ordinateurs de bureau. C'est aussi le facteur de forme standard pour les grandes baies de tous les châssis des PC modernes. Les premiers portables, comme l'IBM Portable PC, l'avaient également adopté.

Disque de 3 pouces 1/2

Sony a sorti la première disquette de 3 pouces 1/2 en 1981. Sa largeur et sa profondeur étaient réduites, mais la hauteur était celle du demi-facteur de forme 5 pouces 1/4. Il s'agissait des *disques de demi-format 3 pouces 1/2*, même s'il n'a jamais existé de lecteur 3 pouces 1/2 "grand format". Rodime a poursuivi l'expérience avec le premier disque dur demi-format de 3 pouces 1/2 en 1983. Par la suite, les lecteurs de disque et disquette de 3 pouces 1/2 ont vu leur hauteur réduite à 1 pouce, un peu moins d'un tiers des 5 pouces 1/4 initiaux (parfois appelés *disques d'un tiers de hauteur*). Aujourd'hui, la version à 1 pouce correspond au facteur de forme standard 3 pouces 1/2 du marché.

Disque de 2 pouces 1/2

PrairieTek est parvenu au facteur de forme de 2 pouces 1/2 en 1988, un format idéal pour les portables et les notebooks. Les ventes de ces disques ont suivi la croissance de celles des portables. Et même si PrairieTek a été le premier à parvenir à ce facteur de forme, d'autres ont rapidement exploité le marché en introduisant également des disques de 2 pouces 1/2. Enfin, en 1994, Conner Peripherals, Inc. versait 18 millions de dollars pour racheter la technologie des disques durs de 2 pouces 1/2 de PrairieTek, mettant fin à l'existence de cette société. Depuis la création de ce disque, quasiment tous les portables et notebooks en sont équipés. Et bien qu'ils puissent aussi être adaptés aux ordinateurs de bureau, le disque de 3 pouces 1/2 continue à dominer ce marché grâce à sa capacité supérieure, sa rapidité et son faible coût.

Les disques de 2 pouces 1/2 ont été fabriqués en diverses épaisseurs (ou hauteurs), un facteur qui limite de nombreux systèmes de portables et de notebooks :

- 8,5 mm;
- 12,7 mm;
- 9,5 mm;
- 17,0 mm;
- 12,5 mm;
- 19,0 mm.

Les tailles les plus populaires sont de loin 9,5 et 12,5 mm, employées par la plupart des portables et des notebooks. À l'heure actuelle, la majeure partie des fabricants de disques se concentrent sur le facteur de forme de 9,5 mm. Sachez qu'il est presque toujours possible d'installer un disque plus mince à la place d'un système plus épais; or, la plupart des systèmes ne disposent pas de suffisamment de place pour loger un disque plus épais que celui d'origine.

Disque de 1,8 pouce

Les disques de 1,8 pouce sont apparus pour la première fois chez Integral Peripherals en 1991, sans être réellement acceptés par le marché. Ce format s'adaptait parfaitement au facteur de forme de la carte PC (PCMCIA), un stockage amovible complémentaire, idéal pour les portables et notebooks. Malheureusement, le marché des disques de 1,8 pouce a été lent à se constituer. C'est en 1998 qu'un groupe d'investissement appelé Mobile Storage a racheté la technologie de disque de 1,8 pouce à Integral Peripherals pour 5,5 millions de dollars; Integral Peripherals s'est alors retiré des affaires. Plusieurs autres sociétés ont proposé des disques de 1,8 pouce au fil des années, et notamment HP, Calluna, Toshiba et Hitachi. Parmi ces sociétés, seuls Toshiba et Hitachi continuent à en fabriquer. HP a totalement quitté le marché du disque dur en 1996 et Calluna a fermé ses portes en 2001. Toshiba sortait ses disques de 1,8 pouce (au format physique d'une carte PC de type II) en 2000 et Hitachi a pénétré ce marché en 2003. Les disques de 1,8 pouce sont disponibles dans des capacités allant jusqu'à 100 Go ou plus.

Disque de 1 pouce

En 1998, IBM a créé un disque de 1 pouce appelé Microdrive et contenant un plateau de la taille d'une pièce de monnaie ! Ses versions actuelles peuvent stocker jusqu'à 8 Go, voire plus. Ces disques sont dotés de plusieurs interfaces, notamment celle d'une carte Compact Flash (CF) de type II ; ils peuvent donc être installés dans quasiment n'importe quel périphérique acceptant des cartes CF, notamment des appareils photo numériques, des assistants personnels (PDA) et des lecteurs MP3. La division des disques durs d'IBM a été vendue à Hitachi en 2003 et associée à son activité de technologie de stockage sous le nom Hitachi Global Storage Technologies.

Infos

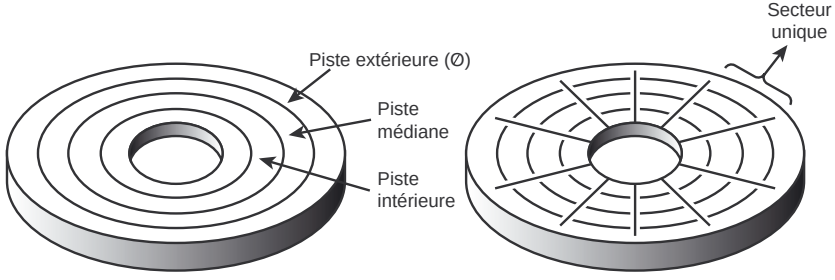
HP a présenté le disque dur 1,3 pouce de 20 Mo appelé KittyHawk en 1992, initialement pour le marché des ordinateurs de poche. En 1994, HP a poursuivi avec un modèle de 40 Mo. Ces petits disques étaient onéreux et se sont révélé être bien trop en avance sur leur époque, tout comme les ordinateurs de poche auxquels ils étaient destinés. Après deux ans de ventes plus que limitées, HP a mis fin à la famille de produits KittyHawk.

En 2004, Toshiba a sorti sur le marché le disque le plus petit jamais produit : un disque de 0,85 pouce, d'à peu près la taille d'un timbre-poste et capable de stocker jusqu'à 4 Go. Ce disque n'est pas véritablement destiné aux PC mais sera employé dans les téléphones portables, les lecteurs audio numériques, les lecteurs audio numériques, les assistants personnels, les appareils photo numériques, les caméscopes, etc.

Fonctionnement du disque dur

Le disque dur utilise des disques rotatifs et des têtes qui se déplacent au-dessus des disques et permettent de stocker des données sur des pistes et des secteurs. Une piste est un anneau concentrique d'informations, divisé en secteurs individuels appelés *secteurs* et pouvant normalement stocker 512 octets chacun (voir Figure 7.2).

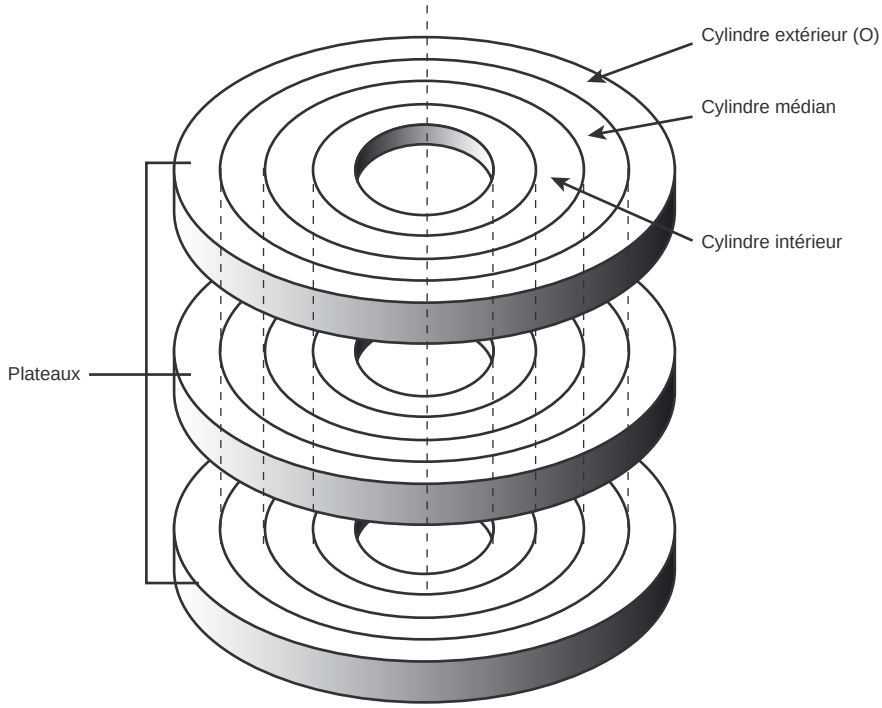
Figure 7.2
Pistes et secteurs d'un disque dur.



Les disques durs sont généralement constitués de plusieurs plateaux empilés l'un sur l'autre, chacun comptant deux faces pouvant stocker des données. Ces plateaux sont le plus souvent au nombre de deux ou de trois, soit au total quatre ou six faces – sachant que certains disques peuvent compter jusqu'à 12 plateaux et 24 têtes (Seagate Barracuda 180). Les pistes situées au même endroit sur chaque face de chaque plateau constituent un *cylindre* (voir Figure 7.3). Le disque dur comprend en

principe une tête par face de plateau, et toutes ces têtes sont montées sur un même dispositif mobile : le *support de têtes*. Toutes les têtes se déplacent simultanément sur le disque puisqu'elles sont fixées sur le même support.

Figure 7.3
Cylindres d'un disque dur.



Au départ, les disques durs tournaient à une vitesse de 3600 tr/mn, soit environ dix fois plus rapidement que les lecteurs de disquettes, ce qui a été durant de nombreuses années la vitesse de la plupart des disques durs. Aujourd'hui, beaucoup de disques durs tournent à des vitesses sensiblement plus élevées. Les vitesses de rotation sont variables, les lecteurs modernes tournent à 4200 tr/mn, 5400 tr/mn, 7200 tr/mn, 10000 tr/mn ou 15000 tr/mn. La grande majorité des lecteurs actuels tournent à 7200 tr/mn, les modèles à haute performance tournant à 10000 tr/mn et certains modèles moins onéreux continuant à fonctionner à 5400 tr/mn. Certains des petits disques de 2 pouces 1/2 tournent à 2400 tr/mn seulement pour économiser de l'énergie, et les vitesses de rotation de 15000 tr/mn sont réservées aux stations de travail très haut de gamme ou aux serveurs, c'est-à-dire aux systèmes où il est relativement facile de s'accommoder de leur coût, de leur dégagement de chaleur et de leur bruit. Leur vitesse de rotation élevée, la rapidité de leur positionneur de têtes et leur nombre de pistes par secteur plus important leur permettent de stocker et de retrouver plus rapidement les données que les lecteurs de disquettes. Ce sont également ces paramètres qui font qu'un disque dur est plus rapide qu'un autre.

Les têtes de la plupart des disques durs ne touchent pas (et ne doivent pas toucher !) les plateaux lorsque ceux-ci fonctionnent en mode normal. Toutefois, dans beaucoup de lecteurs, les têtes restent posées sur les plateaux lorsque le lecteur n'est pas sous tension. En principe, lors de la mise hors tension, les têtes se positionnent sur le cylindre le plus central et restent à la surface du plateau. Ce mécanisme est appelé CSS (*Contact Start Stop*). Lorsque le disque dur est sous tension, un coussin d'air très fin maintient chaque tête à une distance infime en dessous ou au-dessus des plateaux. Si ce coussin d'air est interrompu par une particule de poussière ou un choc, les têtes risquent d'entrer en contact avec les plateaux alors qu'ils tournent à pleine vitesse. Lorsque ce contact est suffisamment violent pour endommager le disque dur, il se produit un *écrasement de tête*, ce qui peut provoquer la perte de quelques octets de données, voire la destruction totale du disque dur. La plupart des plateaux de disques durs sont dotés d'une couche de lubrifiant et de surfaces renforcées qui leur permettent de résister aux "décollages" et aux "atterrissages" des têtes, ainsi qu'à un certain nombre d'incidents.

Certains lecteurs récents n'utilisent pas la conception CSS et font appel à un mécanisme de chargement/déchargement qui ne permet pas le contact direct entre les têtes et les plateaux, même lorsque le lecteur est hors tension. Employé d'abord dans les lecteurs en format 2 pouces 1/2 des portables – où la résistance aux chocs mécaniques est un paramètre important –, ce mécanisme de chargement/déchargement utilise une rampe positionnée à la limite externe de la surface du plateau. Lorsque le lecteur est hors tension ou qu'il fonctionne en mode d'économie d'énergie, les têtes vont se placer sur la rampe. Au moment de la mise sous tension, les têtes sont libérées après que les plateaux ont atteint leur pleine vitesse de rotation, et le coussin d'air empêche le contact entre les têtes et les plateaux.

Les plateaux étant scellés et inamovibles, la densité des pistes peut être très élevée. Les plateaux de la plupart des disques comptent 66400 pistes par pouce, voire davantage (IBM Travelstar 60GH). Le module d'assemblage des têtes de disque, qui contient les plateaux, est assemblé et scellé à l'abri de la poussière et dans des conditions de propreté absolues. Les sociétés spécialisées dans la réparation ou le remplacement des modules d'assemblage de têtes de disque étant peu nombreuses, ce type d'intervention peut se révéler très coûteux. Tout disque dur finit par tomber en panne, mais la question est de savoir à quel moment et si les données sont sauvegardées sur un support externe.

Attention

Il est fortement recommandé de ne pas tenter d'ouvrir le module d'assemblage des têtes, sauf si vous avez l'équipement et la compétence nécessaires. En général, les constructeurs rendent volontairement très difficile l'ouverture de ce module, pour décourager les bricoleurs téméraires. Notez qu'en ouvrant ce module, vous perdez le bénéfice de la garantie du constructeur.

Beaucoup d'utilisateurs de PC savent que le disque dur est un périphérique fragile, et de fait, c'est généralement l'élément le plus sensible d'un ordinateur. Il faut tout de même savoir que des techniciens en informatique en cours de formation laissent des disques durs tourner sans couvercle pendant plusieurs jours, qu'ils ôtent et remettent en place ce couvercle alors que les disques fonctionnent, et que ceux-ci demeurent parfaitement capables de stocker des données, couvercle

ouvert ou fermé. Il est bien entendu déconseillé de procéder à pareille expérience, et ces techniciens ne prendraient pas le risque d'agir ainsi avec des disques durs de grande capacité et coûteux.

Disque dur, vole!

Les techniciens en informatique ont coutume de comparer l'interaction entre les têtes et la couche magnétique d'un disque dur classique à un Boeing 747 volant à 2 ou 3 m du sol à sa vitesse de croisière (au moins 800 km/h). Cette analogie est souvent employée par des techniciens qui ne se sont jamais demandé si, d'un point de vue technique, elle était en adéquation avec les disques durs modernes.

Cette comparaison a pourtant une inexactitude de taille qui tient au fait qu'elle utilise un avion, quel qu'il puisse être, pour décrire l'interaction des têtes et des plateaux, ce qui implique que les têtes volent à faible altitude au-dessus des plateaux. Or, ce n'est pas le cas d'un point de vue aérodynamique puisqu'elles *flottent* sur un coussin d'air généré par la rotation des plateaux.

Il serait donc plus exact de comparer le mouvement des têtes à celui d'un aéroglisseur, et non d'un avion. Comme dans le cas de l'aéroglisseur, la partie inférieure des têtes de disques doit être d'une forme particulière pour surmonter et contrôler le coussin d'air qui leur permet de flotter au-dessus des plateaux. Par nature, ce coussin d'air ne se forme qu'à proximité immédiate des plateaux. Il est souvent appelé "roulement à air" par les fabricants de disques durs.

Il serait donc souhaitable d'utiliser une analogie reflétant plus fidèlement les dimensions des disques durs actuels et la vitesse à laquelle ils fonctionnent. L'exemple suivant repose sur les caractéristiques techniques d'un disque dur moderne, rapportées à une hauteur de flottement de 1 cm. Le disque dur employé pour cet exemple est un disque ATA IBM Deskstar 75GXP, d'une capacité après formatage de 75 Go, et d'un diamètre de 3 pouces 1/2. La coque de glissement des têtes de ce disque dur mesure 0,049 pouce (1,2 mm) de long, 0,039 pouce (1 mm) de large et 0,012 pouce (0,3 mm) de haut. Les têtes flottent sur un coussin d'air de 15 nanomètres (billionième de mètre) au-dessus de la surface des plateaux et se déplacent à une vitesse moyenne de 85 km/h (avec un diamètre de plateaux de 2 pouces 1/2). Ces têtes lisent et écrivent des bits séparés les uns des autres par seulement 0,48 µm, sur des pistes distantes les unes des autres de seulement 8,33 µm. Il ne faut enfin en moyenne que 8,5 ms aux têtes pour se déplacer d'une piste à une autre lors d'un accès disque.

Pour les besoins de ce nouvel exemple, ces caractéristiques ont été rapportées à une hauteur de flottement de 5 mm; 5 mm équivalant à 333333 fois 15 nanomètres, toutes les valeurs ont été multipliées par 333333.

Rapportées à cette échelle, les têtes de ce disque dur classique mesureraient plus de 400 m de long et près de 330 m de large et 100 m de haut, se déplaceraient à 25 millions de km/h (près de 7000 km/s) en se tenant à seulement 0,5 cm du sol, liraient des bits de données espacés de seulement 2 cm sur des pistes distantes les unes des autres de 30 cm simplement.

Sans doute cette vitesse est-elle difficile à apprécier, mais à titre de comparaison, le diamètre de la Terre mesuré à l'équateur est de 12730 km, ce qui correspond à une circonférence d'environ

39850 km. À une vitesse de déplacement de 7000 km/s, cette tête imaginaire ferait le tour de la Terre en 5,5 secondes !

Cet exemple donne une idée des prouesses techniques dont les disques durs actuels sont capables, et autant dire que, outre le fait qu'elle est totalement inexacte, la comparaison avec le Boeing 747 fait pâle figure à côté de celle-ci.

Pistes et secteurs

Une piste est un anneau de données situé sur une seule face d'un disque. Une piste est trop vaste pour être considérée comme unité de stockage. Elle ne permettrait pas une gestion efficace des données. Beaucoup de pistes de disques ont une capacité de stockage de 100000 octets, voire davantage, ce qui est beaucoup trop pour stocker de petits fichiers. Voilà pourquoi elles sont divisées en plusieurs sous-unités de stockage numérotées, appelées *secteurs*. Ces secteurs représentent des portions de piste.

Les divers types de disques durs et de disquettes donnent lieu à des découpages en secteurs différents selon la densité des pistes. Ainsi, les différents formats de disquettes peuvent employer des densités de 8 à 36 secteurs par piste, tandis que les disques durs utilisent une densité de stockage de données plus élevée pouvant aller jusqu'à 900 secteurs par piste, voire davantage. Les secteurs créés par la procédure de formatage standard d'un PC ont une capacité de 512 octets, constante tout au long de l'histoire du PC. Un phénomène intéressant dans l'histoire du PC est que pour assurer la compatibilité avec les anciens BIOS et pilotes, les lecteurs doivent effectuer une conversion interne pour disposer des 63 secteurs logiques par piste lorsqu'ils sont adressés en mode CHS (cylindre, tête, secteur).

Les secteurs de chaque piste sont numérotés à partir de 1, contrairement aux têtes et cylindres qui sont numérotés à partir de 0. Une disquette contient ainsi 80 cylindres, numérotés de 0 à 79, et deux têtes portant les numéros 0 et 1, tandis que chaque piste de chaque cylindre comporte 18 secteurs numérotés de 1 à 18.

Lorsqu'un disque dur est formaté, des zones supplémentaires ID sont créées pour permettre au contrôleur de gérer la numérotation des secteurs et d'identifier le début et la fin de chaque secteur. Ces zones précèdent et suivent la zone de données de chaque secteur, et correspondent à la différence existant entre la capacité d'un disque non formaté et sa capacité une fois formaté. Notez que la plupart des disques durs modernes sont vendus préformatés et que les données techniques annoncées par les fabricants correspondent à la capacité formatée. La capacité non formatée n'est, en général, plus indiquée. Autre développement intéressant : beaucoup de lecteurs modernes utilisent un formatage sans ID de secteur, c'est-à-dire que les secteurs sont enregistrés sans marque d'identification avant et après chaque secteur. Cela signifie qu'une plus grande partie du disque pourra être employée pour stocker des données.

Chaque secteur est défini par une *zone de préfixe*, qui détermine le début du secteur ainsi que son numéro, et par une *zone de suffixe*, qui contient un *total de contrôle* (qui a pour rôle de garantir l'intégrité des données stockées). Les disques récents font souvent l'impasse sur cet en-tête et utilisent ce que l'on appelle un enregistrement sans ID, permettant d'affecter plus d'espace aux données. Dans ce cas, le début et la fin de chaque secteur sont localisés *via* une fréquence d'horloge prédéfinie.

Chaque secteur contient également 512 bits de données. Les octets de données sont en principe placés à une valeur spécifique telle que F6h (hex) lors du formatage physique (*formatage de bas niveau*) du disque. Il est possible qu'un autre modèle de remplissage soit employé par le fabricant du lecteur. Certains modèles sont plus difficiles à coder/décoder pour l'électronique du lecteur, ils sont donc normalement utilisés par le fabricant lorsqu'il teste un lecteur durant la phase de formatage initiale. Un modèle de test spécial peut faire apparaître des erreurs en surface qu'un autre modèle ne montrerait pas. Ainsi, le fabricant peut identifier de façon plus précise les secteurs déficients durant le test.

Infos

Le type de formatage dont il est question ici est le formatage physique ou de bas niveau. Il ne s'agit nullement du formatage de haut niveau, celui que vous effectuez par exemple avec l'Explorateur de Windows ou le programme Format de MS-DOS. Nous reviendrons plus loin sur ces deux types de formatage.

Ces "en-têtes" de secteurs, intervalles intersecteurs et ainsi de suite sont indépendants du système d'exploitation, du système de fichiers ou des fichiers enregistrés sur le disque. En plus de ces éléments, on trouve des espaces dans les secteurs, entre les secteurs de chaque piste et également entre les pistes. Aucun de ces espaces n'est utilisable pour stocker des données. Ils sont créés au moment du formatage de bas niveau, quand l'enregistrement est momentanément désactivé. Ils ont un peu la même fonction que les blancs qui séparent deux chansons sur une cassette ou un CD. Le préfixe, le suffixe et ces espaces représentent l'espace perdu, lequel correspond à la différence entre la capacité d'un disque avant formatage et après. Ainsi, une disquette de 4 Mo (3 pouces 1/2) a-t-elle une capacité de 2,88 Mo une fois formatée, une disquette de 2 Mo une capacité après formatage de 1,44 Mo, et un ancien disque dur à 38 Mo une capacité de seulement 32 Mo après formatage. Les disques durs modernes ATA sont préformatés, si bien que les fabricants peuvent indiquer directement les capacités effectives de stockage, après formatage. Mais même avec ces disques durs modernes, presque tous les disques durs utilisent une partie de l'espace réservé pour gérer les données qu'ils sont capables de stocker.

Nous l'avons vu, chaque secteur de disque dur a une taille de 512 octets; ce n'est pourtant pas exact d'un point de vue technique. Chaque secteur permet effectivement de stocker 512 octets de données, mais la zone de données ne constitue qu'une portion du secteur. Chaque secteur de disque dur occupe en fait 571 octets sur le disque, dont 512 sont utilisables par l'utilisateur pour stocker des données. Le nombre réel d'octets requis pour le préfixe et pour le suffixe du secteur peut varier selon les disques durs, mais ces valeurs donnent une idée de la façon dont les secteurs sont constitués. Quelques disques modernes permettent aujourd'hui un enregistrement sans ID, qui ne nécessite plus le stockage d'une information sur le suffixe du secteur. Avec ce nouveau type d'enregistrement, presque tout l'espace d'une piste peut être occupé par des données.

Pour utiliser une image concrète, comparons chaque secteur à une page de livre. Dans un livre, chaque page contient du texte, mais toute la page n'est pas recouverte de texte : chacune comprend un bas et un haut de page, ainsi que des marges à gauche et à droite. Les informations telles que les titres de chapitre (numéros de cylindre et de piste) et les numéros de page (numéros de secteur) sont placées dans les marges. Les zones de "marges" du secteur sont délimitées et remplies durant la phase de formatage du disque. Le formatage remplit également la zone de données de chaque secteur à l'aide de données choisies de manière aléatoire. Une fois le formatage de haut niveau effectué, le système de fichiers du PC peut écrire dans cette zone de données. Les informations du préfixe et du suffixe de chaque secteur ne peuvent en revanche être modifiées que lors d'un nouveau formatage de bas niveau – et non en fonctionnement normal.

Le Tableau 7.2 présente la structure de formatage de chaque piste et de chaque secteur d'un disque dur type comprenant 17 secteurs par piste.

Tableau 7.2 : Structure de formatage d'un disque classique

Octets	Nom	Description
16	ESPACE D'APRES-INDEX	Tous 4Eh, au niveau de la piste commençant après la marque d'index
	Les données suivantes du secteur (en grisé dans le tableau) sont répétées autant de fois que la piste contient de secteurs.	
13	VERROUILLAGE DU VFO D'ID	Tous 00h ; synchronise le VFO en fonction de l'ID du secteur
1	OCTET DE SYNCHRONISATION	A1h ; signale l'arrivée de données au contrôleur
1	MARQUE D'ADRESSE	FEh ; signale l'arrivée des données du champ d'ID
2	NUMERO DE CYLINDRE	Valeur qui définit l'emplacement du positionneur
1	NUMERO DE TETE	Valeur qui définit la tête sélectionnée
1	NUMERO DE SECTEUR	Valeur qui définit le secteur
2	CRC	Contrôle de redondance cyclique destiné à vérifier les données d'ID
3	ESPACE D'ACTIVATION DU MODE D'ECRITURE	00h ; écrit lors du formatage pour isoler l'ID des données
13	VERROUILLAGE DE SYNCHRONISATION DU VFO AVEC L'ID	Tous 00h ; synchronise le VFO en fonction des données
1	OCTET DE SYNCHRONISATION	A1h ; signale l'arrivée de données au contrôleur
1	MARQUE D'ADRESSE	F8h ; signale l'arrivée d'un champ de données utilisateur

Tableau 7.2 : Structure de formatage d'un disque classique (*suite*)

Octets	Nom	Description
512	DONNEES	Zone utilisée pour les données utilisateur
2	CRC	Contrôle de redondance cyclique destiné à vérifier les données
3	ESPACE DE DESACTIVATION DU MODE D'ECRITURE	00h ; écrit lors de la mise à jour des données pour les isoler
15	ESPACE D'INTER-ENREGISTREMENT	Tous 00h ; zone tampon compensant les variations de vitesse de l'axe du moteur
693	ESPACE DE PRE-INDEX	Tous 4Eh ; à l'extrémité de piste située avant la marque d'index

Nombre total d'octets par secteur : 571.
Nombre total d'octets de données par secteur : 512.
Note : Les valeurs "XXh" indiquent que la zone est remplie avec des octets XXh.

À la lecture de ce tableau, il apparaît que l'espace utilisable sur chaque piste est inférieur d'environ 16 % à la capacité de stockage avant formatage. Cette différence de capacité peut varier selon le modèle de disque dur, mais elle est de cet ordre pour la plupart des modèles. Les paragraphes qui suivent décrivent en détail chaque élément de secteur listé au tableau précédent.

L'*espace d'après-index* assure un délai de déplacement de tête pour que des secteurs stockés en ordre séquentiel puissent être lus sans que le disque ait à effectuer une rotation supplémentaire lorsque la tête change de secteur. Comme le disque est en rotation constante et qu'il faut un peu de temps à la tête pour se déplacer latéralement entre les pistes, il n'est pas possible de lire des secteurs consécutifs sur deux pistes différentes l'un après l'autre. Le temps que la tête passe à la piste suivante, le début du second secteur est déjà passé. Le fait de laisser un espace entre les secteurs donne le temps aux têtes de passer d'une piste à l'autre.

Pour certains disques durs, ce laps de temps n'est pas suffisant ; il est alors possible de le prolonger en ajustant les secteurs sur différentes pistes de façon à retarder l'arrivée du premier secteur. En d'autres termes, le formatage de bas niveau décale la numérotation des secteurs de manière à éviter que deux secteurs aient le même numéro sur deux pistes adjacentes. Le secteur 9 sur une piste sera à côté du secteur 8 sur la piste adjacente, qui lui-même sera à côté du secteur 7, et ainsi de suite. La valeur de décalage optimale dépend du rapport entre la vitesse de rotation du disque et la vitesse de déplacement latéral des têtes.

Infos

À une certaine époque, la valeur de décalage était un paramètre que l'on pouvait modifier au cours du formatage de bas niveau. Aujourd'hui, les disques durs subissent un formatage de bas niveau en usine et les valeurs de décalage et d'entrelaçage optimales sont appliquées. Elles ne peuvent pas être modifiées.

Les données d'identification (ID) du secteur correspondent aux champs numéro de cylindre, de tête et de secteur ainsi qu'au champ CRC, qui vérifie les données d'ID. La plupart des contrôleurs utili-

sent le bit 7 du champ de numéro de tête pour marquer le secteur comme défectueux durant le formatage de bas niveau ou l'analyse de surface. Cette règle n'est toutefois pas absolue, et certains contrôleurs ont recours à d'autres méthodes pour signaler un secteur défectueux. Dans la plupart des cas, toutefois, le marquage se fait dans un des champs d'identification.

L'*espace d'activation du mode écriture* suit les octets de CRC du champ d'identification et constitue une sorte de zone tampon permettant de garantir l'intégrité de l'enregistrement de la zone de données utilisateur qui arrive après, et de récupérer intégralement le CRC d'ID.

Le champ de données utilisateur est constitué des 512 octets de données stockés dans le secteur. Il est suivi d'un champ CRC, qui vérifie ces données. Beaucoup de contrôleurs utilisent deux octets de contrôle de redondance cyclique à cet endroit, mais certains se servent d'un code de correction d'erreur (ECC) plus long, qui nécessite plus de 2 octets pour être stocké. Les données ECC stockées à cet endroit offrent la possibilité de corriger les données ainsi que de détecter les erreurs. Ces fonctions de correction/détection dépendent du code de correction d'erreur utilisé par le lecteur et de son implémentation par le contrôleur. L'*espace de désactivation du mode écriture* est une sorte de zone tampon qui permet de récupérer complètement les octets d'ECC (CRC).

L'*espace d'inter-enregistrement* permet de compenser les variations de vitesse de l'axe du moteur du lecteur. Il peut arriver qu'une piste ait été formatée à un moment où le lecteur tournait moins rapidement qu'à l'ordinaire et que les données enregistrées soient mises à jour alors que le lecteur tourne plus rapidement que d'habitude. Cet espacement empêche dans ce cas que des données du secteur suivant soient écrasées accidentellement. Dans la pratique, la taille de ce tampon varie selon la vitesse de rotation du lecteur lors du formatage et selon le moment où le champ de données est mis à jour.

L'*espace de pré-index* assure une marge de tolérance de vitesse de rotation pour l'ensemble de la piste. Sa taille varie en fonction des fluctuations de vitesse de rotation et de la tolérance de fréquence d'écriture employée lors du formatage.

Ces informations de préfixe de secteur sont extrêmement importantes, car elles contiennent les numéros définissant le cylindre, la tête et le secteur. Toutes ces informations, à l'exception de celles qui concernent le champ de données, les octets de CRC de données et le champ de désactivation du mode écriture, ne sont écrites que lors d'un formatage de bas niveau.

Formatage du disque

Il existe en principe deux types de formatages :

- le formatage physique ou *de bas niveau*;
- le formatage logique ou de *haut niveau.*

Lorsque vous formatez une disquette à l'aide de l'Explorateur de Windows ou de la commande FORMAT de DOS, cette commande effectue ces deux types de formatages simultanément. Si la disquette a déjà été formatée, DOS et Windows exécuteront un formatage de haut niveau.

Pour formater un disque dur, en revanche, vous devez effectuer une troisième manœuvre entre chaque formatage, durant laquelle les informations sur le partitionnement seront écrites sur le disque. En outre, tous les disques modernes passent par un formatage de bas niveau en usine. Vous devez partitionner le disque dur lorsque vous souhaitez l'utiliser avec plusieurs systèmes d'exploitation ou systèmes de fichiers. Par le partitionnement, qui crée plusieurs volumes sur le disque, vous pourrez utiliser plusieurs systèmes d'exploitation ou de fichiers sur un seul et même disque dur. Le partitionnement permet en effet à plusieurs types de systèmes d'exploitation d'employer le même disque dur, ou à un seul et même système d'exploitation d'utiliser ce disque sous forme de plusieurs volumes ou lecteurs logiques. Un *volume* ou *lecteur logique* est une section du disque à laquelle le système d'exploitation attribue une lettre.

Le formatage s'effectue en trois étapes :

1. Formatage de bas niveau (en usine).
2. Partitionnement.
3. Formatage de haut niveau.

Formatage de bas niveau

Durant le formatage de bas niveau, les pistes sont divisées en un nombre donné de secteurs. Le préfixe et le suffixe de chaque secteur sont enregistrés, de même que les écarts d'intersection et les écarts entre les pistes. Les octets de la zone de données de chaque secteur sont remplis avec une valeur d'octet factice ou un modèle de valeurs de test. Sur les disquettes, le nombre de secteurs enregistrés sur chaque piste dépend du type de disquette et de lecteur. Sur les disques durs, le nombre de secteurs par piste dépend du disque dur et de l'interface du contrôleur.

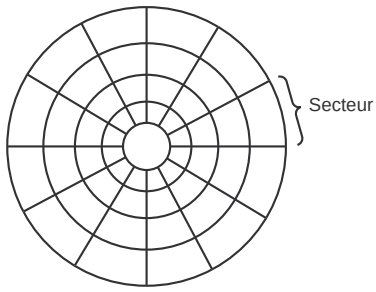
À l'origine, les lecteurs de disques durs de PC utilisaient un contrôleur séparé qui se présentait sous la forme d'une carte d'extension ou qui était intégré à la carte mère. Un contrôleur pouvait être employé avec différents lecteurs, et il a fallu mettre une touche d'uniformisation dans les communications entre contrôleur et lecteur. C'est pourquoi le nombre de secteurs écrits sur une piste se devait d'être homogène.

Le contrôleur original ST-506/412 MFM disposait toujours de 17 secteurs par piste sur un disque. Les contrôleurs ST-506/412 qui utilisent le système de codage RLL permettent de porter ce nombre à 25 ou 26. Les disques durs ESDI peuvent compter 32 secteurs par piste, voire davantage. Les disques durs IDE sont tout simplement des disques avec contrôleur intégré et, selon le type de ce contrôleur, le nombre de secteurs par piste peut varier de 17 à 2500, voire davantage, et le nombre de secteurs peut aussi varier sur les différentes pistes.

La quasi-totalité des disques durs IDE utilise une technique, l'*enregistrement par zone*, qui écrit un nombre variable de secteurs par piste. Sans cette technique, le nombre de secteurs et donc de bits par

pistes serait constant. Les pistes situées à la périphérie contiennent davantage de secteurs que celles qui sont placées à l'intérieur, car elles sont plus longues. La Figure 7.4 montre un disque enregistré avec le même nombre de secteurs par piste.

Figure 7.4
Enregistrement standard avec le même nombre de secteurs sur chaque piste.

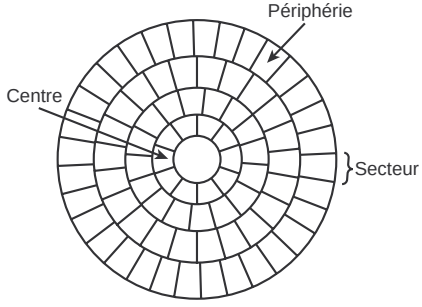


Les lecteurs qui n'utilisent pas l'enregistrement par zone stockent la même quantité de données sur chaque cylindre, bien que les cylindres extérieurs puissent être deux fois plus longs que les cylindres intérieurs. Il s'ensuit un gaspillage d'espace de stockage. Pour accroître la capacité d'un disque dur, il est possible de formater davantage de secteurs sur les cylindres situés près du bord extérieur que sur les cylindres posés à l'intérieur. Les cylindres extérieurs ayant une circonférence plus importante, ils peuvent contenir davantage de données. Sur les anciens disques durs, le nombre de secteurs par piste était malheureusement fixe, et la capacité des lecteurs était limitée par la capacité de densité de la piste située le plus à l'intérieur (la plus courte).

L'enregistrement par zone découpe les cylindres en groupes, appelés *zones*, le nombre de secteurs des pistes successives étant de plus en plus important au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre pour se rapprocher de la périphérie. Tous les cylindres d'une zone donnée comptent le même nombre de secteurs par piste, et le nombre de zones varie selon le type de disque, mais la plupart des disques comprennent au moins 10 zones.

La Figure 7.5 montre un disque enregistré avec des zones.

Figure 7.5
Avec l'enregistrement par zones, le nombre de secteurs des pistes successives est de plus en plus important à mesure que l'on s'éloigne du centre.



L'enregistrement par zone permet aussi d'accroître de manière plus ou moins sensible la vitesse de transfert selon l'emplacement de la tête, puisque le disque dur comporte davantage de secteurs à la périphérie et que sa vitesse de rotation demeure identique.

Le Tableau 7.3 montre les zones définies sur un disque IBM Travelstar 32GH de 2,5 pouces utilisé dans les portables, le nombre de pistes par zone et le taux de transfert des données.

Tableau 7.3 : Informations d'enregistrement par zone pour un disque dur IBM Travelstar 32GH de 2,5 pouces et 32 Go de capacité

Zone	Secteurs par piste	Taux de transfert de données (Mo/s)	Octets par piste	Secteurs par zone
0	617	28,49	315904	835418
1	598	27,60	306005	809241
2	578	26,70	296107	783063
3	559	25,81	286208	756886
4	540	24,92	276309	730709
5	520	24,03	266411	704531
6	501	23,13	256512	678354
7	482	22,24	246613	652177
8	462	21,35	236715	625999
9	443	20,46	226816	599822
10	424	19,56	216917	573645
11	404	18,67	207019	547467
12	385	17,78	197120	521290
13	366	16,88	187221	495113
14	346	15,99	177323	468935
15	327	15,10	167424	442758

21664 pistes au total ; 16 zones ; 1354 pistes par zone ; 512 octets par secteur ; 5411 tr/mn ; 10225408 secteurs au total par face.

Ce lecteur dispose d'un total de 21664 pistes à la surface de chaque plateau, à raison de 16 zones de 1354 pistes. Les zones n'ont pas forcément toutes la même taille. Tout est fonction de l'organisation du disque. La zone 0 est la plus extérieure, c'est elle qui compte les 1354 pistes les plus extérieures, les plus longues et celles qui contiennent le plus de secteurs. Comme chaque secteur contient 512 octets, chaque piste dans cette zone offre 315904 octets à l'usage des données utilisateur ; les pistes à 327 secteurs de la zone 15 n'offrent que 167424 octets.

Avec l'enregistrement par zone, chaque face de plateau de ce lecteur contient 10225408 secteurs pour une capacité de stockage de 5235 Mo par face. Dans l'enregistrement par zone, le nombre de pistes de chaque face de plateau serait limité à 327 pour un total de 7084128 secteurs, soit 3627 Mo de données utilisateur. L'enregistrement par zone permet ainsi un accroissement de 44 % de la capacité de stockage.

Notez également les écarts de taux de transfert entre les zones. Les pistes de la zone externe (zone 0) ont un taux de transfert de données de 28,49 Mo/s, soit 89 % de plus que la zone interne (zone 15). C'est l'une des raisons pour lesquelles vous constaterez des différences considérables dans les résultats des programmes de test (benchmark). Un test qui lit et écrit des données sur les pistes extérieures fera apparaître des résultats bien meilleurs que le même test portant sur les pistes intérieures.

Un autre point à noter est que ce lecteur est conforme à la spécification ATA-5 et qu'il est capable de fonctionner en mode Ultra-ATA/66 (appelé également UDMA-66), ce qui implique une vitesse de transfert de 66 Mo/s. Comme vous le voyez, tout ceci est entièrement théorique car la véritable vitesse de transfert de ce lecteur varie de 15 Mo/s à 28 Mo/s, avec une moyenne générale de l'ordre de 21,8 Mo/s. Le taux de transfert de l'interface est simplement ce que l'interface est capable de supporter.

Les disques durs pourvus d'un contrôleur séparé ne pouvaient pas utiliser l'enregistrement par zone, car il n'y avait aucun moyen de communication standard permettant au disque dur de transmettre au contrôleur les informations relatives aux zones.

Avec l'apparition des disques IDE, il est devenu possible de formater chaque piste avec des numéros de secteurs différents puisque ces disques ont un contrôleur intégré qui leur permet de connaître parfaitement les différents types de zones employées. Le contrôleur intégré doit ensuite convertir les numéros de cylindres, de têtes et de secteurs physiques en nombres de cylindres, de têtes et de secteurs logiques pour que le disque donne l'impression d'avoir le même nombre de secteurs par piste sur toute sa surface. Le BIOS du PC ne peut en effet traiter qu'un seul nombre de secteurs spécifiques par piste pour l'ensemble du disque dur, et les disques durs qui utilisent l'enregistrement par zone doivent être placés sous le contrôle de ce mode de conversion de secteurs.

L'enregistrement par zone a permis aux fabricants d'accroître la capacité des disques durs de 20 à 50 % par rapport au mode d'enregistrement qui repose sur un nombre de secteurs par piste fixe. Presque tous les lecteurs IDE et SCSI pratiquent aujourd'hui l'enregistrement par zone.

Partitionnement

Le partitionnement permet de diviser le disque dur en plusieurs zones appelées *partitions*, pouvant chacune contenir son propre système d'exploitation.

Chaque système de fichiers peut ensuite mettre en œuvre sa propre méthode pour allouer l'espace par des unités logiques appelées *unités d'allocation*. Chaque disque dur doit avoir au minimum une partition, ce nombre pouvant aller jusqu'à quatre partitions au maximum.

Les systèmes d'exploitation actuels utilisent trois types de systèmes de fichiers :

- **FAT** (*File Allocation Table*, table d'allocation de fichiers). Ce système de fichiers standard est employé par DOS et Windows 9x/Me. Les segments de la FAT acceptent des noms de fichiers pouvant comprendre jusqu'à 11 caractères (8 caractères pour le nom, plus 3 pour l'extension) sous DOS, 255 caractères sous Windows 9x et les versions ultérieures. Avec ce système de fichiers FAT, des nombres à 12 ou 16 bits sont utilisés pour identifier les unités d'allocation. Il en résulte une taille maximale de volume de 2 Go.

  Avec FDISK, vous pouvez créer seulement deux partitions FAT physiques sur un disque dur – une partition primaire et une partition étendue –, mais vous pouvez diviser la partition étendue pour obtenir jusqu'à 25 volumes logiques. D'autres programmes de partitionnement tels que Partition Magic peuvent créer jusqu'à 4 partitions principales ou 3 principales et une partition étendue.

- **FAT32 (FAT 32 bits).** Il s'agit là d'un système de fichiers optionnel utilisé par la version OSR2 de Windows 95 (version OEM Service 2) et ultérieures. Sous le système FAT32, les unités d'allocation de fichiers sont stockées sous forme de nombres de 32 bits. La taille d'un volume peut alors atteindre 2 To (2048 Go).

- **NTFS** (*Windows NT File System*, système de fichiers Windows NT). Ce système de fichiers est comparable à celui d'UNIX et n'est accessible que sous Windows NT et versions ultérieures. Il permet (théoriquement) des partitions de 16 hexaoctets (1 hexaoctet = 2^{64} octets = 17179869184 téraoctets). La longueur des noms de fichier peut atteindre 256 caractères. NTFS offre des attributs étendus et des fonctions de sécurité du système de fichiers qui n'existent pas dans le système de fichiers FAT.

Jusqu'à la sortie de Windows XP, FAT32 était de loin le système de fichiers le plus populaire. Mais, étant donné que NTFS est le système natif d'XP et de Vista (également obligatoire pour les volumes de démarrage Vista), il prend le pas dans les nouveaux systèmes, même si le système FAT reste accessible dans la quasi-totalité des systèmes d'exploitation et assure la compatibilité des disques externes dans les environnements de systèmes d'exploitation mixtes. FAT32 et NTFS disposent de fonctions complémentaires mais ne sont pas accessibles à tous les systèmes d'exploitation.

Le partitionnement s'effectue en employant le programme FDISK qui est contenu dans votre système d'exploitation. Il permet de déterminer la quantité d'espace dont vous souhaitez vous servir pour une partition. Il est en général recommandé d'avoir aussi peu de partitions que possible, et de nombreuses personnes n'en utilisent qu'une, voire deux. La chose était plus difficile avant l'arrivée du système de fichiers FAT32, car la taille maximale des partitions avec le système FAT16 était de 2 Go. Avec le système FAT32, la taille maximale d'une partition est de 2048 Go.

FDISK ne peut pas être employé pour modifier la taille d'une partition. Le fait de supprimer ou de créer une partition empêche l'accès à toutes les données stockées sur cette partition ou sur le disque concerné, qui sont en fait détruites. Pour manipuler les partitions sans détruire les données, vous devrez faire appel à un utilitaire externe, par exemple Partition Magic, de Symantec, ou Partition Commander, de V-Communications.

Une fois qu'un lecteur est partitionné, chaque partition doit être formatée logiquement par le système d'exploitation qui va l'exploiter.

Formatage de haut niveau

Durant le formatage de haut niveau, le système d'exploitation écrit les structures nécessaires pour gérer les fichiers et les données sur le disque. Ainsi, les partitions du système de fichiers FAT comptent un secteur amorce de volume (VBS pour *Volume Boot Sector*), une table d'allocation de fichiers (FAT), ainsi qu'un répertoire racine pour chaque lecteur logique formaté. Ces structures de données permettent au système d'exploitation de gérer l'espace du disque et de cartographier l'emplacement des fichiers. Il peut même gérer les zones défectueuses pour qu'elles ne provoquent pas de problèmes.

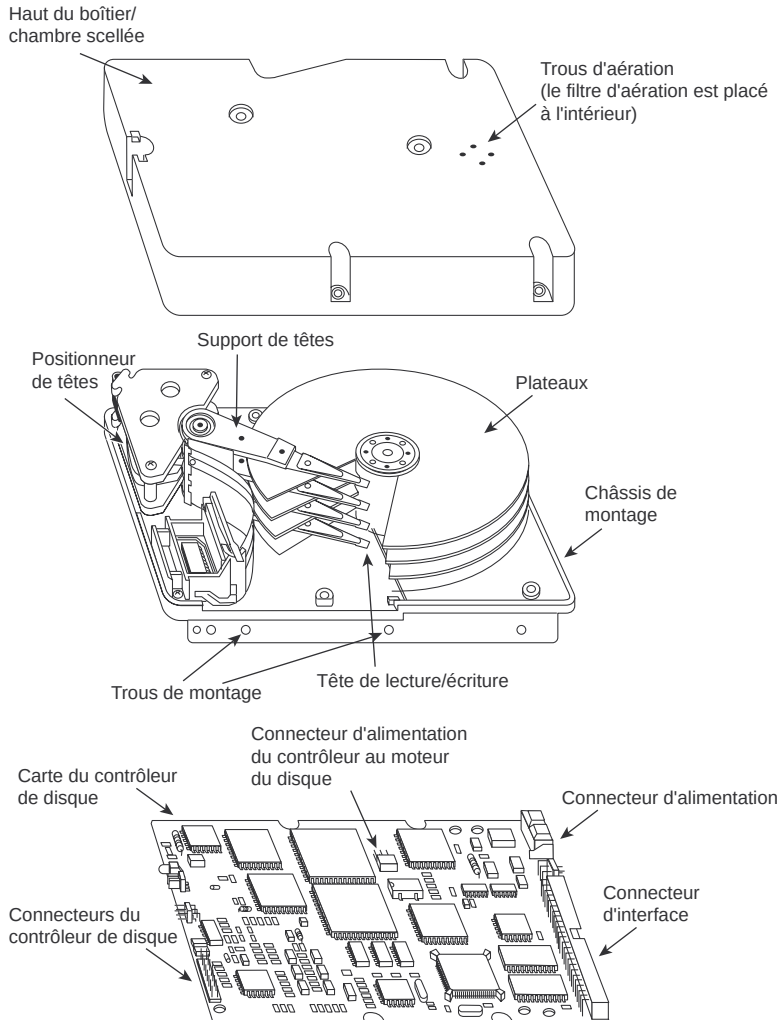
Le formatage de haut niveau n'est pas un véritable formatage. Il correspond à la création d'une table des matières du disque. Lors d'un formatage de bas niveau, qui correspond au mode de formatage réel, les pistes et les secteurs sont écrits sur le disque. Nous l'avons vu, la commande `FORMAT` de DOS peut effectuer tant un formatage de bas niveau qu'un formatage de haut niveau lorsqu'elle s'applique à une disquette, mais elle ne permet de faire qu'un formatage de haut niveau sur un disque dur. Le véritable formatage de bas niveau des disques durs ATA est réalisé par le constructeur, il n'est absolument pas du ressort de l'utilisateur final. La plupart des fabricants mettent à disposition des programmes d'initialisation, les remplaçants modernes des programmes de formatage de bas niveau. Même si les programmes d'initialisation ne recréent pas techniquement les marques du secteur, ils réécrivent la partie de données de tous les secteurs et gèrent les défauts, notamment la capacité à réaffecter des secteurs de rechange pour remplacer des secteurs défectueux. Généralement, le seul moment où vous exécutez un programme d'initialisation, c'est lorsque vous tentez de réparer un formatage endommagé (des parties du disque sont illisibles) ou que vous voulez effacer toutes les données du disque.

Composants de base du disque dur

Il existe aujourd'hui un grand nombre de modèles de disques durs, pour la plupart conçus selon le même principe. Leurs composants peuvent certes être agencés différemment (et être de qualité différente), mais le principe de fonctionnement de la plupart des disques n'en demeure pas moins identique. Un disque dur classique (voir Figure 7.6) est constitué des composants suivants :

- plateaux ;
- têtes de lecture/écriture ;
- positionneur de têtes ;
- moteur rotatif ;
- carte logique ;
- câbles et connecteurs ;
- éléments de configuration (cavaliers ou interrupteurs).

Figure 7.6
Composants d'un disque dur.



Les plateaux, le moteur rotatif, les têtes et le positionneur de têtes sont généralement logés dans une chambre appelée "module d'assemblage des têtes" (HDA, *Head Disk Assembly*). Ce module, considéré comme un composant unique, est rarement ouvert. Les autres composants externes associés au module d'assemblage des têtes – les cartes logiques, le cache frontal et les autres éléments de configuration ou de montage – peuvent être dissociés du disque.

Plateaux

Un disque dur classique est constitué d'un ou de plusieurs plateaux circulaires. Il y a eu des disques durs de facteurs d'encombrement différents selon les époques. La forme physique d'un disque dur

est en principe exprimée par la taille de ses plateaux. Le Tableau 7.4 répertorie les tailles les plus courantes employées par les disques durs actuels.

Tableau 7.4 : Facteurs de forme des disques durs et tailles réelles des plateaux

Facteur de forme	Diamètre de plateau (mm)	Diamètre de plateau (pouces)	Année de sortie
5,25"	130	5,12	1980
3,5"	95	3,74	1983
2,5"	65	2,56	1988
1,8"	48	1,89	1991
1"	34	1,33	1999
0,85"	21,5	0,85	2004

Il existe des modèles plus grands de disques durs (de 8 et 14 pouces, et même de taille supérieure), mais ils ne fonctionnent pas, en principe, sur des PC. Les disques de 3 pouces 1/2 sont les plus fréquents sur la plupart des ordinateurs de bureau et sur certains portables, tandis que ceux de 2,5 pouces sont plus courants sur les portables.

La plupart des disques durs sont composés de deux ou plusieurs plateaux ; les plus petits n'en possèdent toutefois qu'un. Le nombre de plateaux qu'un disque peut contenir est limité par sa hauteur. Il n'existe guère à l'heure actuelle de disques durs de 3 pouces 1/2 contenant plus de 12 plateaux. En moyenne, les disques ont 6 plateaux.

Ces plateaux étaient au départ fabriqués en alliage d'aluminium pour des raisons de robustesse et de légèreté. Les fabricants voulant produire des disques durs de plus en plus petits et de densité de plus en plus élevée, nombre de plateaux sont aujourd'hui réalisés en verre (ou, plus techniquement, en composite de céramique de verre). Ce type de matériau, appelé MemCor, est produit par le fabricant de verre Dow Corning. Le MemCor est composé de verre et d'implants céramiques qui lui permettent de mieux résister aux fissures. Les plateaux en verre offrent une plus grande rigidité qui permet de réduire leur taille de moitié ou même davantage par rapport aux disques d'aluminium, lors de l'usinage. Ils sont également plus stables au niveau thermique, ce qui signifie que les fluctuations de dimensions (contraction ou dilatation) sont limitées. Quasiment tous les disques modernes utilisent des plateaux de ce type.

Support d'enregistrement

Quelle que soit leur matière, les plateaux sont tous recouverts d'une fine couche qui permet de stocker des informations magnétiques. Trois types de couches magnétiques sont utilisés :

- la couche à oxyde ;

- la couche à film mince;
- la couche AFC (*AntiFerromagnetically Coupled*, couplage antiferromagnétique).

Couche à oxyde

La *couche à oxyde* a plusieurs composés, notamment de l'oxyde de fer, qui fait office de matériau actif. Une couche magnétique est créée sur le disque en étalant sur chaque plateau d'aluminium une sorte de sirop contenant des particules d'oxyde de fer. Ce sirop est répandu sur tous les plateaux du disque alors que ceux-ci tournent à haute vitesse. La force centrifuge force le sirop à s'étaler du centre vers la périphérie des plateaux, et ce en une couche uniforme. Cette couche est séchée et nettoyée, puis recouverte d'une autre couche d'un matériau protecteur et lubrifiant qui est légèrement brunie. La couche à oxyde a en principe une épaisseur de 0,12 µm. Si un plateau recouvert d'une couche à oxyde était transparent, vous verriez que cette couche est brune ou de couleur ambre.

Plus la densité augmente, plus la couche doit être fine, et mieux elle doit être formée. Toutefois, les disques durs à haute capacité excèdent les possibilités de cette couche, qui est très fragile et risque de provoquer des pannes si le disque subit des chocs alors qu'il fonctionne. La plupart des anciens modèles de disques durs, notamment les modèles bas de gamme, sont équipés de plateaux recouverts d'une couche à oxyde. Ce matériau, utilisé depuis 1955, a eu son heure de gloire du fait de son coût relativement faible et de sa simplicité d'emploi. Il n'est plus beaucoup employé aujourd'hui.

Support à film mince

Le *support à film mince* est une couche plus fine encore, plus dure et plus homogène que la couche à oxyde. La technologie du film mince a été mise au point en réponse aux besoins d'une couche d'enregistrement de haute performance dont les têtes présentent une hauteur de flottement moins élevée et permettent d'accroître la densité totale.

Beaucoup plus fine que les couches permises par la technique par oxyde, cette couche à film mince est également appelée *couche plaquée* ou *couche projetée*, d'après les procédés utilisés pour la disposer sur les plateaux.

La *couche à film mince plaquée* est déposée sur le disque à l'aide d'un mécanisme d'électroplacage semblable à celui qui permet de déposer du chrome sur les pare-chocs d'une voiture. Le disque d'aluminium est ensuite immergé dans divers bains chimiques pour être recouvert de plusieurs couches de film métallique. Ce métal est un alliage à base de cobalt d'une épaisseur d'environ 0,075 µm (0,075 millionième de mètre).

Pour ce qui concerne la *couche à film mince projetée*, on recouvre d'abord les plateaux d'une couche de phosphore nickelé, puis on projette l'alliage de cobalt par dépression d'air. Durant cette opération, des couches de particules magnétiques d'une épaisseur de 0,025 à 0,05 µm se déposent sur le disque, de la même manière que les tranches de silicium sont recouvertes de films métalliques dans l'industrie des semi-conducteurs. Cette technique de projection est répétée une seconde fois pour qu'une couche de carbone de protection extrêmement dure d'une épaisseur de 0,025 µm se dépose sur le disque. La nécessité de disposer d'une dépression d'air d'une régularité presque absolue fait de cette opération la plus coûteuse des techniques présentées dans ce chapitre.

La finesse du film déposé permet à la tête de flotter à une distance plus réduite de la surface du disque qu'il n'avait été possible jusque-là (0,075 µm). Lorsque la tête est plus proche du plateau, la densité des transitions de flux magnétiques peut être accrue pour augmenter la capacité de stockage du disque. En outre, l'augmentation de l'intensité du champ magnétique pendant la lecture à distance rapprochée permet de générer des amplitudes de signaux plus élevées et de garantir un rapport signal-bruit satisfaisant.

La technique de placage et celle de projection permettent toutes deux de déposer une couche très fine et très dure sur les plateaux. Cette solidité assure au disque dur une durée de vie plus élevée, même en cas de contact avec les têtes à haute vitesse. Ce type de couche est en fait quasi inaltérable, contrairement aux couches d'oxyde. Si vous pouviez ouvrir un disque dur et en observer les plateaux, vous verriez qu'ils se présentent comme la face argentée d'un miroir.

Couche AFC

La plus récente avancée en matière de support est appelée la couche AFC (*AntiFerromagnetically Coupled*, couplage antiferromagnétique). Cette technique est conçue pour dépasser les limites de densité actuelles. Chaque augmentation de densité suppose un amincissement de la couche magnétique des plateaux. La densité surfacique (nombre de pistes par pouce, multiplié par le nombre de bits par pouce) a augmenté au point d'entraîner une taille si petite des grains de la couche magnétique utilisés pour stocker les données que ces grains en deviennent instables au fil du temps, remettant en cause la fiabilité du stockage des données. On appelle cette frontière la "limite superparamagnétique" et on estimait au départ qu'elle se situerait entre 4,65 Go/cm^2 et 7,75 Go/cm^2. Toutefois, à mesure que la technologie a progressé, cette limite a été sans cesse repoussée, pour parvenir à des lecteurs qui dépassent aujourd'hui généralement les 15,5 Go/cm∑. Des lecteurs à 31 Go/cm∑ devraient être possibles à l'avenir, puisque de nouvelles technologies sont en cours de préparation.

La couche AFC consiste en deux couches magnétiques séparées par un film extrêmement fin de trois atomes d'épaisseur de ruthénium. IBM utilise l'appellation "*pixie dust*" (poussière de fée) pour faire référence à cette couche très mince de ruthénium. Ce "sandwich" produit un couplage antiferromagnétique au-dessus et au-dessous des couches magnétiques, grâce auquel l'épaisseur magnétique effective de la structure dans son ensemble revient à la différence entre les couches magnétiques du dessus et celles du dessous. Cela permet l'emploi de couches magnétiques physiquement plus épaisses, avec des grains plus gros et donc plus stables, simulant une couche unique beaucoup plus mince.

IBM a introduit le support AFC, en commençant par la série Travelstar 30GN, en 2 pouces 1/2, introduite pour les portables en 2001. Ces lecteurs ont été les premiers à employer cette nouvelle technologie. IBM a ensuite produit le revêtement AFC dans ses lecteurs 3 pouces 1/2 pour les ordinateurs de bureau, en commençant par le Deskstar 120 GXP, suivi par la grande majorité des constructeurs. L'emploi de la couche AFC a permis une extension notable de la densité surfacique,

jusqu'à 15 Go/cm^2 et au-delà. Lorsqu'elle est associée à l'enregistrement magnétique perpendiculaire (PMR), ses densités peuvent doubler. À noter aussi que, puisqu'il s'agit d'une forme de support à film mince, si l'on retire le boîtier de protection des plateaux, on peut constater que le support AFC ressemble à un miroir.

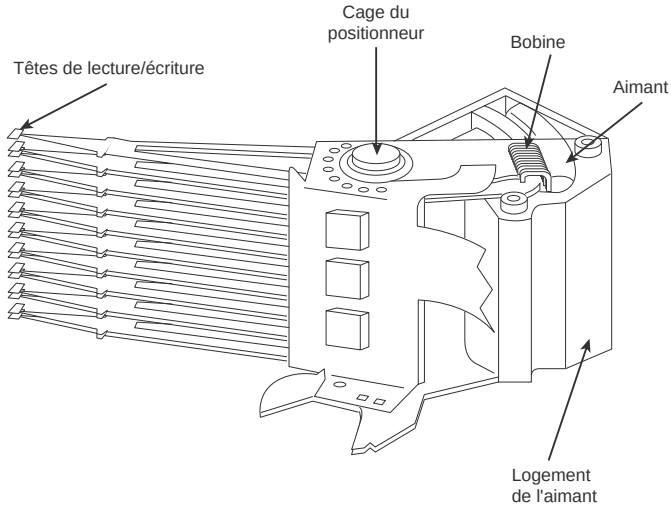
Têtes de lecture/écriture

Le disque dur compte en principe une tête de lecture/écriture par face de plateau, et toutes ces têtes sont connectées au même mécanisme de déplacement. Elles se déplacent simultanément.

Le fonctionnement mécanique d'une tête de lecture/écriture est très simple. Chaque tête est fixée à un bras de support soumis à la pression d'un ressort qui l'oblige à s'appuyer contre un plateau. Les utilisateurs ne réalisent généralement pas que chaque plateau est soumis à la pression des deux têtes qui prennent appui de part et d'autre de ce plateau. Si vous pouviez ouvrir un disque dur sans risquer de l'endommager et soulever la tête supérieure avec vos doigts, vous verriez que cette tête se recollerait au plateau dès que vous la relâcheriez. De même, si vous appuyiez sur une tête située sous un plateau, vous verriez que la pression exercée par le ressort la contraindrait à remonter pour se coller au plateau dès que vous la relâcheriez.

La Figure 7.7 montre un positionneur de têtes de lecture à bobine rotatif.

Figure 7.7
Têtes de lecture/écriture et positionneur à bobine rotatif.



Lorsque le disque est au repos, les têtes sont contraintes par les ressorts tendus à entrer en contact direct avec les plateaux ; lorsque le disque tourne à pleine vitesse, il se crée une dépression sous ces têtes, lesquelles s'élèvent à une distance pouvant varier de 0,075 à 0,6 µm (millionième de mètre).

Au début des années soixante, les têtes enregistreuses des disques durs évoluaient à une distance de flottement pouvant atteindre 5 à 7,5 µm. Aujourd'hui, elles sont conçues pour évoluer à une hauteur

de 0,07 à 0,12 µm au-dessus de la surface du disque, et cette distance sera certainement bientôt réduite à 0,012 µm pour permettre d'atteindre des densités supérieures.

Attention

C'est précisément parce que la distance de flottement est très réduite que le module d'assemblage des têtes de disque ne doit être démonté que dans une pièce exempte de poussière. La moindre particule de poussière ou de saleté risque d'empêcher les têtes de lire correctement et peut même rayer les plateaux lorsque le disque tourne à pleine vitesse, auquel cas le plateau ou la tête risquent d'être détruits.

Pour assurer une absence absolue de poussière ou de particule dans le lecteur, le module HDA est obligatoirement assemblé dans une pièce qui répond à la spécification de classe 100, voire plus. Cette spécification stipule qu'un mètre cube d'air ne peut contenir plus de 100 particules, et que ces particules doivent être inférieures à 0,5 µm. Sachez qu'un seul individu immobile, par sa respiration, dégage 500 de ces particules en une minute ! Ces pièces spéciales sont dotées de systèmes de filtration d'air qui évacuent en permanence et rafraîchissent l'air. N'ouvrez jamais un module d'assemblage de têtes en dehors d'un local de ce type.

Si la maintenance d'une pièce répondant à cette spécification peut sembler onéreuse, il existe d'autres solutions. Par exemple, le caisson à gants : l'opérateur introduit le lecteur et tout l'outillage requis dans le caisson, puis il le ferme et met en route le système de filtration. Dans le caisson, l'environnement de propreté absolue est maintenu en permanence, et le technicien utilise les gants intégrés au caisson pour travailler sur le lecteur.

Dans d'autres cas, l'opérateur travaille à un emplacement précis d'une pièce, où la propreté est assurée par un coussin d'air. C'est un peu comme certains locaux dont les portes sont ouvertes en permanence en hiver, et dont un coussin d'air placé devant les ouvertures empêche les déperditions de chaleur.

Il revient extrêmement cher de créer un environnement de travail absolument propre, ce qui explique qu'il existe très peu d'établissements, à l'exception des usines de disques durs, qui acceptent d'effectuer la réparation d'un disque dur.

Types de têtes de lecture/écriture

De même que les procédés utilisés pour fabriquer des disques durs ont évolué, les techniques employées pour fabriquer les têtes de lecture/écriture ont changé au fil du temps. Les premières têtes étaient formées d'un noyau de ferrite entouré d'une bobine, constituant ainsi des électroaimants. Comparées aux têtes actuelles, ces têtes de lecture/écriture étaient volumineuses et ne pouvaient traiter que des densités d'enregistrement très faibles. Plusieurs types de têtes dérivés de la tête à noyau de ferrite sont ensuite apparus. Nous en sommes à l'heure actuelle à la tête à résistance magnétique et à la tête à résistance magnétique géante.

Positionneurs de têtes

Le positionneur de têtes joue un rôle tout aussi important que les têtes elles-mêmes : il déplace en effet ces têtes sur le disque et les positionne avec une grande précision sur le cylindre désiré. Il existe une grande quantité de positionneurs de têtes, mais on peut les classer en deux catégories principales :

- les positionneurs à moteur pas à pas ;
- les positionneurs à bobine.

Le choix de l'un ou l'autre type de positionneur a une incidence importante sur les performances et la fiabilité du disque, qui ne se limite pas à la vitesse. Il affecte également sa précision, sa sensibilité à la température, sa position, les vibrations qu'il émet et sa fiabilité générale. Les disques à positionneur à moteur pas à pas sont généralement beaucoup moins fiables (et de loin) que les disques à positionneur à bobine. Le type de positionneur est le paramètre le plus important à prendre en considération pour évaluer la qualité d'un disque. Il est révélateur de ses performances et de sa fiabilité. Le Tableau 7.5 présente les deux types de positionneurs de têtes utilisés sur les disques durs et leurs performances.

Tableau 7.5 : Caractéristiques des mécanismes à moteur pas à pas et à bobine

Caractéristique	Positionneur à moteur pas à pas	Positionneur à bobine
Vitesse d'accès relative	Lente	Rapide
Sensibilité à la température	Oui (extrême)	Non
Sensibilité au positionnement	Oui	Non
Parcage automatique des têtes	Rare	Oui
Entretien préventif	Formatages périodiques	Aucun
Fiabilité relative	Faible	Excellente

Les lecteurs à moteur pas à pas étaient couramment utilisés dans les disques durs construits au cours des années quatre-vingt et au début des années quatre-vingt-dix, avec des capacités de 100 Mo ou moins. Tous les lecteurs d'une capacité supérieure font appel à des positionneurs à bobine.

Les lecteurs de disquettes utilisent un positionneur à moteur pas à pas. La précision de ce positionneur est adaptée aux lecteurs de disquettes, car la densité des pistes de celles-ci n'est en rien comparable à celle des disques durs. La densité des pistes sur une disquette 1,44 Mo est de 135 pistes par pouce, alors que celle d'un disque dur avoisine les 5000 pistes par pouce. Tous les disques fabriqués actuellement se servent d'un positionneur à bobine, les positionneurs pas à pas n'offrant pas une précision suffisante.

Positionneurs à moteur pas à pas

Un moteur pas à pas est un moteur électrique qui évolue de position en position, par détentes mécaniques ou crans de positionnement. Si vous pouviez faire tourner l'axe d'un de ces moteurs à la

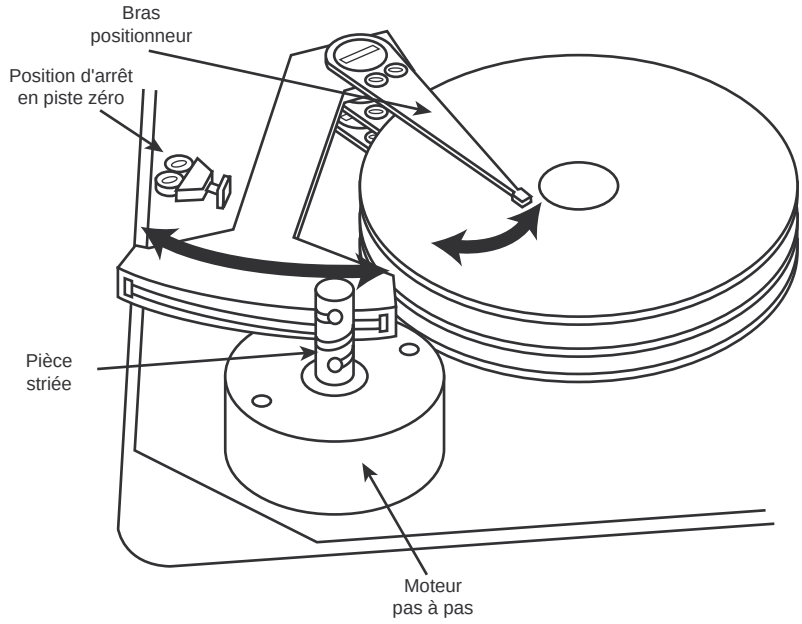
main, vous entendriez des clics ou des bruits sourds chaque fois que le moteur passe sur une position de détente. Ce bruit est semblable aux clics perceptibles sur certains boutons de volume de chaînes stéréo qui utilisent un mécanisme à détente et non un potentiomètre à gradation ou purement linéaire.

Le moteur pas à pas ne peut s'arrêter que sur les positions de détente prédéterminées, et non entre deux positions. Il est de dimension réduite (de 2,5 à 8 cm) et peut être de forme parallélépipédique, cylindrique ou plat. Il est situé à l'extérieur du module d'assemblage des têtes de disque scellé, et seul son axe pénètre dans le module en passant par un trou. Généralement situé dans l'un des coins du disque dur, il est facile à repérer.

Les positionneurs à moteur pas à pas sont sujets à un certain nombre de problèmes dont les plus graves sont d'origine thermique. Lorsque les plateaux chauffent ou se refroidissent, ils se dilatent ou se rétractent, et les pistes se déplacent par rapport à leur place prédéterminée. Or, ce positionneur à moteur pas à pas ne permet pas au moteur de se déplacer par incrément de moins d'une piste, et le moteur ne peut pas corriger ces erreurs d'origine thermique. Le disque positionne les têtes sur un cylindre donné en fonction d'un nombre prédéterminé de crans que le moteur doit passer sans intégrer la moindre marge de réajustement.

La Figure 7.8 montre la structure d'un positionneur à moteur pas à pas dans laquelle une pièce métallique striée est utilisée pour transférer le mouvement du moteur au positionneur.

Figure 7.8
Positionneur à moteur pas à pas.



Positionneurs à bobine

Le principe du positionneur à bobine est étendu à pratiquement tous les disques produits aujourd'hui. Contrairement au moteur "aveugle" du positionneur à moteur pas à pas, le positionneur à bobine utilise un signal de contrôle généré par le disque dur pour déterminer avec précision la position des têtes et l'ajuster si nécessaire. Ce système permet de gagner en performance, en précision, en fiabilité et en efficacité par rapport au positionneur à moteur pas à pas.

Le positionneur à bobine fonctionne par force électromagnétique. Sa conception est inspirée de celle d'un haut-parleur (lequel a aussi une bobine). Un haut-parleur se sert d'un aimant stationnaire entouré par une bobine reliée à la membrane du cône. Lorsqu'elle est alimentée, la bobine se déplace par rapport à l'aimant stationnaire, ce qui provoque un son diffusé par la membrane. Sur un disque dur à activation des têtes à bobine classique, la bobine électromagnétique est fixée à l'extrémité du support de têtes. La bobine et l'aimant ne se touchent pas. Lorsqu'elle est alimentée, la bobine électromagnétique attire ou repousse l'aimant magnétique et fait se déplacer le support. Ce système est extrêmement rapide et efficace. Il est aussi généralement plus silencieux que les positionneurs à moteur pas à pas.

Contrairement au positionneur à moteur pas à pas, le positionneur à bobine ne comporte ni crans ni positions de détente. Le support de têtes peut ainsi se déplacer aisément jusqu'à n'importe quelle position, comme la coulisse d'un trombone. Ce mécanisme utilise un type de guide particulier, un *servomécanisme*, qui lui indique où les têtes sont positionnées par rapport aux cylindres et à quel endroit précis les placer. Ce type de positionnement est souvent appelé *mécanisme servocontrôlé à boucle fermée*. Le terme "boucle fermée" indique que le signal d'index est envoyé au circuit électronique de positionnement par le biais d'un circuit en boucle fermée. Cette boucle est parfois appelée *boucle de rétrocontrôle*, car les informations qu'elle génère permettent de contrôler très précisément la position des têtes. Le terme "servocontrôlé" fait référence à l'index ou aux informations du servomécanisme utilisés pour ordonner ou contrôler ce positionnement avec précision.

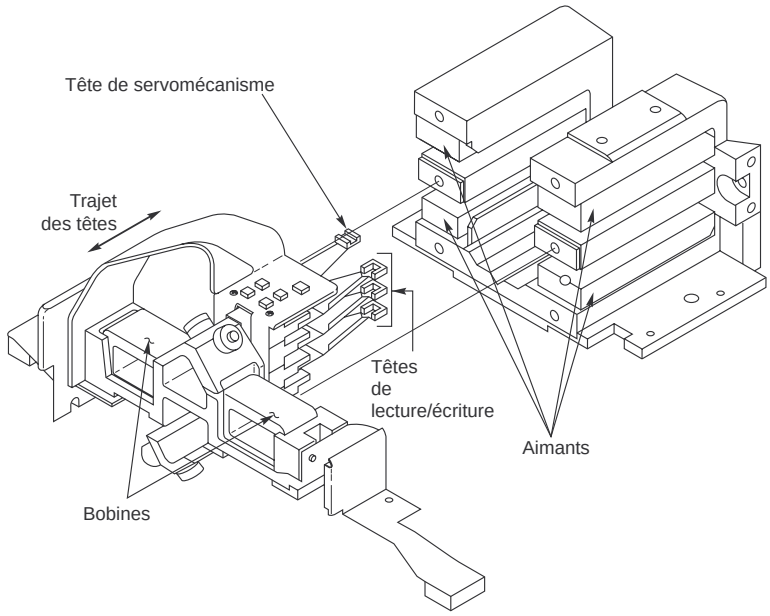
Ce positionneur servocommandé n'est pas affecté par les variations de température, contrairement au positionneur à moteur pas à pas. Lorsque la température est faible et que les plateaux se rétractent (ou lorsque la température est élevée et qu'ils se dilatent), le positionneur à bobine tient automatiquement compte de ces phénomènes physiques : en effet, il ne place pas les têtes par rapport à des positions de pistes prédéterminées, mais il cherche chaque piste à l'aide d'informations écrites dans l'index du servomécanisme, ce qui lui permet de positionner avec précision les têtes au-dessus de la piste désirée, à la place réelle de la piste, quelle que soit la température. Grâce au rétrocontrôle permanent, les têtes s'ajustent tout le temps au nouvel emplacement des pistes. Ainsi, lorsque le disque chauffe et que les plateaux se dilatent, les informations de l'index du servomécanisme permettent aux têtes de suivre les pistes.

Il existe deux types de positionneurs de têtes à bobine :

- les positionneurs à bobine linéaires ;
- les positionneurs à bobine rotatifs.

Ces deux types de positionneurs à bobine ne se distinguent que par la disposition physique de leurs aimants et de leurs bobines.

Figure 7.9
Positionneur à bobine linéaire.



Le *positionneur linéaire* (voir Figure 7.9) déplace les têtes au-dessus des plateaux suivant un axe en forme de ligne. Lorsque la bobine se déplace dans un sens et dans l'autre sur une piste, elle est entourée par les aimants stationnaires. Le principal avantage de cette conception linéaire est qu'elle élimine les variations d'azimut des têtes, qui se produisent avec la conception rotative (l'*azimut* est la valeur de l'angle tracé par la tête par rapport à la tangente d'un cylindre). En effet, le mécanisme linéaire ne fait pas pivoter la tête au fur et à mesure qu'il se déplace de cylindre en cylindre, ce qui permet d'éliminer ce problème.

Malgré son attrait, le positionneur linéaire présente un inconvénient de taille : il est beaucoup trop lourd. Au fur et à mesure que les performances des disques se sont accrues, il est devenu de plus en plus important de disposer de mécanismes légers. Plus le mécanisme est léger, plus il accélère et décélère rapidement de cylindre en cylindre. À cause de leur poids beaucoup plus élevé que celui des positionneurs rotatifs, les positionneurs linéaires n'ont connu qu'un bref succès. Ils sont pratiquement impossibles à trouver dans les lecteurs fabriqués aujourd'hui.

Positionneurs à bobine rotatifs

Le positionneur rotatif utilise aussi des aimants et une bobine mobile, mais celle-ci est fixée à l'extrémité d'un des bras du positionneur, de la même manière que le bras de lecture d'un tourne-

disque. Lorsque la bobine est contrainte de se déplacer par rapport à l'aimant magnétique, elle fait pivoter les bras de support des têtes de part et d'autre des plateaux. Le principal avantage de ce mécanisme est sa légèreté, qui permet une accélération et une décélération rapides des têtes, et qui offre des temps de déplacement très courts. L'effet de levier exercé sur les bras de support des têtes contribue également à accroître le temps d'accès (voir Figure 7.7).

L'inconvénient du mécanisme rotatif est que lorsque les têtes se déplacent des cylindres du centre vers ceux de la périphérie, ils pivotent légèrement par rapport à la tangente de ces cylindres, ce qui provoque une erreur d'azimut. C'est une des raisons pour lesquelles la zone d'un plateau propre à recevoir des cylindres est quelque peu limitée. En restreignant la rotation totale du positionneur, les fabricants ont trouvé un moyen de maintenir l'erreur dans un intervalle acceptable. La plupart des disques durs fabriqués actuellement sont équipés d'un positionneur à bobine rotatif.

Parcage automatique des têtes

Lorsqu'un disque dur de conception CSS (*Contact Start Stop*) est mis hors tension, la tension des ressorts de chaque bras de support de tête plaque les têtes contre les plateaux. Un disque dur est conçu pour résister à des milliers de décollages et d'atterrissages, mais il est plus prudent de s'assurer que l'endroit des plateaux où les têtes se posent ne contient pas de données. Avec les anciens disques durs, il fallait parquer manuellement les têtes. Il fallait aussi utiliser un programme qui permettait de les positionner sur une zone d'atterrissage, généralement dans le cylindre le plus au centre, avant d'éteindre le système. Les lecteurs modernes parquent automatiquement les têtes et il n'est plus nécessaire d'employer ce genre de programme.

Les décollages et les atterrissages ont un effet abrasif, et ils arrachent chaque fois une partie infime de la couche magnétique. Et si le disque est bousculé pendant le décollage ou l'atterrissage, il risque d'être fortement endommagé. Les disques récents utilisant la conception par chargement/déchargement intègrent une rampe positionnée à l'extérieur de la surface des plateaux pour éviter tout contact entre les têtes et ces plateaux, même lorsque le lecteur est hors tension. Ces lecteurs positionnent automatiquement les têtes sur la rampe au moment de la mise hors tension du disque.

Le positionneur de têtes à bobine a l'avantage d'offrir une fonction de *parcage automatique des têtes*. Sur les disques équipés de ce mécanisme, les têtes sont positionnées et maintenues en place par un champ magnétique. Quand le système est alimenté, la force magnétique du positionneur annule l'effet du ressort. Lorsque le disque dur est mis hors tension, le champ magnétique qui maintenait les têtes en place au-dessus d'un cylindre particulier se dissipe et laisse le support des têtes flotter au-dessus du disque en le frôlant, ce qui risque de l'endommager. Sur un disque dur de ce type, le support des têtes est relié à un petit ressort d'un côté et à un mécanisme d'arrêt de l'autre. Quand le système est mis hors tension, le ressort fait coulisser lentement le support des têtes jusqu'à ce qu'il soit en position de verrouillage avant que le disque ralentisse et fasse descendre les têtes. Sur de nombreux disques durs, ce parcage des têtes guidé par le ressort se manifeste par un cliquetis.

Si vous possédez un disque à positionneur de tête à bobine, il vous suffit d'éteindre l'ordinateur pour que les têtes se mettent en position de parcage. Vous n'avez pas à lancer de programme particulier pour que les têtes décollent ou se posent; en cas de panne d'électricité, les têtes se positionneront

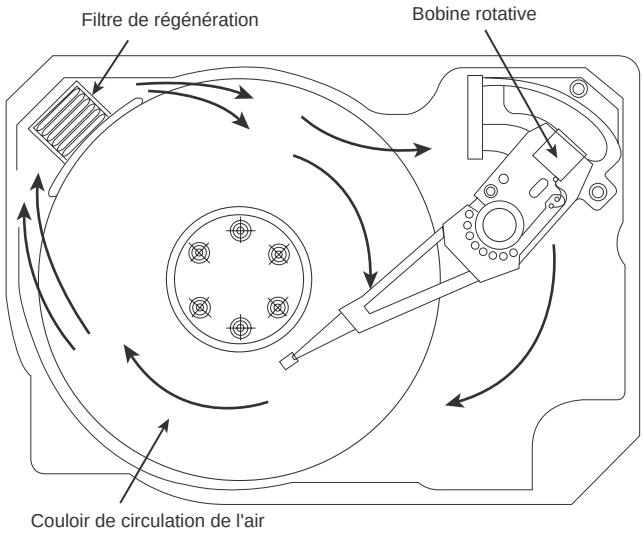
automatiquement (de même qu'elles décolleront automatiquement lorsque l'ordinateur sera de nouveau sous tension).

Filtres à air

La grande majorité des disques durs possède deux filtres à air : le *filtre de régénération* et le *filtre barométrique*, ou *filtre d'aération*. Ces filtres sont fixés à demeure à l'intérieur du disque et sont conçus pour durer aussi longtemps que lui, même s'il faut les changer régulièrement sur certains disques d'anciens modèles de gros ordinateurs.

Les disques durs de PC ne font pas circuler l'air de l'intérieur du module d'assemblage des têtes vers l'extérieur, ou *vice versa*. Le filtre de régénération fixé à demeure à l'intérieur du module d'assemblage des têtes est conçu pour filtrer seulement les particules de couche magnétique arrachées au décollage et lors du parcage des têtes (ainsi que toutes les particules susceptibles de se détacher à l'intérieur du disque). Les disques durs étant scellés et ne faisant pas circuler d'air en provenance de l'extérieur, ils peuvent fonctionner dans un environnement poussiéreux (voir Figure 7.10).

Figure 7.10
Circulation de l'air à l'intérieur d'un disque dur.



Le module d'assemblage des têtes est scellé, mais il n'est pas pour autant étanche à l'air. Il comprend un orifice pourvu d'un filtre barométrique ou d'aération qui permet un équilibrage de pression entre l'intérieur et l'extérieur du disque. C'est pour cette raison que les fabricants mentionnent sur leurs disques une altitude d'utilisation comprise entre –3 et +30 km par rapport au niveau de la mer. Certains disques ne peuvent pas être employés au-delà de 21 km d'altitude, car la pression de l'air à l'intérieur du disque serait trop basse pour que les têtes puissent flotter correctement. Lorsque la

pression de l'air varie, il se produit un échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur du disque afin que la pression soit identique des deux côtés. Même si de l'air rentre et sort du disque, son fonctionnement ne risque pas d'être perturbé par l'entrée de saletés, car le filtre barométrique situé sur l'orifice d'échange d'air est conçu pour arrêter les particules de diamètre supérieur à 0,3 µm et respecter les spécifications de propreté applicables à l'intérieur du disque. Les orifices d'échange d'air sont visibles sur la plupart des disques durs ; le filtre est généralement fixé à l'intérieur du module. Certains disques utilisent des éléments de filtration encore plus fins, conçus pour stopper des particules d'un diamètre inférieur.

Acclimatation thermique du disque dur

Pour permettre à la pression de s'équilibrer, les disques durs ont un orifice protégé par un filtre, au travers duquel l'air peut entrer et sortir du module d'assemblage des têtes. L'orifice d'échange d'air, qui permet de maintenir un équilibre entre la pression de l'intérieur du disque et la pression extérieure, laisse aussi entrer de l'humidité ; le taux d'humidité de l'intérieur du disque finit ainsi par égaler celui de l'air ambiant. Cette humidité peut être source de problèmes, surtout s'il y a de la condensation à l'intérieur du disque lorsqu'il est mis sous tension. La plupart des fabricants de disques durs indiquent la procédure à suivre pour acclimater leurs disques à une nouvelle température ou à un nouveau taux d'humidité, en particulier lorsque la température est plus élevée et qu'il y a un risque de condensation. La condensation est un phénomène auquel vous devez être particulièrement attentif si vous possédez un ordinateur portable équipé d'un disque dur. Si vous laissez le portable dans le coffre de votre voiture en hiver, par exemple, et que vous le rentriez chez vous, il sera extrêmement dangereux pour le disque dur de le mettre immédiatement sous tension sans lui laisser le temps de s'acclimater à la température ambiante.

Le texte et le Tableau 7.6 qui suivent correspondent à la traduction des consignes que Control Data Corporation (anciennement Imprimis et Seagate) fait figurer sur les emballages destinés à l'expédition de ses disques durs :

Si la température de l'environnement de stockage de cette unité était inférieure ou égale à 10 °C avant que vous la receviez ou que vous la déplaciez, n'ouvrez pas ce conteneur avant que les conditions ci-après soient réunies, sous peine de provoquer de la condensation susceptible d'endommager l'appareil et/ou la couche d'enregistrement. Entreposez ce conteneur dans un milieu correspondant aux conditions normales d'utilisation pendant la durée indiquée dans le tableau suivant.

Tableau 7.6 : Durée d'acclimatation du disque dur

Température ambiante avant déplacement	Durée d'acclimatation
+4 °C	13 h
–1 °C	15 h
–7 °C	16 h

Tableau 7.6 : Durée d'acclimatation du disque dur (*suite*)

Température ambiante avant déplacement	Durée d'acclimatation
–12 °C	17 h
–18 °C	18 h
–23 °C	20 h
–29 °C	22 h
–34 °C ou moins	27 h

Comme vous pouvez le constater, lorsque la température de stockage d'un disque dur est inférieure à la normale, il est impératif, avant de vous en servir, de le placer dans un milieu correspondant aux conditions d'utilisation normales pendant une durée déterminée qui lui permettra de s'acclimater.

Moteur axial

Le moteur qui fait tourner les plateaux est qualifié d'*axial*, car il est relié directement à l'axe de ces plateaux. Les moteurs des disques durs sont toujours reliés directement, sans pignons ni courroies. Ils ne doivent générer ni bruit ni vibrations sous peine de transmettre aux plateaux un bruit de fond qui risquerait de perturber les opérations de lecture et d'écriture.

La vitesse du moteur axial doit être contrôlée très précisément. Les plateaux du disque dur tournent à une vitesse de 3600 à 15000 tr/mn, voire davantage, et le moteur est équipé d'un circuit de contrôle pourvu d'une boucle de rétrocontrôle permettant d'ajuster sa vitesse avec précision. Ce contrôle de vitesse devant être automatique, les disques durs ne comportent pas de potentiomètre de vitesse. Certains programmes de diagnostic prétendent mesurer la vitesse de rotation des disques durs ; en fait, ils se bornent à l'estimer sur la base du temps nécessaire aux secteurs pour arriver.

La vitesse de rotation du disque ne peut être mesurée qu'à l'aide d'un appareillage de test complexe, en aucun cas à l'aide d'un programme. Ne vous inquiétez pas si un programme de diagnostic vous indique que la vitesse de rotation de votre disque dur est incorrecte ; il est probable que l'anomalie provienne du programme, et non du disque dur. L'interface de contrôleur de celui-ci ne fournit pas d'informations sur la vitesse de rotation des plateaux, ni sur les intervalles de temps séparant les différentes opérations. Avant, certains logiciels parvenaient à estimer la vitesse de rotation en effectuant plusieurs recherches de secteurs en mode lecture et en chronométrant le temps nécessaire pour chacune d'elles, mais cette estimation supposait que tous les disques durs avaient le même nombre de secteurs par piste et tournaient à la même vitesse. L'enregistrement par zones, les différences de vitesse de rotation entre les disques durs modernes et l'utilisation de mémoire intégrée et de mémoire cache intégrée sont autant d'éléments qui font que ce type d'estimation ne peut en aucun cas être précise.

Sur la plupart des disques durs, le moteur axial est situé au bas du disque, juste en dessous du module d'assemblage des têtes. Dans la majorité des disques récents, il est toutefois intégré au moyeu des plateaux, à l'intérieur du module. Ce moteur de moyeu permet en effet aux fabricants de superposer davantage de plateaux à l'intérieur du disque dur, puisqu'il occupe moins d'espace verticalement.

Infos

Les moteurs axiaux peuvent consommer une quantité importante de courant électrique +12 V. La plupart des disques nécessitent une intensité deux à trois fois supérieure à la normale lorsque le moteur fait tourner les plateaux pour la première fois. Cette consommation importante ne dure que quelques secondes – jusqu'à ce que les plateaux atteignent leur vitesse de fonctionnement. Si vous possédez plusieurs disques durs, essayez de faire en sorte qu'ils démarrent les uns après les autres de manière que l'alimentation ne soit pas soumise tout d'un coup à une charge trop importante. La plupart des moteurs axiaux de disques durs SCSI et IDE diffèrent automatiquement leur démarrage.

Roulements hydro-dynamiques

Traditionnellement, les moteurs axiaux ont utilisé des roulements à billes, mais les limitations de performances de ces éléments ont amené les constructeurs de disques durs à chercher d'autres solutions. Le principal inconvénient des roulements à billes est qu'ils présentent un jeu latéral de l'ordre d'un millionième de pouce. Cela peut sembler ridiculement faible, mais ce jeu est suffisant pour poser problème avec les densités de plus en plus élevées des disques modernes. À cause de ce jeu, les plateaux sont en mesure de bouger latéralement, les pistes oscillant ainsi sous les têtes. De plus, ce jeu, associé au contact métal sur métal des roulements à billes, occasionne un bruit mécanique excessif et des vibrations de plus en plus élevées à mesure que la vitesse de rotation augmente.

La solution est un nouveau type de moteur à roulements dits "hydro-dynamiques". Ce moteur utilise de l'huile au lieu des traditionnels roulements à billes en métal. L'huile améliore le rendu du moteur en atténuant les vibrations et le frottement, et en réduisant le jeu latéral à 0,01 millionième de pouce, ce qui a pour conséquence directe d'améliorer les performances. Les roulements hydro-dynamiques offrent aussi une meilleure résistance aux chocs, un meilleur contrôle de la vitesse et un bruit réduit. Les premiers disques sur le marché à relever de cette technologie étaient des disques avancés, principalement ceux conçus pour présenter de très hautes vitesses de rotation, des densités surfaciques élevées et un faible niveau sonore. Au cours des dernières années, les roulements hydro-dynamiques sont devenus le standard des futurs disques durs.

Cartes logiques

Tous les lecteurs, et notamment les disques durs, ont au moins une carte logique. Ces cartes contiennent les circuits électroniques qui commandent l'axe du moteur et le positionneur de têtes et présentent les données au contrôleur sous une forme conventionnelle. Sur les lecteurs IDE, ces cartes incluent le contrôleur lui-même alors que celle des lecteurs SCSI comprend le contrôleur et l'adaptateur de bus SCSI.

Nombre de pannes surviennent au niveau de la carte logique, et pas de la partie mécanique (aussi paradoxal que cela puisse paraître). Il est souvent possible de remédier à la panne en changeant la carte logique et non le lecteur entier. En ne remplaçant que celle-ci, vous pourrez de surcroît récupé-

rer les données du disque, ce qui est impossible si vous remplacez le disque. Malheureusement, aucun des constructeurs de lecteurs ne vend ses cartes logiques séparément. La seule façon d'obtenir une carte logique de remplacement est d'acheter un lecteur identique en état de marche et d'en récupérer la carte. Bien sûr, il n'est pas intéressant d'acheter un nouveau disque complet uniquement pour réparer votre disque, excepté si la récupération des données le justifie.

Il arrive fréquemment que les sociétés proposant la récupération de données pillent de nouveaux disques pour en réparer d'anciens. Elles conservent en stock un grand nombre de lecteurs largement répandus et en utilisent les pièces détachées pour récupérer les données des disques en panne que leur confient leurs clients.

En général, les cartes logiques sont faciles à remplacer, et un bon tournevis suffit pour réaliser l'opération. Le remplacement de la carte logique consiste simplement à retirer quelques vis, à débrancher puis à rebrancher un câble ou deux, et à remettre les vis.

Câbles et connecteurs

La plupart des disques durs comptent plusieurs connecteurs qui permettent de brancher des interfaces, d'alimenter le disque et parfois même de relier le disque à la masse que constitue le boîtier. Ces connecteurs comprennent :

- un connecteur d'interface (au minimum);
- un connecteur d'alimentation;
- un connecteur de mise à la masse facultatif (patte).

Les *connecteurs d'interface* sont les plus importants puisque ce sont eux qui véhiculent les données et les signaux de commandes en provenance et à destination du disque dur. Sur de nombreuses interfaces de disques durs, le câble utilise une configuration de connexion de type bus. La plupart des interfaces peuvent recevoir au moins deux disques durs. Certaines interfaces, tels les modèles ST-506/412 et ESDI, se servent d'un câble différent pour les données et pour les signaux de commandes, mais les disques durs SCSI, ATA et ATA série ne se servent en général que d'un seul et même connecteur.

L'alimentation est fournie par le connecteur d'alimentation à quatre broches dont sont dotées toutes les alimentations de PC. La plupart des disques durs utilisent une tension de +5 V et une tension de +12 V, à l'exception de certains disques de petit modèle qui équipent généralement des portables et n'emploient qu'une tension de +5 V. La tension de +12 V alimente habituellement le moteur axial et le positionneur de têtes, celle de +5 V alimente les circuits électroniques. Assurez-vous que votre alimentation peut délivrer l'intensité nécessaire.

✔ Voir la section "ATA parallèle ", p. 401.

La consommation d'un disque dur en courant de +12 V dépend en général de sa taille physique. Plus il est volumineux, plus il y a de plateaux à faire tourner et plus la consommation est importante.

Cette consommation est également fonction de la vitesse de rotation des plateaux. Ainsi, la plupart des disques de 3 pouces 1/2 actuellement disponibles ont besoin de la moitié, voire du quart de la consommation (en watts) des disques de 5 pouces 1/4. Certains disques très petits (de 2,5 ou 1,8 pouce) ont à peine besoin d'électricité et consomment 1 W, et même moins.

La *patte de mise à la masse* permet d'établir une mise à la masse positive entre le disque dur et le boîtier de l'ordinateur. Sur la plupart des ordinateurs, cette connexion est inutile puisque le disque dur est fixé directement sur le boîtier à l'aide de vis métalliques. En revanche, sur d'autres ordinateurs, il est fixé sur des rails en plastique ou en fibre de verre qui n'assurent pas de mise à la masse. L'ordinateur doit donc être équipé d'un fil de mise à la masse relié à une extrémité au boîtier et branché à l'autre extrémité sur cette patte. S'il n'est pas relié à la masse, le disque risque de ne pas fonctionner correctement, de tomber en panne de manière intermittente ou de refuser de lire et d'écrire.

Éléments de configuration

Pour configurer un disque dur en vue d'une utilisation sur un ordinateur, vous devrez le plus souvent mettre en place ou déplacer plusieurs cavaliers (parfois aussi des résistances terminales). Ces éléments varient selon le type d'interface prise en charge par le disque dur, mais peuvent aussi différer d'un lecteur à l'autre.

✔ Voir le Chapitre 10, page 635.

Caractéristiques des disques durs

Pour faire le bon choix lorsque vous achetez un disque dur, ou pour comprendre les différences qu'il y a entre les marques, vous devez prendre en compte un certain nombre de critères :

- la capacité;
- les performances;
- la fiabilité;
- le coût.

Capacité

Nous l'évoquions précédemment, un corollaire de la célèbre "loi de Parkinson" est applicable aux disques durs : "les données s'étendent de telle sorte qu'elles occupent *in fine* l'espace mis à disposition pour leur stockage". Quelle que soit la taille de votre disque dur, vous trouverez forcément un moyen de le remplir.

Si vous parvenez aux limites de l'espace de stockage de votre disque, vous vous poserez la question suivante : "De combien d'espace de stockage ai-je besoin?" Étant donné que cet espace a en général tendance à être plutôt trop restreint que trop vaste, vous irez au plus haut et achèterez le disque offrant la capacité maximale, tout en restant dans les limites de votre budget. Les systèmes modernes ont l'habitude de stocker des types de fichiers extrêmement gourmands : photos numériques, fichiers de musique, vidéos, systèmes d'exploitation plus récents, applications, jeux, etc. Les photos, le son

et les fichiers vidéo peuvent occuper une grande part du stockage, mobilisant facilement des centaines de gigaoctets, voire des téra-octets. Et même si la plupart des disques actuels peuvent contenir des centaines de gigaoctets, beaucoup conservent leurs informations en plusieurs exemplaires.

Le fait d'arriver aux limites de l'espace de stockage pose des problèmes nombreux et variés, principalement parce que Windows, ainsi que bon nombre des applications récentes, utilise un vaste espace du disque pour le stockage de fichiers temporaires et pour la mémoire virtuelle. Lorsque Windows manque d'espace, le système devient instable, et les blocages et pertes de données sont inévitables.

Limitations de capacité

La taille maximale du disque que vous avez la possibilité d'utiliser dépend en partie de l'interface, des pilotes, du système d'exploitation ainsi que du système de fichiers choisi.

Lors de la création d'ATA en 1986, la limitation de capacité maximale était de 137 Go (65 536 × 16 × 255 secteurs). Les problèmes de BIOS limitaient la capacité pour les systèmes antérieurs à 1998 à 8,4 Go, et à 528 Mo pour ceux d'avant 1994. Même après résolution des problèmes inhérents au BIOS, la limite des 137 Go subsistait toujours. Par chance, elle a récemment été brisée par la spécification ATA-6 établie en 2001. ATA-6 étend le système d'adressage utilisé par ATA et permet d'obtenir des lecteurs d'une capacité de 144 Po (petaoctets), soit 2^{48} secteurs. La porte est ainsi ouverte pour des lecteurs de plus de 137 Go.

Limitations du BIOS

Si votre lecteur actuel a une capacité de 8 Go ou moins, il se peut que votre système ne soit pas en mesure de gérer des lecteurs plus gros sans une mise à jour du BIOS. En effet, beaucoup de systèmes anciens (d'avant 1998) ne savent pas piloter des lecteurs de plus de 8,4 Go, et certains (ceux d'avant 2002) souffrent d'autres limitations, par exemple la barrière des 137 Go. La plupart des lecteurs ATA sont accompagnés d'une disquette de configuration contenant un substitut de BIOS logiciel, tel que Disk Manager, d'Ontrack, ou EZ Drive, de Phoenix Technologies (Phoenix a racheté le créateur d'EZ Drive, StorageSoft, en janvier 2002). Mais nous déconseillons l'emploi de ces remplaçants de BIOS. EZ Drive, Disk Manager et d'autres versions OEM (Drive Guide, MAXBlast, Data Lifeguard, etc.) peuvent poser des problèmes si vous avez besoin de démarrer à partir d'une disquette ou d'un CD-ROM ou que vous deviez réparer les secteurs principaux de démarrage (MBR, *Master Boot Record*) utilisés par ces produits.

Si le BIOS ROM de votre carte mère date d'avant 1998 et qu'il est limité à 8,4 Go, ou s'il date d'avant 2002 avec une limite à 137 Go, et que vous envisagiez d'installer un disque de plus grande capacité, il est conseillé de contacter au préalable le constructeur de votre carte mère (ou de votre système) pour obtenir une mise à jour. Théoriquement, toutes les cartes mères incorporent une ROM Flash permettant des mises à jour faciles à l'aide d'un utilitaire.

Si votre BIOS de carte mère ne peut être mis à jour par le constructeur du système ou de la carte mère, vous bénéficierez d'une prise en charge BIOS intégrale pour des lecteurs de plus de 137 Go en installant les cartes ATA Pro, de Micro Firmware, ou LBA Pro, d'Unicore. Ces cartes prennent place dans un connecteur ISA et contiennent une ROM Flash qui ajoute des fonctionnalités et prend en charge le BIOS pour vos adaptateurs hôtes ATA existants. Ces cartes sont exclusivement des ROM, elles ne contiennent aucune interface ATA sur la carte. Vos lecteurs restent connectés à vos anciens adaptateurs hôtes ATA (en principe intégrés à la carte mère).

S'il vous faut des connexions d'interface ATA ou SATA plus rapides, vous pouvez également utiliser des cartes d'extension basées sur PCI proposées par des sociétés telles que Promise Technologies (**www.promise.com**). Elles prennent en charge des lecteurs d'une capacité allant jusqu'à 137 Go, voire plus, dépassant donc la limite imposée par la spécification ATA-5 et les standards plus anciens.

Les lecteurs USB externes et FireWire ne souffrent pas de ces problèmes de capacité; en effet, même les versions les plus anciennes du standard SCSI savent gérer des lecteurs d'une capacité allant jusqu'à 2,2 To. Le BIOS de la carte mère n'est pas problématique, car les lecteurs SCSI ne relèvent pas de lui, ils sont pris en charge par le BIOS intégré à l'adaptateur SCSI.

SCSI a été conçu dès le départ avec moins de limitations qu'ATA, ce qui explique l'emploi de SCSI dans les serveurs de fichiers, les stations de travail et autres systèmes informatiques à hautes performances. Bien que le standard SCSI soit antérieur à ATA, ses concepteurs avaient prévu dès le départ l'adressage de périphériques d'une capacité de 2,2 To, soit 2^{32} secteurs. Plus récemment, en 2001, le jeu de commandes SCSI a été actualisé pour accepter les lecteurs d'une capacité maximale de 9,4 Zo, soit 2^{64} secteurs. Étant donné que SCSI a été conçu initialement avec moins de limitations et pour offrir plus de performances, les constructeurs ont toujours d'abord mis sur le marché leurs disques de plus grande capacité en version SCSI. Avec la démocratisation d'ATA série toutefois, le fossé se comble rapidement.

En raison des modifications apportées en 2001 aussi bien pour ATA que pour SCSI, il se passera de nombreuses années avant que les limitations de capacité ne posent problème à l'une ou l'autre des interfaces.

Limitations du système d'exploitation

Les systèmes d'exploitation récents ne connaissent heureusement aucun problème avec les disques à grande capacité. Toutefois, les versions plus anciennes risquent d'être soumises à des limitations lorsqu'il est question d'employer des disques de grande capacité.

Le DOS ne reconnaît généralement pas les lecteurs de plus de 8,4 Go, car on accède à ces lecteurs *via* LBA, et les versions de DOS 6.x et antérieures ne savent utiliser que l'adressage CHS.

Windows 95 connaît une limite de capacité pour les disques durs à 32 Go, et il n'y a aucun moyen de la contourner si ce n'est de passer à Windows 98 ou un système plus récent. De plus, les versions actualisées de Windows 95 (95 OSR 1 ou 95a) imposent des limitations supplémentaires en ce qu'elles n'acceptent que le système de fichiers FAT16, avec une taille maximale de partition de 2 Go. Ainsi, si vous avez un lecteur de 30 Go, vous serez obligé de le diviser en 15 partitions de

2 Go chacune. Chaque partition apparaîtra avec sa propre initiale de lecteur (lecteur C à lecteur Q), ce qui est loin d'être évident à gérer. Windows 95B et 95C gèrent le système de fichiers FAT 32 qui accepte, lui, des partitions d'une taille maximale de 2 To. Notez qu'en raison de limitations internes, aucune version de FDISK ne sait créer des partitions de plus de 512 Mo.

Windows 98 prend en charge des disques de grande capacité, mais un bogue dans le programme FDISK livré avec Windows 98 réduit la capacité rapportée du lecteur à 64 Go pour les disques dépassant cette capacité. La solution est d'implanter une version mise à jour de FDISK, qui peut être téléchargée depuis le site de Microsoft. Un autre bogue est apparu dans la commande FORMAT de Windows 98 : si vous exécutez FORMAT depuis l'invite de commande d'une partition de plus de 64 Go, la taille n'est pas rapportée correctement, bien que la partition complète soit formatée.

Performances

Pour choisir un disque dur, vous devez tenir compte de sa rapidité. Le marché propose en effet des disques aux performances très variables. Le prix du disque dur est l'un des meilleurs critères d'évaluation de ses performances et de sa rapidité. Cette rapidité peut cependant aussi s'évaluer à partir des critères suivants :

- le taux de transfert;
- le temps de recherche moyen.

Taux de transfert

Le *taux de transfert* est vraisemblablement le critère le plus important pour évaluer les performances d'un disque dur, mais c'est aussi le critère le plus mal cerné. Le problème est qu'il existe plusieurs taux de transfert et que le plus important de tous est souvent négligé.

La confusion vient du fait que les constructeurs font état de pas moins de 7 taux de transfert différents pour le même lecteur. Celui qui présente le moins d'intérêt, mais qui remporte malheureusement tous les suffrages des utilisateurs, est le taux de transfert de l'interface, qui est de 100 ou 133 Mo/s pour les disques PATA ou 155 ou 300 Mo/s pour les disques ATA série. Les utilisateurs ont souvent le sentiment que ces lecteurs ont des vitesses en lecture et en écriture bien inférieures. Les autres spécifications de taux de transfert, beaucoup plus importants, sont les taux de transfert média, qui expriment la vitesse de lecture et d'écriture des données. Ces taux de transfert sont définis comme un maximum et un minimum bruts ainsi qu'un maximum et un minimum formatés. Rares sont ceux qui font état de taux moyens, mais ces derniers sont faciles à calculer.

Le taux de transfert média est beaucoup plus important que le taux de transfert de l'interface; c'est lui qui représente véritablement la vitesse à laquelle les données sont lues ou écrites sur le disque dur ou les plateaux (les médias). Il s'agit d'un taux maximal que tout transfert est susceptible d'atteindre. Ce taux est en principe rapporté sous forme d'une valeur minimale et d'une valeur maximale, bien que certains constructeurs se limitent à spécifier la valeur maximale.

Les constructeurs de disques rapportent le plus souvent des taux de transfert média maximal et minimal car les lecteurs modernes disposent d'un enregistrement par zone avec un nombre de secteurs plus important sur les cylindres extérieurs que sur les cylindres intérieurs. Généralement, le lecteur est subdivisé en 16 zones ou plus, la zone interne possédant moitié moins de secteurs par piste (et donc un taux de transfert divisé par deux) que la zone extérieure. Comme le disque tourne à vitesse constante, les données sont lues deux fois plus rapidement sur les cylindres extérieurs que sur les cylindres intérieurs.

Le taux de transfert brut, pour sa part, fait référence à la vitesse à laquelle les bits sont lus sur le support. Comme tous les bits ne représentent pas des données (par exemple les bits d'identification ou les bits intersecteurs, d'ECC) et qu'une partie du temps est perdue lorsque les têtes se déplacent de piste en piste (latence), le taux de transfert *formaté* représente le taux effectif auquel les données de l'utilisateur sont lues ou écrites sur le disque.

Certains fabricants ne font état que du taux de transfert média interne brut; le taux formaté est en principe égal aux 3/4 du taux brut. Cela est dû au fait que les données utilisateur de chaque piste ne représentent que les 3/4 des bits réels (le quart restant étant dédié aux bits d'identification, d'ECC et autres). Certains ne mentionnent que des taux maximaux (bruts, formatés ou les deux) : dans ce cas, partez du principe que le taux minimal est égal à la moitié du maximum et que le taux moyen est égal aux 3/4 du maximum.

Jetons un coup d'œil à un disque spécifique. Le modèle IBM Deskstar T7K500 est le disque SATA le plus rapide du marché, avec une vitesse de rotation de 7200 tr/mn et une prise en charge complète du taux de transfert d'interface SATA de 3 Go/s (300 Mo/s depuis le contrôleur vers l'adaptateur hôte de la carte mère).

Le Tableau 7.7 montre les spécifications pour ce disque.

Tableau 7.7 : Spécifications de taux de transfert média du disque Deskstar T7K500

Zone média	Secteurs/piste	Vitesse de rotation	Taux de transfert
Zone extérieure	1440	7200 tr/mn	88,47 Mo/s
Zone intérieure	720	7200 tr/mn	44,24 Mo/s
Moyenne	1080	7200 tr/mn	66,36 Mo/s

Comme vous pouvez le constater, le véritable taux de transfert média pour ce lecteur est situé entre 88,47 Mo/s et 44,24 Mo/s, soit un taux moyen de 66,36 Mo/s, donc moins d'un quart du taux de transfert d'interface. Bien sûr, si ce disque vous appartenait, vous ne seriez pas déçu car 66,36 Mo/s est une excellente performance, c'est même l'un des disques ATA les plus rapides du marché.

Un problème fréquemment abordé est celui de la mise à niveau de l'interface ATA du système. Beaucoup de gens utilisent des cartes mères anciennes ne supportant que les modes ATA/100 (Ultra-DMA Mode 5) ou SATA/150 (1,5 Go/s). Après l'étude des taux de transfert d'interface d'un grand nombre de disques, vous saurez pourquoi il n'est pas conseillé d'installer un contrôleur ATA/133 ou

SATA/300 (3 Go/s) séparé sur ces systèmes. Du point de vue des performances, si vous vous lancez dans ce type de mise à niveau, vous ne bénéficierez que d'une très faible amélioration. Cela est tout simplement dû au fait que les lecteurs sont en moyenne plus lents que les interfaces ATA/66 et très sensiblement plus lents que les interfaces ATA/133, SATA/150 ou SATA/300.

Pour calculer le taux de transfert réel d'un disque dur, vous devez connaître précisément un certain nombre d'éléments très importants comme la vitesse de rotation réelle (exprimée en tr/mn) et le nombre moyen de secteurs physiques de chaque piste. En comparant deux lecteurs avec le même nombre de secteurs par piste, le disque tournant le plus vite offre le meilleur taux de transfert de données. De même, en comparant deux disques avec la même vitesse de rotation, le meilleur taux sera fourni par le disque ayant la densité la plus élevée. Un disque avec une densité supérieure peut être plus rapide qu'un disque tournant plus vite : les deux facteurs doivent être pris en compte.

Comme vous pouvez le constater, le taux de transfert est presque insignifiant. Alors, si vous pensiez acheter une nouvelle carte mère, voire une carte d'adaptateur hôte séparée aux seules fins d'accroître les performances du disque, gardez votre argent. Pour être tout à fait juste, il y aura un léger avantage à passer à des taux de transfert supérieurs : les données du tampon sur le contrôleur de disque peuvent être transférées à la carte mère au débit de l'interface plutôt qu'avec celui du support. Ces tampons sont généralement de 4 Mo ou moins et ne sont habituellement utiles qu'avec des transferts répétitifs de petites quantités de données. Cependant, si vous effectuez souvent des transferts répétitifs, des disques ayant des tampons supérieurs de 16 Mo peuvent améliorer les performances avec des applications réalisant des transferts répétitifs. Plus récemment, des disques ayant de grands tampons de mémoire flash, appelés disques *hybrides*, ont été fabriqués pour prendre en charge le cache SuperFetch sous Windows Vista ; or, puisque la mémoire flash est relativement lente, cette technologie a plus pour but d'améliorer la durée de vie des batteries de portables que les performances d'un ordinateur de bureau.

Toutes choses étant égales par ailleurs, un lecteur tournant plus vite transfère les données plus rapidement, quel que soit le taux de transfert de l'interface. Malheureusement, il est très rare que toutes les caractéristiques soient égales, aussi vaut-il mieux consulter les spécifications du lecteur dans le manuel ou le descriptif technique pour être sûr de son fait.

Lorsque vous évaluez des performances de disques, ne comparez pas uniquement une spécification, par exemple la vitesse de rotation ou le taux de transfert de l'interface, car cela peut vous induire en erreur. La vitesse de l'interface n'a pas grande importance, et si la vitesse de rotation est plus essentielle, dans certains cas le disque tournant le plus vite est le plus lent en termes de transfert média. Faites attention aux comparaisons simplistes. Le facteur le plus important est peut-être le taux de transfert média : plus il est élevé, mieux c'est.

Pour découvrir les spécifications de transfert d'un lecteur donné, jetez un coup d'œil à la documentation, au manuel ou à la fiche de description technique du lecteur concerné. Ces documents peuvent en général être téléchargés depuis le site web du constructeur. Cette documentation mentionne souvent les nombres maximal et minimal de secteurs par piste. Combinés à la vitesse de rotation, ces

chiffres permettent de calculer les performances du média formaté. Pensez à vérifier également le nombre de secteurs physiques pour les zones externes et internes. Là encore, soyez prudent : beaucoup de disques sont configurés avec conversion de secteurs, le nombre de secteurs rapporté par le BIOS n'ayant pas grand-chose à voir avec les caractéristiques physiques réelles du disque. Il vaut mieux connaître les paramètres physiques réels plutôt que les valeurs utilisées par le BIOS.

Dès lors que vous connaissez le nombre de secteurs par piste et la vitesse de rotation, appliquez la formule suivante pour déterminer le taux de transfert maximal, exprimé en millions d'octets par seconde (Mo/s) :

Taux de transfert de données maximal = SPP × 512 octets × tr/mn/60 s/1000000 octets.

À titre d'exemple, le disque dur Hitachi Deskstar T7K500 tourne à une vitesse de 7200 tr/mn et a un nombre moyen de 1080 secteurs par piste (SPP). Le taux de transfert de données maximal de ce disque est donc de :

1080 × 512 (7 200/60) / 1000000 = 66,36 Mo/s.

Cette formule vous permet de connaître le taux de transfert de données réel de n'importe quel disque dur.

Temps de recherche moyen

Les fabricants utilisent de plus en plus un indicateur de mesure légèrement différent pour évaluer les performances de leurs disques : le temps de recherche moyen. Il s'agit du temps moyen nécessaire pour déplacer les têtes d'un cylindre vers un autre situé à une distance aléatoire. Pour mesurer ce temps d'accès moyen, des opérations de recherche aléatoires sont effectuées en grand nombre, puis la durée totale est divisée par le nombre de déplacements.

La méthode standard utilisée par bon nombre de constructeurs consiste à mesurer le temps nécessaire aux têtes pour se déplacer sur un tiers du nombre total de cylindres. Le temps de recherche moyen est fonction du lecteur proprement dit. Le type d'interface ou de contrôleur n'a que peu d'incidence sur cette spécification. Ce temps d'accès moyen permet d'évaluer les capacités du mécanisme de positionnement des têtes.

Infos

Méfiez-vous des tests de benchmark cherchant à évaluer les temps de recherche des lecteurs. Beaucoup de lecteurs ATA utilisent un schéma, appelé conversion de secteur, par lequel beaucoup de commandes envoyées au lecteur pour déplacer les têtes vers un cylindre donné n'aboutissent pas à un véritable déplacement physique. Cette situation rend totalement caducs les tests pour ces types de disques. Les lecteurs SCSI nécessitent également une étape supplémentaire car les commandes doivent d'abord être envoyées au lecteur *via* le bus SCSI. Ces lecteurs peuvent donner l'impression d'offrir les meilleurs temps d'accès car cette opération n'est pas prise en compte dans la plupart des tests. Si elle était comptabilisée, ces lecteurs présenteraient des performances bien médiocres.

Latence

La *latence* correspond au temps moyen (exprimé en millisecondes) nécessaire pour qu'un secteur soit disponible après que les têtes ont atteint une piste. Ce temps équivaut en moyenne à la moitié du

temps dont le disque a besoin pour faire un tour. Un disque capable de tourner deux fois plus vite aura un temps de latence inférieur de moitié.

La latence influe sur la rapidité de lecture et d'écriture sur le disque. Plus la latence est faible, plus la rapidité d'accès aux données ou fichiers est élevée. Il suffit, pour diminuer la latence, d'augmenter la vitesse de rotation des plateaux. Les valeurs de latence des vitesses de rotation les plus courantes pour les disques durs sont présentées au Tableau 7.8.

Tableau 7.8 : Vitesse de rotation et latence des disques durs

Tours/mn	Tours/s	Latence
3600	60	8,33
4200	70	7,14
5400	90	5,56
7200	120	4,17
10000	167	3
15000	250	2

Ainsi, un disque qui tourne à 7200 tr/mn aura une latence de 4,17 ms, tandis que la latence d'un disque qui tourne à 10000 ou 15000 tr/mn ne sera que de 3 ou 2 ms. Tout accroissement de la vitesse de rotation des plateaux permet d'augmenter les performances du disque en termes de temps d'accès aux données, mais aussi de taux de transfert de données, une fois les têtes positionnées sur les secteurs voulus.

Temps d'accès moyen

Les fabricants utilisent de plus en plus un indicateur de mesure légèrement différent pour évaluer les performances de leurs disques : le temps d'accès. Le temps d'accès moyen se calcule en additionnant le temps de recherche moyen au temps de latence. Cette valeur indique le temps moyen nécessaire pour que le disque accède à un secteur choisi au hasard.

Programmes de mémoire cache et contrôleurs de mise en mémoire cache

Au niveau logiciel, les programmes de gestion de la mémoire cache des disques tels que SMARTDRV (DOS) ou VCACHE (Windows) peuvent influer grandement sur les performances du disque dur. Ces programmes s'associent à l'interruption de disque dur du BIOS et interceptent ensuite les requêtes de lecture et d'écriture envoyées à ce disque par les programmes d'application et les pilotes de périphérique.

Lorsqu'un programme d'application veut lire des données contenues sur le disque dur, le programme de gestion de la mémoire cache intercepte la requête de lecture, la transmet normalement au contrôleur du disque dur, enregistre les données lues dans la mémoire tampon du cache, puis les

retransmet au programme d'application. Le nombre de secteurs lus et enregistrés dans la zone tampon est plus ou moins important selon la taille de la mémoire cache.

Lorsque l'application a besoin de lire davantage de données, le programme de gestion de la mémoire cache intercepte la requête et examine ses zones tampons pour voir si les données sont toujours présentes dans la mémoire cache. Si c'est le cas, il les retransmet immédiatement à l'application sans aucune autre intervention du disque dur. Cette méthode accélère évidemment de manière considérable l'accès aux données et peut améliorer sensiblement les mesures de performance du disque dur.

La plupart des contrôleurs intègrent aujourd'hui une forme de zone tampon ou de mémoire cache physique qui n'intercepte ni n'utilise les interruptions du BIOS. La mise en mémoire cache est en effet effectuée au niveau matériel, et elle n'est pas détectable par des logiciels de mesure de performances normaux. Les premiers contrôleurs comprenaient des zones tampons de lecture anticipée de pistes pour fonctionner en mode d'entrelacement 1:1. Sur certains contrôleurs actuels, la taille de ces zones tampons de lecture anticipée a simplement augmenté. Sur d'autres, ces zones tampons ont été rendues intelligentes et transformées en mémoire cache au lieu de zones tampons simples.

Nombre de disques durs IDE et SCSI intègrent de la mémoire cache. La plupart des nouveaux disques ATA ont un cache intégré de 2 Mo. De nombreux disques ATA performants ont jusqu'à 16 Mo de cache. On considérait autrefois qu'une mémoire de 1 ou 2 Mo de RAM était une mémoire importante, alors que beaucoup de disques durs de 3 pouces 1/2 ont aujourd'hui une mémoire cache intégrée pouvant aller jusqu'à 16 Mo.

Qu'elle se présente sous forme de programmes ou de mémoire physique, la mémoire cache peut permettre à un disque dur d'être plus rapide lors des opérations de transfert de routine, mais elle ne peut influer sur son taux de transfert maximal.

Sélection d'un ratio d'entrelacement

Il n'est guère possible de parler des performances d'un disque sans parler du *ratio d'entrelacement*, bien que l'entrelacement concerne en principe davantage le contrôleur. Notez toutefois que la plupart des disques durs actuels comprennent un contrôleur intégré IDE moderne, qui peut tout à fait traiter les données à la vitesse maximale à laquelle le disque dur est capable de les envoyer. En d'autres termes, tous les disques durs IDE actuels sont formatés sans entrelacement (on dit aussi qu'ils utilisent un ratio d'entrelacement de 1:1). Sur des modèles plus anciens, par exemple de type MFM ou ESDI, il était possible de modifier l'entrelacement durant le formatage de bas niveau de manière à optimiser les performances du lecteur. Aujourd'hui, les lecteurs bénéficient en usine d'un formatage de bas niveau, et l'entrelacement n'est donc plus à l'ordre du jour.

Fiabilité

Lorsque vous achetez un disque dur, il est possible que sa documentation mentionne un paramètre particulier : l'*intervalle moyen entre les pannes*, ou MTBF (*Mean Time Between Failure*). Cet intervalle moyen est généralement compris entre 300 000 et 1 000 000 h, ou davantage. Mieux vaut ne pas tenir compte de ce paramètre puisqu'il s'agit d'une valeur purement théorique.

Pour savoir ce que ce chiffre signifie, il faut comprendre comment les fabricants le calculent et comment il est interprété. La plupart des fabricants ont un long passé de constructeurs de disques, et leurs lecteurs ont accumulé des millions d'heures d'utilisation. Ils peuvent étudier les taux de pannes sur les modèles précédents fondés sur les mêmes composants et calculer le taux de pannes des nouveaux lecteurs en fonction des composants dont ils sont constitués. Pour la carte contenant le circuit électronique, ils peuvent également se fonder sur les techniques industrielles standard pour prédire la probabilité d'une panne électronique. La combinaison de ces deux estimations permet d'évaluer un intervalle moyen entre les pannes pour le lecteur complet.

Pour comprendre ce que cette valeur signifie, il est important de bien réaliser qu'elle s'applique à une population de disques, et non à des disques individuels. Cela signifie que si un lecteur a un MTBF de 500000 heures, on peut s'attendre à une panne dans une population de lecteurs ayant 500000 heures d'utilisation cumulées. Si 1000000 de ces lecteurs sont en service et qu'ils fonctionnent tous simultanément, on peut s'attendre à rencontrer une panne toutes les demi-heures sur l'ensemble du parc. Mieux vaut donc n'attacher qu'une importance toute relative à ce type d'indication, car elle ne signifie pas grand-chose pour un lecteur seul ou pour un petit échantillon de lecteurs.

Il est également important de comprendre le sens du mot "panne". Dans ce contexte, il s'agit d'un problème qui entraîne l'envoi du lecteur au fabricant pour réparation; il ne s'agit pas d'un problème occasionnel de lecture ou d'écriture.

Par ailleurs, cette valeur devrait plutôt être appelée "intervalle moyen avant la première panne". En effet, cette appellation suppose que le lecteur tombe en panne, qu'il est réparé, puis qu'il tombe en panne de nouveau. Le MTBF correspondrait alors effectivement à l'intervalle entre deux pannes. Mais, dans la réalité, un lecteur en panne est rarement réparé, il est purement et simplement remplacé : l'appellation de ce paramètre est donc erronée.

Par ailleurs, ce paramètre n'a d'intérêt que si vous devez acheter une grande quantité de lecteurs chaque année (pour un gros réseau, par exemple). Dans ce cas, si vous parvenez à comprendre les méthodes de calcul des fabricants et à établir un modèle de comparaison entre ces différents calculs, vous réussirez alors peut-être à identifier les lecteurs les plus fiables, et donc à faire des économies.

S.M.A.R.T.

S.M.A.R.T. (*Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology*) est un standard industriel destiné à prévoir les pannes de disques durs. Lorsqu'il est activé sur un lecteur, ce paramètre contrôle des attributs prédéterminés représentatifs de la dégradation du disque. En fonction des modifications des attributs contrôlés, il est possible de faire une prédiction de panne. Si un problème est repéré comme étant sur le point de se produire, S.M.A.R.T. génère un rapport d'état pour que le BIOS ou les pilotes puissent avertir l'utilisateur, ce qui lui laissera peut-être le temps de sauvegarder ses données avant que le problème ne survienne.

S.M.A.R.T. tente de détecter les problèmes prévisibles qui résultent de la dégradation progressive des performances du disque. Selon Seagate, 60 % sont d'origine mécanique, et ce sont ces pannes que S.M.A.R.T. est supposé détecter.

Bien sûr, toutes les pannes ne sont pas prévisibles, et la technologie S.M.A.R.T. n'apporte aucune aide concernant celles qui se produisent sans aucun signe annonciateur. L'électricité statique, une mauvaise manipulation ou un choc, ou encore une panne au niveau des circuits (panne de composant ou problème de soudure lié à la température) peuvent être à l'origine de ces pannes aléatoires.

S.M.A.R.T. est une création d'IBM qui date de 1992. Cette année-là, IBM a commencé à vendre des disques 3 pouces et 1/2 équipés du système PFA (*Predictive Failure Analysis*, analyse des pannes prévisibles), une technologie qui mesure périodiquement des attributs de disque sélectionnés et qui émet des messages lorsque des seuils prédéterminés sont atteints. Cette technologie a ensuite été transmise à l'organisation ANSI qui en a fait le protocole S.M.A.R.T. standard pour lecteurs SCSI. Ce protocole est décrit dans le document ANSI-SCSI IEC X3T10/94-190.

La volonté d'extension de cette technologie aux lecteurs IDE ATA a entraîné la création d'un groupe de travail S.M.A.R.T., en 1995. Ce groupe était composé d'IBM, Seagate Technology, Conner Peripherical, Fujitsu, Hewlett-Packard, Maxtor, Quantum et Western Digital. La spécification S.M.A.R.T., créée par le groupe puis livrée au domaine public, concerne les disques IDE ATA et SCSI; elle est désormais appliquée à la plupart des produits récents.

Les attributs et les seuils définis par la technologie S.M.A.R.T. sont les mêmes pour les disques IDE ATA et SCSI, mais les informations retournées diffèrent.

Dans un environnement IDE ATA, le pilote du système interprète les signaux d'alarme en provenance du lecteur, générés par la commande S.M.A.R.T. "*report status*". Le pilote interroge régulièrement le lecteur pour vérifier l'état de cette commande; si elle signale un problème imminent, une alarme est envoyée au système d'exploitation qui la transmet à l'utilisateur. Cette structure autorise d'autre part des améliorations futures qui devraient permettre de retourner des informations autres que celles qui sont liées aux conditions de panne d'un lecteur. Le système peut lire et évaluer les attributs et les alarmes signalés pour compléter la commande "*report status*" de base.

Les lecteurs SCSI équipés de la technologie S.M.A.R.T. indiquent seulement si les conditions de fiabilité sont bonnes ou si une panne est sur le point de survenir. Dans un environnement SCSI, la détection de la panne s'effectue au niveau du disque, et l'ordinateur transmet l'alerte à l'utilisateur.

Les conditions pour que S.M.A.R.T. puisse fonctionner sur un système sont simples. Tout ce dont vous avez besoin, c'est d'un lecteur compatible S.M.A.R.T. et d'un BIOS capable de comprendre les messages S.M.A.R.T., ou d'un pilote de disque dur adapté à votre système. Si votre BIOS ne supporte pas la technologie S.M.A.R.T., des utilitaires, comme Norton Smart Doctor, de Symantec, EZ Drive, de Microhouse International, ou Data Advisor, d'OnTrack Data International, permettent d'utiliser cette technologie.

Notez que les outils de diagnostic de disque traditionnels, comme ScanDisk ou Norton Disk Doctor, traitent uniquement les données de secteurs situés à la surface du disque et ne contrôlent pas les

fonctions de disque dur que surveille S.M.A.R.T. La plupart des disques modernes conservent des secteurs en réserve qui pourront être substitués aux secteurs endommagés. Lorsqu'un de ces secteurs est réalloué, le lecteur avertit S.M.A.R.T. Par contre, le disque semblera parfaitement exempt d'erreurs avec un utilitaire d'examen de surface comme ScanDisk.

Les lecteurs équipés de la technologie S.M.A.R.T. surveillent un certain nombre d'attributs qui peuvent varier d'un fabricant à l'autre. Certains lecteurs contrôlent la hauteur de flottement de la tête au-dessus des plateaux. Si cette hauteur varie trop, le disque risque de tomber en panne. D'autres lecteurs peuvent vérifier des attributs différents, comme le circuit ECC (*Error Correcting Code*, code de correction d'erreurs) qui indique si des erreurs logicielles se sont produites durant la lecture et l'écriture de données. Voici quelques-uns des attributs généralement surveillés par ces lecteurs :

- hauteur de flottement des têtes;
- vitesse de transfert des données;
- vitesse de démarrage;
- nombre de secteurs réalloués (remplacés parce que défectueux);
- taux d'erreurs de recherche;
- vitesse de déplacement des têtes;
- nombre de reprises de la rotation du lecteur;
- nombre de recalibrages du lecteur.

Chaque attribut possède un seuil critique utilisé pour déterminer la présence de situations de pannes ou de dégradation. Ces seuils sont fixés par les fabricants et ne peuvent être modifiés.

Lorsqu'un seuil est dépassé, une alerte S.M.A.R.T. est envoyée par le biais d'une commande IDE ATA ou SCSI au pilote de votre disque dur dans le BIOS qui la transmet ensuite au système d'exploitation. Ce dernier affiche alors un message du type : "Sauvegardez immédiatement vos données et remplacez votre disque dur. Une panne est peut-être imminente."

Le message peut contenir des informations supplémentaires, comme le type, la marque et le numéro de série du périphérique qui a généré l'alerte.

La première chose à faire est bien sûr de sauvegarder toutes vos données. Il est conseillé de faire votre sauvegarde sur un nouveau support, et non d'écraser une sauvegarde précédente, au cas où le disque dur tomberait définitivement en panne au milieu de l'enregistrement.

Que faire après avoir sauvegardé vos données? Les avertissements S.M.A.R.T. peuvent être causés par des sources externes et ne signifient pas forcément que le lecteur va tomber en panne. Des changements de température ou des vibrations trop importantes peuvent générer une alerte. Elles peuvent être également dues à des interférences électriques produites par un appareil branché sur le même circuit électrique que votre PC.

Si l'alerte n'a pas été causée par une source externe, il peut être indiqué de remplacer le disque. Si ce dernier est encore sous garantie, contactez son fabricant. Si l'alerte demeure isolée et ne se reproduit pas, il n'est sans doute pas nécessaire de procéder à un échange. En cas de remplacement, si vous connectez deux disques au système, l'ancien (défectueux) et le nouveau, il sera possible de copier aisément le contenu du disque suspect vers l'autre, ce qui vous épargnera de devoir réinstaller toutes les applications et de recharger toutes les données que vous aurez sauvegardées. Les commandes de copie standard ou les méthodes de glisser-déposer ne copiant pas les fichiers système, les fichiers cachés ni les fichiers ouverts, il faut utiliser, pour copier un disque complet et pour que la copie puisse démarrer, une application comme Symantec Norton Ghost ou Acronis True Image.

Coût

Le coût du stockage des données sur disque dur est récemment passé sous la barre de 0,28 dollar le gigaoctet. Il est aujourd'hui possible d'acheter un disque dur ATA de 500 Go pour environ 140 dollars, ce qui signifie qu'un disque dur de 10 Mo vendu 1800 dollars en 1983 ne coûterait plus aujourd'hui que moins d'un tiers de cent !

Le prix des disques durs continue bien sûr à baisser, si bien que même un prix de 0,17 cent le mégaoctet finira par sembler élevé. Du fait de ce faible coût, les fabricants ne produisent plus guère aujourd'hui de disques durs de moins de 1 Go.

8 Le stockage amovible

Au sommaire de ce chapitre

- Rôle des périphériques de stockage amovibles
- Comparaison des technologies disque, bande et mémoire flash
- Interfaces pour périphériques de stockage amovibles
- Mémoires flash
- Technologie Microdrive
- Sauvegarde sur disque

Rôle des périphériques de stockage amovibles

Depuis le milieu des années 80, le stockage de masse s'effectue sur des disques durs. Par contre, la sauvegarde, le stockage temporaire et l'échange de données entre plusieurs ordinateurs utilisent plusieurs autres types de mémoires de masse. Essentiellement, des disques durs amovibles, des CD/DVD et/ou des mémoires flash.

✔ Pour en savoir plus sur les supports purement optiques, consultez le Chapitre 11.

Espace de stockage supplémentaire

Si les systèmes d'exploitation et les applications offrent de plus en plus de possibilités, ils nécessitent également un espace de stockage de plus en plus substantiel. Aujourd'hui, il n'est pas rare qu'une application nécessite plusieurs centaines de mégaoctets d'espace disque !

Parallèlement, nous sommes entrés de plain-pied dans l'ère multimédia, alimentée par un nombre toujours croissant de fichiers musicaux et par les prix très accessibles des appareils photo, caméscopes, scanners, enregistreurs numériques, etc. Résultat, les utilisateurs ont ressenti le besoin de créer et de stocker toutes sortes de fichiers multimédias, forts consommateurs en espace disque.

Les périphériques de stockage amovibles de grande capacité permettent essentiellement de transférer des fichiers de taille importante d'un ordinateur sur un autre. Mais ils peuvent également être utilisés pour sauvegarder des données importantes, afin de les soustraire aux regards indiscrets et/ou les protéger des catastrophes environnementales (feux, inondations, etc.). Certains supports sont destinés à un stockage à long terme, alors que d'autres ont du mal à résister à l'usure du temps.

Pourquoi effectuer des sauvegardes ?

Il est important de sauvegarder régulièrement le contenu de votre ordinateur. En effet, à tout moment, un problème peut corrompre et/ou rendre inaccessibles les données et les programmes

stockés sur votre disque dur. Voici un bref aperçu des problèmes qui pourraient affecter votre ordinateur :

- fluctuations de la tension d'alimentation entraînant des pertes de données ;
- écrasement ou suppression d'un fichier par erreur ;
- formatage accidentel d'un disque contenant des données ;
- dysfonctionnement du disque dur entraînant la perte de données ;
- problème environnemental (inondation, foudre, feu, vol, etc.) ;
- programme malveillant ou vandalisme.

Les sauvegardes permettent également de soulager votre disque dur : en sauvegardant les données que vous utilisez rarement, puis en les supprimant de votre disque dur, vous libérez l'espace qu'elles occupaient. Si, par la suite, vous en avez besoin, il suffit de restaurer les fichiers adéquats à partir de votre sauvegarde. Les données sauvegardées peuvent enfin être partagées entre plusieurs ordinateurs. Par exemple en envoyant par la poste les médias sauvegardés.

Les CD, DVD et disques durs de grandes capacités sont très utiles pour effectuer des sauvegardes. Cependant, étant donné la taille des disques durs actuels, il peut être difficile de trouver un média amovible approprié pour stocker toutes vos données, à moins qu'il ne s'agisse… d'un autre disque dur.

Périphérique de démarrage annexe

La plupart du temps, lorsqu'un ordinateur est mis sous tension, il utilise une séquence de démarrage stockée sur un disque dur. Si vous êtes amené à effectuer un diagnostic en profondeur de votre ordinateur, vous devrez le démarrer à partir d'un CD, d'un DVD ou d'une mémoire flash.

Tous les ordinateurs récents peuvent démarrer sur un CD, un DVD ou une mémoire flash (clé USB ou carte). Ce type de périphériques est particulièrement utile pour exécuter des diagnostics ou pour utiliser des systèmes d'exploitation portables.

Transfert de données entre ordinateurs

Jusqu'à récemment, la seule méthode universelle permettant de transférer des données entre deux ordinateurs consistait à utiliser des disquettes. Il est vrai que tous les ordinateurs disposaient d'un lecteur de disquettes. Récemment, ce type de média a été remplacé par la mémoire flash, essentiellement sous la forme de clés USB.

De nos jours, il peut toutefois s'avérer nécessaire d'utiliser une disquette. À des fins diagnostiques par exemple. Mais en aucun cas pour transférer des données entre deux ordinateurs !

Les plus petites mémoires flash ont une capacité bien supérieure à celle des disquettes, elles ne peuvent pas être endommagées par des signaux magnétiques, sont plus durables dans le temps et plus compactes. Tous les ordinateurs sortis depuis 1996 étant équipés de ports USB, les clés USB ont tout naturellement remplacé les lecteurs de disquettes. Il est également à noter que la plupart des ordinateurs sortis depuis 2001 supportent le démarrage sur un périphérique USB.

Installation de pilotes à partir de disquettes

En règle générale, les pilotes de périphériques sont fournis sur CD-ROM. Cependant, les pilotes de certains types de périphériques sont toujours distribués sur disquette. En particulier, les pilotes ATA/IDE, ATA RAID, SATA, SATA RAID, SCSI et SAS (*Serial Attached SCSI*), que ceux-ci concernent une carte d'extension ou une fonctionnalité rattachée à la carte mère.

Étant donné que la plupart des PC actuels sont fournis sans lecteurs de disquettes, vous vous demandez certainement pourquoi certains constructeurs diffusent leurs pilotes de périphériques sur disquettes. Ceci est dû à la procédure d'installation des systèmes Windows 2000 et XP : quand vous installez un de ces systèmes d'exploitation, un message vous invite à appuyer sur la touche de fonction F6 pour installer un pilote SATA, RAID ou SCSI tiers. Ces pilotes ne peuvent être chargés que depuis un lecteur de disquettes. Windows Vista, quant à lui, peut charger ces pilotes depuis un CD, un DVD ou une clé USB.

Astuces

Comment charger un pilote de périphérique pendant l'installation de Windows XP/2000 alors que votre ordinateur est dépourvu d'un lecteur de disquettes ? Démarrez l'ordinateur sur une clé USB (après avoir sélectionné cette option dans le BIOS) et utilisez-la pour charger le pilote.

Comparaison des technologies disque, bande et mémoire flash

Il existe plusieurs types de médias amovibles. Les plus communs sont magnétiques. D'autres combinent un stockage magnétique et optique : il s'agit des disques optiques souples ou magnéto-optiques.

Les mémoires flash se comportent comme des lecteurs de disques. Vous en saurez plus à leur sujet un peu plus loin dans ce chapitre. Certains lecteurs de bande sont également capables d'émuler des lecteurs de disques : ils affectent une lettre d'unité à une partie d'une bande. Cependant, ils sont essentiellement utilisés pour effectuer la sauvegarde de gros disques durs et/ou de systèmes multi-disques en réseau.

Les disques magnétiques

Que vous recherchiez un média purement magnétique, un support optique souple ou magnéto-optique, tous ces médias partagent les mêmes caractéristiques. Les disques magnétiques sont plus onéreux au mégaoctet/gigaoctet que les bandes. S'ils offrent généralement une capacité inférieure, ils s'utilisent plus facilement pour copier des fichiers à la volée.

L'accès au média est aléatoire (*random access*), ce qui permet de rechercher, modifier ou supprimer un fichier ou un groupe de fichiers sans bouleverser le reste de son contenu. Les disques durs sont performants pour sauvegarder quelques fichiers. Ils sont plus lents lorsqu'il s'agit de copier un grand nombre de fichiers.

Les bandes magnétiques

Moins onéreuses au mégaoctet que les disques durs, elles offrent des capacités supérieures et se prêtent parfaitement à la sauvegarde sous la forme d'images disques. Les lecteurs de bandes sont des périphériques à accès séquentiel. Cela signifie que la bande doit être déroulée jusqu'à l'endroit où se trouve le fichier à accéder pour pouvoir le lire. D'autre part, les fichiers ne peuvent généralement pas être modifiés/supprimés individuellement : tout le contenu de la bande doit être effacé puis réécrit. Les bandes magnétiques se prêtent donc plus volontiers à des sauvegardes complètes de disques (applications et données incluses) qu'à la sauvegarde individuelle de fichiers.

Infos

Les lecteurs de disques amovibles peuvent également être utilisés pour sauvegarder votre ordinateur. Cependant, le prix élevé des médias (disques ou cartouches) les rend peu attractifs à grande échelle. Pour sauvegarder des fichiers individuellement, le disque dur reste le périphérique idéal. En ce qui concerne la sauvegarde complète d'un disque ou d'un système, les disques durs externes sont plus rapides et, de nos jours, plus économiques que les bandes magnétiques.

Les mémoires flash

Ces mémoires ne nécessitent aucune alimentation pour conserver les données qui y sont stockées. Elles peuvent être aisément déplacées d'un appareil photo à un ordinateur portable, un ordinateur de bureau, une imprimante ou un cadre photo. Bien qu'initialement conçues pour stocker des photos numériques, elles peuvent mémoriser tout type de données. De la musique par exemple. Les clés USB font des mémoires flash un média extrêmement populaire et qui supplante peu à peu tous ses prédécesseurs (disquettes, disques Zip et SuperDisk).

Interfaces pour lecteurs de supports amovibles

Le Tableau 8.1 résume les différents types d'interfaces généralement disponibles sur les lecteurs de supports amovibles.

Les interfaces disque interne les plus courantes (et parmi les plus rapides) sont PATA (*Parallel AT Attachment*) et SATA (*Serial ATA*). L'interface SCSI est également rapide, voire plus rapide que les deux précédentes. Elle permet d'utiliser des disques internes ou externes, mais nécessite généralement l'ajout d'une carte d'extension.

L'interface externe la plus commune est le port USB. Elle a supplanté la vénérable interface parallèle, précédemment utilisée pour l'imprimante, divers lecteurs externes bas de gamme et d'autres types de périphériques d'entrée/sortie. Les connexions USB sont disponibles sur tous les PC sortis après 1996 (une carte d'extension peut très facilement être ajoutée si nécessaire). Les périphériques USB peuvent être branchés et débranchés à chaud. Ils sont supportés par les systèmes Windows 98 et ultérieurs. Pour les périphériques amovibles de petite taille (inférieures à 300 Mo), les performances de l'USB 1.1 (12 Mbit/s) conviennent. Les périphériques de taille supérieure devraient utiliser la version USB 2.0, bien plus rapide (480 Mbit/s). Les périphériques flash peuvent être directement connectés à un port USB ou à un lecteur de cartes, généralement lui-même connecté à un port USB.

Tableau 8.1 : Interfaces des périphériques de supports amovibles

Périphérique de supports amovibles	Interface	Notes
Disquette 3"1/2	Lecteur de disquettes USB	Les lecteurs de disquettes USB peuvent s'avérer utiles si vous prévoyez d'installer des pilotes de périphériques spécifiques pendant l'installation de Windows XP/2000.
Mémoire flash	USB	Les lecteurs de cartes flash se trouvent généralement en façade de l'ordinateur. Ils sont reliés à la carte mère ou à une carte fille additionnelle. Les clés USB se connectent directement sur un port/un hub USB.
Lecteurs de bandes	ATA, SCSI ou USB	La plupart des lecteurs de bandes qui compressent avec un facteur 2 et dont la taille des médias est supérieure à 100 Go utilisent une interface SCSI.
Stockage magnétique amovible Zip, REV ou Orb	ATA, SCSI, USB	Le type d'interface varie en fonction du constructeur et du modèle.
Magnéto-optique	ATA, SCSI, USB	Le type d'interface varie en fonction du constructeur et du modèle.

Tous les lecteurs de cartes flash ainsi que toutes les clés USB sont aujourd'hui compatibles avec le standard USB 2.0. Si les connecteurs de votre ordinateur sont de type USB 1.1, vous devriez installer une carte d'extension USB 2.0 afin d'augmenter la vitesse de lecture/écriture sur ces médias.

✔ Reportez-vous au Chapitre 6, "L'interface ATA", p. 395, et au Chapitre 13, "Les interfaces d'entrées/sorties", p. 793, pour avoir plus de détails sur le fonctionnement de ces interfaces.

Les sections suivantes s'intéressent aux périphériques de stockage amovibles les plus récents, des mémoires flash aux disques durs, en passant par les mémoires *microdrive*.

Mémoires flash

Les mémoires flash sont présentes depuis plusieurs années en tant que média de stockage principal ou auxiliaire sur les ordinateurs portables. L'avènement de périphériques tels que les appareils photo numériques et les lecteurs MP3, ainsi que la présence de ports USB sur tous les ordinateurs récents, a transformé cette technologie en un incontournable du stockage amovible.

Les mémoires flash sont non volatiles. Contrairement aux mémoires RAM, elles ne sont pas divisées en octets, mais en blocs. Ce type de mémoire est également utilisé pour stocker les paramètres du BIOS. Elle est effacée par un processus appelé "tunnelage Fowler-Nordheim". Ce processus retire la charge affectée à chaque cellule mémoire. La mémoire est ainsi effacée et peut être chargée avec de nouvelles données.

La vitesse d'accès, la facilité de reprogrammation et la taille compacte des mémoires flash en ont fait une solution idéale pour les appareils portatifs tels que les ordinateurs portables et les appareils photo qui, parfois, se réfèrent à la mémoire flash en utilisant le terme "pellicule numérique". À la différence des films argentiques, les films numériques peuvent être effacés et réutilisés à volonté. Ultracompacts, les lecteurs flash ont supplanté les traditionnelles disquettes, les disques Zip et SuperDisk pour le transfert de données entre ordinateurs.

Types de mémoires flash

De nos jours, plusieurs types de mémoires flash sont utilisés :

- ATA Flash ;
- CompactFlash (CF) ;
- SmartMedia (SM) ;
- MultiMediaCards (MMC) ;
- Reduced Size MMC (RS-MMC) ;
- SecureDigital (SD) ;
- MiniSD ;
- Memory Stick ;
- Memory Stick PRO ;
- Memory Stick PRO Duo ;
- xD-Picture Card ;
- Clés USB.

Le Tableau 8.2 dresse la liste des diverses cartes utilisées dans les appareils photo numériques et autres périphériques, classées par ordre chronologique.

Infos

Les clés USB ne sont pas listées dans ce tableau car leur taille n'est pas standardisée.

CompactFlash

Les cartes CompactFlash ont été développées par SanDisk Corporation en 1994. Elles utilisent l'architecture ATA pour émuler un lecteur de disque ATA. Une carte CompactFlash reliée à un ordinateur se voit attribuée sa propre lettre d'unité.

Les premières cartes CompactFlash (type I) avaient une épaisseur de 3,3 mm. Les nouvelles cartes (type II) ont une épaisseur de 5 mm et autorisent des capacités plus élevées. Ces deux types de mémoires mesurent 36,4 × 42,8 mm. Des adaptateurs permettent de les enficher dans les connecteurs PC Card des ordinateurs portables. L'association CompactFlash (**http://www.compactflash.org**) supervise le développement du standard.

Tableau 8.2 : Différentes cartes et tailles physiques

Type	Largeur (mm)	Hauteur (mm)	Épaisseur (mm)	Volume (cc)	Date d'introduction
ATA Flash type II	54,00	85,60	5,00	23,11	Nov. 1992
ATA Flash type I	54,00	85,60	3,30	15,25	Nov. 1992
CompactFlash (CF) type I	42,80	36,40	3,30	5,14	Oct. 1995
SmartMedia (SM)	37,00	45,00	0,76	1,27	Avril 1996
CompactFlash (CF) type II	42,80	36,40	5,00	7,79	Mars 1998
Memory Stick	21,45	50,00	2,80	3,00	Juill. 1998
Secure Digital (SD)	24,00	32,00	2,10	1,61	Août 1999
MultiMediaCard (MMC)	24,00	32,00	1,40	1,08	Nov. 1997
xD-Picture Card (xD)	20,00	25,00	1,70	0,85	Juill. 2002
Memory Stick Duo	20,00	31,00	1,6	0,99	Juill. 2002
Reduced Size MMC (RS-MMC)	24,00	18,00	1,40	0,60	Nov. 2002
MiniSD	20,00	21,5	1,4	0,59	Mars 2003
MicroSD	15,00	11,00	1,0	0,165	Juill. 2005
Memory Stick Micro	15,00	12,5	1,2	0,225	Sept. 2005

SmartMedia

SmartMedia (appelée à l'origine SSFDC, pour *Solid State Floppy Disk Card*) est la plus simple des cartes flash, puisqu'elle ne contient aucun contrôleur. Cette simplicité signifie que la compatibilité avec différentes générations de cartes SmartMedia peut nécessiter des mises à jour des fabricants. Le forum *Solid State Floppy Disk Format* (**www.ssfdc.or.jp/english**) est en charge du développement de ce standard.

MultiMediaCard

Les cartes MultiMediaCard (MMC) ont été développées par Sandisk et Infineon Technologies AG (anciennement Siemens AG) en novembre 1997, comme support mémoire des smartphones, lecteurs MP3, appareils photo numériques et caméscopes. Les cartes MMC utilisent une interface série à 7 broches et contiennent de la mémoire flash à basse tension. L'association MultiMediaCard (**www.mmca.org**) a été fondée en 1998 pour promouvoir le standard MMC et aider au développement de nouveaux produits. En novembre 2002, MMCA a annoncé le développement de mémoires MMC de taille réduite : les RS-MMC, pour *Reduced Size MultiMediaCard*. Ces nouvelles cartes peuvent être utilisées dans un lecteur traditionnel *via* un adaptateur.

Secure Digital

Équivalentes en taille aux MMC, les cartes Secure Digital sont plus évoluées. Codéveloppées par Toshiba, Matsushita Electric (Panasonic) et SanDisk en 1999, elles tirent leur nom de deux fonctions particulières. La première concerne l'encryptage des données, qui assure la compatibilité (actuelle et future) avec le standard SDMI (*Secure Digital Music Initiative*) pour appareils portables. La seconde est un commutateur mécanique de protection en écriture. Les cartes SD peuvent également être utilisées dans les assistants personnels Palm. Le standard SDIO, créé en janvier 2002, permet l'utilisation des cartes SD dans les appareils photo numériques compacts, les assistants personnels et autres appareils portables. L'association SD Card (**www.sdcard.org**) a été fondée en 2000 pour promouvoir le standard SD et aider au développement de nouveaux produits.

Deux variantes de tailles réduites existent pour le standard SD : MiniSD, créé en 2003, et MicroSD, créé en 2005. Très prisés par les smartphones, ces deux types de cartes peuvent également être utilisés dans un lecteur SD traditionnel *via* un adaptateur. Notez également que les cartes MiniSD sont compatibles avec le standard TransFlash pour les téléphones portables.

Memory Stick et Memory Stick Pro de Sony

Sony, présent sur le marché des ordinateurs portables, des appareils photo et des caméscopes, propose sa propre version de mémoires flash, les Memory Stick. Ces cartes disposent d'une languette de protection, qui évite l'effacement accidentel de vos photos. Elles sont également commercialisées sous licence par plusieurs sociétés, dont Lexar et SanDisk. Courant 2003, Lexar a lancé une version améliorée de ces cartes, connue sous le nom de Memory Stick Pro. Leurs avantages : la gestion des droits numériques et le contrôleur mémoire propriétaire de Lexar.

Les cartes Memory Stick Duo sont une version réduite (en taille et en poids) des Memory Stick Pro. Elles peuvent être utilisées dans les lecteurs Memory Stick Pro *via* un adaptateur.

PC Card

Les PC Card ont été conçues pour ajouter de la mémoire aux ordinateurs portables. Cependant, aujourd'hui, ces cartes peuvent héberger toutes sortes de périphériques, du modem à l'adaptateur de jeux, en passant par la carte réseau ou l'interface SCSI.

Les mémoires PC Card se comportent comme un disque dur. Elles existent en trois épaisseurs (type I : 3,3 mm, type II : 5 mm et type III : 10,5 mm). Quel que soit leur type, ces mémoires mesurent 42,8 mm de largeur sur 36,4 mm de hauteur. Les cartes de types I et II servent de mémoire flash compatibles ATA. Elles sont utilisées pour les disques ATA récents. Les cartes de type III sont utilisées pour les anciens disques durs ATA. Un connecteur de type III peut être utilisé comme deux connecteurs de type II.

Cartes xD-Picture

Courant juillet 2002, Olympus et Fujifilm, les principaux fabricants de cartes SmartMedia pour les appareils photo numériques, ont annoncé la mise sur le marché des cartes xD-Picture. Ces nouvelles cartes sont trois fois plus petites que les SmartMedia et intègrent un contrôleur rapide pour accélérer l'enregistrement des images.

La vitesse d'écriture couramment atteinte est de 1,3 Mbit/s sur les cartes de 16 et 32 Mo, et de 3 Mbit/s sur les cartes de plus grande capacité. La vitesse de lecture est indépendante de la taille des médias et atteint 5 Mbit/s. Ces médias sont fabriqués par Toshiba pour les appareils photo Olympus et Fujifilm. Dans la mesure du possible, achetez une mémoire xD de même marque que votre appareil photo pour optimiser ses performances.

Clés USB

Les clés USB sont rapidement devenues un média incontournable en ce qui concerne le transfert de données entre ordinateurs. La première clé (le ThumbDrive de Trek) a été lancée en 2000. Depuis, de très nombreux autres modèles ont vu le jour.

Infos

Certaines mémoires flash sont intégrées dans des montres, des stylos ou des couteaux. Citons par exemple le couteau suisse Victorinox SwissMemory, qui embarque une mémoire flash de 1 Go.

À la différence des autres mémoires flash, les clés USB ne nécessitent aucun lecteur : elles sont directement enfichables sur un port/un hub USB. Sous Windows XP et Vista, leur accès est immédiat. Par contre, elles nécessitent généralement l'installation d'un pilote de périphérique sous Windows 98 SE.

Comme pour les autres types de mémoires flash, une lettre d'unité est affectée à une clé USB lors de sa connexion à l'ordinateur. Les capacités standard s'étendent entre 16 Mo et 16 Go. Les performances en lecture/écriture typiques sont de 1 Mo/s en USB 1.1. Elles sont généralement comprises entre 5 Mo/s et 15 Mo/s en USB 2.0. Pensez à vérifier les performances d'une clé avant de l'acheter !

Astuces

Si un lecteur de cartes flash est relié à votre ordinateur, il se peut que vous soyez obligé de le déconnecter pour que votre clé USB soit reconnue. Cette première étape passée, vous devriez être en mesure d'utiliser conjointement les deux périphériques.

Si le BIOS le permet, la plupart des clés peuvent être utilisées pour démarrer un ordinateur. Notez également que certaines clés USB disposent de dispositifs annexes : mécanisme de protection en écriture, protection du contenu par mot de passe, contrôle biométrique.

Certaines clés USB font également office de lecteur MMC, SD, xD-Picture Card, Memory Stick ou Memory Stick Pro. Généralement, ces clés n'intègrent aucune mémoire flash. Vous pouvez les utiliser en tant que lecteur de cartes ou en tant que disque USB à support amovible.

Comparaison des mémoires flash

Avant de faire l'acquisition d'une mémoire flash, vous devriez vous poser les questions suivantes :

- Avec quels types de mémoires flash mon appareil photo est-il compatible ?
- Quelles capacités sont-elles supportées ?
- Certains types de mémoires sont-ils plus performants que d'autres ? En particulier en termes de temps d'accès et de sécurité ?

Le Tableau 8.3 donne un aperçu des principaux types de mémoires flash et de leurs capacités. Notez qu'une carte de faible capacité est parfois fournie avec certains appareils photo.

Tableau 8.3 : Capacités des mémoires flash

Type	Capacité minimale	Capacité maximale	Notes
CompactFlash+	16 Mo	16 Go	Grandes capacités, cartes supportées par la plupart des appareils photo reflex. Lexar Media et SanDisk proposent des versions rapides (CompactFlash+). Lexar Media propose également des médias sécurisés (LockTight).
SmartMedia	16 Mo	128 Mo	Choix très populaire sur les "anciens" appareils photo Fujifilm et Olympus.
MultiMediaCard	16 Mo	128 Mo	Les cartes MMC peuvent être utilisées dans la plupart des slots SD (MMC).
RS-MMC	128 Mo	2 Go	Utilisez un adaptateur pour connecter ces cartes dans un slot MMC.
Secure Digital (SD)	16 Mo	8 Go	Les cartes SD ne fonctionnent pas dans les slots MMC. Elles sont utilisées par la plupart des fabricants d'appareils photo grand public.
MiniSD	128 Mo	2 Go	Utilisez un adaptateur pour connecter ces cartes dans un slot SD.
MicroSD	128 Mo	2 Go	Utilisez un adaptateur pour connecter ces cartes dans un slot SD.
Memory Stick	16 Mo	1 Go	Développées par différents constructeurs sous licence Sony.
Memory Stick PRO	256 Mo	4 Go	Version rapide des Memory Stick, incluant le support des droits numériques.
Memory Stick Pro Duo	256 Mo	4 Go	Version réduite des Memory Stick PRO.
ATA Flash	16 Mo	2 Go	Ces cartes peuvent être insérées dans un slot PCMCIA, sans passer par un adaptateur.
xD-Picture	16 Mo	2 Go	À des fins d'optimisation, utilisez la même marque que votre appareil photo.
Clés USB	16 Mo	16 Go	Certaines clés supportent la protection par mot de passe et/ou contre l'écriture.

Pour des questions de coût, de capacité et de performances, nous recommandons particulièrement les cartes CompactFlash (CF), Secure Digital (SD) et les clés USB.

CompactFlash est le format le plus utilisé, tant dans le domaine professionnel que domestique. Ces cartes offrent les plus grandes capacités (jusqu'à 16 Go), des prix agressifs, des temps d'accès très compétitifs et ce, dans un encombrement raisonnable.

Les cartes Secure Digital sont également très populaires, raisonnablement rapides et offrent jusqu'à 8 Go de stockage. Les lecteurs SD sont compatibles avec les cartes MMC, qui sont grossièrement des versions plus minces des cartes SD.

De par leur taille, les clés USB ne sont généralement pas utilisées sur les appareils photo numériques ni sur les assistants personnels. Cependant, l'universalité de l'interface USB les rend incontournables sur un PC ou quelque autre dispositif équipé de connecteurs USB.

Les autres types de cartes ont un ou plusieurs inconvénients : leur format est propriétaire (Memory Stick ou xD-Picture par exemple), elles sont limitées en capacité et/ou peu approvisionnées.

Utilisation des cartes flash sur un ordinateur

Plusieurs périphériques permettent de lire sur un ordinateur les cartes flash utilisées sur un appareil photo.

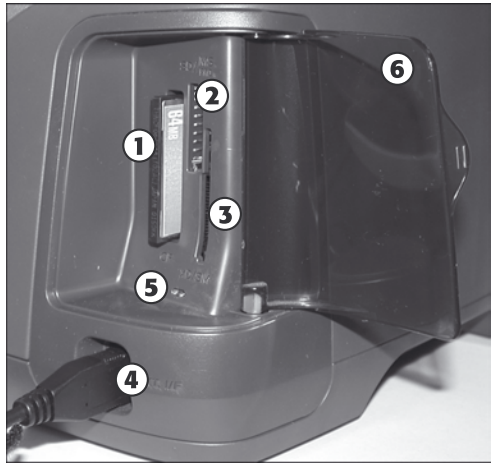
Lecteurs de cartes

La plupart des sociétés qui commercialisent des cartes flash proposent également des lecteurs (généralement connectés sur un port USB) pour assurer le transfert des données vers l'ordinateur.

Ces lecteurs permettent en outre de réutiliser la carte flash après le transfert des photos et n'épuisent pas la batterie de l'appareil photo pendant le transfert. Ils s'utilisent sur tout PC fonctionnant sous Windows 98 SE ou postérieur et disposant du port adéquat.

Avant d'acheter un lecteur de cartes, vérifiez que votre PC ou votre imprimante n'en dispose pas déjà. À titre d'exemple, la Figure 8.1 représente le lecteur de cartes CompactFlash intégré à l'imprimante Epson Stylus Photo R300.

Figure 8.1
Un lecteur à trois slots intégré à une imprimante jet d'encre Epson Stylus Photo R300.



1. Carte CompactFlash insérée dans son slot
2. Slot SD/MMC/Memory Stick/Memory Stick PRO
3. Slot SmartMedia/XD-Picture Card
4. Câble USB pour lecteur externe
5. Voyants d'activité
6. Couverture de protection

Adaptateurs CardBus

Vous pouvez également utiliser votre mémoire flash *via* un adaptateur CardBus, relié au port PCMCIA de votre ordinateur portable. Consultez le fabricant de votre carte flash pour savoir quels adaptateurs sont disponibles.

Bien choisir son lecteur flash

Voici quelques éléments à prendre en considération si vous êtes sur le point d'acquérir un lecteur flash :

- **Le prix par Mo/Go.** Divisez le prix du média par sa capacité pour obtenir le prix au Mo/Go. Ce facteur peut devenir prépondérant si vous prévoyez d'acheter plusieurs médias et/ou si les données doivent y séjourner pendant de longues périodes de temps.
- **Temps et vitesse d'accès.** Ce facteur est important si vous devez accéder aux données fréquemment et/ou si vous prévoyez d'exécuter des programmes depuis le média. Si le périphérique est utilisé pour archiver vos données, ce facteur n'est pas important.
- **Compatibilité et portabilité.** Pour assurer une compatibilité et une portabilité maximales, choisissez sans hésiter une interface USB. Certains médias amovibles sont également compatibles FireWire (IEEE 1394), SCSI et/ou port parallèle, mais ils sont moins universels. Vérifiez également que le pilote de périphérique est disponible sur toutes les machines qui partageront ce périphérique. Si vous ne voulez pas équiper chaque machine d'un lecteur, une clé USB ou un disque USB est un bon choix.
- **Capacité.** Choisissez la plus grande taille possible compatible avec tous vos équipements, afin d'assurer la plus grande capacité de stockage. La capacité des clés USB peut atteindre 16 Go. Leur rapport taille/capacité est donc excellent.

Infos

Dans de nombreux cas, le DVD/RW peut également s'avérer un choix judicieux, de par son coût extrêmement compétitif et sa compatibilité quasi universelle.

- **Interne ou externe.** Les lecteurs externes sont très simples à installer. De plus, ils peuvent être utilisés sur plusieurs ordinateurs. De par leur interface ATA, SATA ou SCSI, les lecteurs internes sont par contre mieux intégrés à l'ordinateur.
- **Bootable ou non bootable.** La plupart des ordinateurs sortis après 1995 sont capables de démarrer sur un CD ou un DVD. Les ordinateurs les plus récents sont également capables de démarrer sur un lecteur USB. Il est donc inutile d'équiper l'ordinateur d'un lecteur de disquettes à des fins diagnostiques ou pour installer des pilotes de périphériques.

Technologie Microdrive

IBM est à l'origine de la technologie Microdrive. Aujourd'hui, ces disques de petites dimensions sont commercialisés sous licence Hitachi ou en OEM. Les périphériques Microdrive sont de petits disques durs qui tournent à 3 600 tours/mn et qui intègrent une mémoire cache de 128 Mo.

Depuis leur apparition, la capacité des disques Microdrive est passée de 170 Mo à 8 Go. Ces médias peuvent être utilisés dans de nombreux appareils photo compatibles avec la technologie CompactFlash type II.

Astuces

Les disques Microdrive utilisent une référence qui précise leurs caractéristiques. À titre d'exemple, le disque HMS361008M5CE00 a les caractéristiques suivantes : H = Hitachi, M = Microdrive, S = standard, 36 = 3 600 tours/mn, 10 = réservé (également 04, 06), 08 = capacité – 8 Go (06 = 6 Go, 04 = 4 Go, 03 = 3 Go), M = code de génération (D = première génération), 5 = 5 mm de hauteur, CE = connecteur ZIF (*Zero Insertion Force*) PATA (CA = CE-ATA, CM = ATA sur MMC, CF = CompactFlash type II), 0 = réservé, 0 = réservé.

Sauvegarde sur disque

Ces dernières années, le coût des disques durs a fortement diminué, et leur capacité n'a cessé de croître. Aujourd'hui, la sauvegarde sur disque est une réalité. Elle remplace avantageusement la sauvegarde sur bandes. Voici quelques variantes du même thème.

- **Disques durs externes.** La plupart des constructeurs de disques durs proposent des disques externes dont la capacité atteint les 1 To (1 000 Go). Ces disques s'interfacent en USB et/ou FireWire. Ils peuvent être utilisés avec des logiciels de sauvegarde spécifiques ou par simple copier-déposer depuis l'Explorateur de fichiers de Windows. Certains sont pourvus d'un bouton en façade qu'il suffit de presser pour déclencher une sauvegarde.
- **Disques NAS (*Network Attached Storage*).** Les disques NAS sont des serveurs de fichiers destinés à être raccordés à un réseau. Ils peuvent être utilisés individuellement ou combinés pour fournir un accès RAID. L'adjonction d'un ou de plusieurs disques à un périphérique NAS est une des meilleures façons de partager des données sur un réseau familial ou de petite entreprise.
- **Accès RAID.** En connectant plusieurs disques identiques à un contrôleur RAID, vous pouvez stocker vos données de façon plus sûre (ce qui n'évite en aucune manière la nécessité de réaliser des sauvegardes). La meilleure configuration consiste certainement à utiliser des disques en mode RAID pour le stockage principal et un ou plusieurs autres disques séparés (éventuellement en mode RAID) pour vos sauvegardes.

✔ Pour en savoir plus sur le RAID, consultez la section "RAID PATA/SATA", p. 448.

9 Le stockage optique

Au sommaire de ce chapitre

- Technologie optique
- Technologie optique à base de CD
- DVD
- Disque Blu-ray
- HD-DVD
- Formats de disques optiques
- Formats et standards de DVD
- Protection contre la copie des DVD
- Spécifications des lecteurs de CD/DVD
- CD enregistrables
- Extraction audionumérique
- CD-R/RW pour la musique
- Protection contre la copie des CD
- Gestion des droits numériques des CD
- Standards de DVD enregistrables
- Installation des logiciels et des pilotes de CD/DVD
- Création d'une disquette d'amorçage prenant en charge le CD-ROM
- CD et DVD amorçables – El Torito
- Création d'un CD de restauration
- Création d'un CD d'amorçage pour les urgences
- LightScribe et autres systèmes d'étiquetage de disque

Il existe essentiellement deux types de stockage sur disque destinés aux ordinateurs : les disques magnétiques et les disques optiques. Le stockage *magnétique* est assuré par les disquettes et les disques durs qui équipent tous les PC. Les données y sont enregistrées de manière magnétique sur des disques rotatifs. Le fonctionnement de base des supports de stockage *optiques* ressemble à celui des supports de stockage magnétiques sur disques, à la différence que les données sont lues et enregistrées à l'aide de la lumière (de manière optique) au lieu d'utiliser le magnétisme. Bien que la plupart des supports magnétiques soient pleinement capables de lire et d'écrire plusieurs fois des données, de nombreux médias sont en lecture seule ou ne peuvent être enregistrés qu'une unique fois.

Certains supports combinent les techniques magnétiques et optiques et utilisent soit un système de guidage optique (appelé servolaser) pour positionner une tête magnétique de lecture/écriture, soit un rayon laser pour chauffer le disque. Il devient alors possible d'y écrire de manière magnétique, polarisant ainsi certaines parties de la piste qui peuvent alors être lues par un laser de faible puissance, comme dans les lecteurs magnéto-optiques (MO).

Il fut un temps où l'on pensait que le stockage optique remplacerait le stockage magnétique comme principal moyen de stockage. Toutefois, le stockage optique s'est révélé bien plus lent et bien moins dense que le stockage magnétique; il s'applique plus aux conceptions de supports amovibles. Ainsi, on l'utilise le plus souvent à des fins de sauvegarde ou d'archivage et comme mécanisme de chargement de programmes ou de données sur des lecteurs magnétiques. Le stockage magnétique est manifestement plus rapide et permet de stocker plus d'informations qu'un support optique à espace égal.

En dehors des systèmes les moins chers, le CD-RW (disque compact réinscriptible) est largement remplacé par des lecteurs de DVD réinscriptibles, aujourd'hui très peu chers. Les systèmes disposent ainsi d'un support optique haute capacité, sur lequel distribuer ou sauvegarder les données.

Ce chapitre traite des formes de stockage optique standard les plus répandues que l'on trouve dans les PC modernes.

Technologie optique

Les standards technologiques optiques sont classés en trois catégories :

- CD (CD-ROM, CD-R, CD-RW);
- DVD (DVD-ROM, DVD-RAM, DVD-RW, DVD-R, DVD-R DL, DVD+RW, DVD+RVD+R DL);
- des formats DVD haute capacité, dont HD-DVD et Blu-ray Disc (BD).

Les périphériques de stockage optique CD et DVD descendent tous de standards populaires du domaine des loisirs : les périphériques à base de CD et de DVD permettent respectivement d'écouter de la musique et de lire les vidéos DVD achetées ou louées. Toutefois, les lecteurs d'ordinateur utilisant ces médias vont plus loin et proposent des fonctionnalités additionnelles.

Dans les sections suivantes, nous allons découvrir les similitudes entre lecteurs et médias CD et DVD, leurs différences et la manière de les utiliser au mieux pour élargir les options de stockage et de lecture.

Technologie optique à base de CD

Le premier type de stockage optique devenu un véritable standard informatique largement répandu est le CD-ROM. Le CD-ROM (*Compact Disk Read-Only Memory*) est un média optique en lecture seule fondé sur le format original CD-DA (*Digital Audio*) développé au départ pour les CD audio. D'autres formats, tels que le CD-R (*CD Recordable*, enregistrable) et CD-RW (*CD ReWritable*,

réinscriptible), étendent les possibilités du CD en permettant l'écriture de données. Comme nous le verrons dans la suite du chapitre, les technologies telles que le DVD (*Digital Versatile Disk*) offrent la possibilité de stocker plus de données sur un disque de taille similaire.

Les lecteurs de CD-ROM sont considérés comme des périphériques standard sur les PC depuis de nombreuses années. Les principales exceptions à cette règle sont les PC conçus pour être utilisés exclusivement dans le cadre d'un réseau et ne disposant de ce fait d'aucun lecteur.

Les anciens disques CD-ROM pouvaient enregistrer 74 minutes de données audio en haute-fidélité au format audio CD de 650 Mio (ou 682 Mo). Toutefois, la norme actuelle du CD-ROM est un disque de 80 minutes capable de contenir 700 Mio (ou 737 Mo). Lorsque des fichiers audio au format MP3, WMA ou sous un format compressé identique sont stockés sur CD, il est possible de conserver plusieurs heures de son sur un même disque (en fonction du format de compression et du débit employés). De la musique seule, des données seules ou une combinaison des deux (*Enhanced CD*) peuvent être stockées sur une face (seule la face inférieure est utilisée) d'un disque plastique de 120 mm de diamètre pour 1,2 mm d'épaisseur.

Le format du CD-ROM est exactement le même que celui du CD-DA audio. Un CD-ROM peut, de ce fait, être introduit dans un lecteur de CD audio classique. Parfois, il ne peut pas être lu, car le lecteur prend en compte les informations de sous-code correspondant aux pistes et indiquant qu'il s'agit de données et non de musique. De toute façon, le seul résultat qu'il serait possible d'obtenir serait la diffusion de bruits, sauf si des pistes audio précèdent les données sur le CD-ROM (voir section "CD-Extra – Livre bleu", plus loin dans ce chapitre). L'accès aux données d'un CD-ROM par l'intermédiaire d'un ordinateur est beaucoup plus rapide que pour une disquette, mais plus lent qu'avec les disques durs modernes. Le terme CD-ROM fait référence à la fois au disque proprement dit et au lecteur qui le lit.

Si en 1988, à peine une douzaine de CD-ROM avaient été édités, vous trouverez aujourd'hui des centaines de milliers de disques contenant des données et des programmes allant de statistiques agricoles à des jeux d'apprentissage pour les classes du préscolaire. Qu'il s'agisse des PME, des administrations locales et nationales ou des grandes entreprises, tout le monde publie aujourd'hui des CD-ROM, même si ces derniers sont parfois réservés à un usage interne. La bibliothèque des annuaires téléphoniques peut aujourd'hui être remplacée par un ou deux CD-ROM.

CD : un bref historique

En 1979, Philips et Sony ont joint leurs forces pour produire en commun le standard CD-DA (*Compact Disk – Digital Audio*). Philips avait déjà développé des lecteurs de disques laser commerciaux et Sony profitait de dix ans de recherche dans le domaine de l'enregistrement numérique. Les deux entreprises étaient prêtes à se livrer bataille avec l'introduction de formats de disques laser audio potentiellement incompatibles, lorsqu'elles sont arrivées à un accord pour mettre au point une technologie audionumérique unique faisant office de standard industriel.

Philips est intervenu essentiellement dans la conception physique, semblable à celle du disque laser créé précédemment et utilisant des microcavités qui seront lues par un laser. Sony, pour sa part, a contribué à toute la partie électronique permettant la conversion du numérique en analogique et notamment au codage numérique et à la conception du code de correction d'erreurs.

En 1980, les deux entreprises ont annoncé le standard CD-DA, appelé depuis lors format Livre rouge (parce que la couverture du document officiel publié était rouge). Le Livre rouge contient des spécifications pour l'enregistrement, l'échantillonnage et, par-dessus tout, le format physique de 120 mm de diamètre que nous connaissons encore aujourd'hui. D'après la légende, ce format a été choisi parce qu'il permettait d'enregistrer d'un seul tenant l'ensemble de la *Neuvième Symphonie* de Beethoven (qui dure environ 70 minutes), par rapport aux 23 minutes par face des anciens 33 tours.

Après avoir établi ces spécifications, les deux constructeurs se sont lancés dans une véritable course pour introduire au plan commercial le premier lecteur de CD audio. Du fait de son expérience plus vaste dans le domaine de l'électronique numérique, Sony a gagné, devançant Philips d'un mois en introduisant, le 1er octobre 1982, le lecteur CDP-101 et le premier enregistrement commercial, le CD *52nd Street* de Billy Joel. Le lecteur a d'abord été commercialisé au Japon, puis en Europe. Il n'a été disponible aux États-Unis qu'à compter du début de l'année 1983. En 1984, Sony a également produit les premiers lecteurs de CD portables et pour voitures.

Sony et Philips ont poursuivi leur collaboration sur les standards CD durant une décennie et, en 1984, ils ont publié le standard CD-ROM du Livre jaune. Ce Livre jaune a transformé le CD, média de stockage audionumérique, en un support de stockage de données en lecture seule, utilisable sur un ordinateur. Si le format physique n'a pas été modifié par rapport au CD audio, le décodage électronique a été amélioré pour permettre un enregistrement plus fiable des données. En fait, tous les standards postérieurs (auxquels il est en général fait référence par la couleur de leur reliure) reposent sur le Livre rouge en ce qui concerne les paramètres physiques du disque. Avec l'avènement du Livre jaune (standard CD-ROM), le média qui était conçu au départ pour stocker la *Neuvième Symphonie* de Beethoven pouvait désormais servir à enregistrer pratiquement n'importe quel type d'information ou de logiciel.

Technologie et fabrication des CD-ROM

Malgré leur apparence semblable à celle des CD-DA, les CD-ROM stockent des données à la place (ou en complément) des informations audio. Les lecteurs de CD-ROM des PC lisant les disques de données sont identiques aux lecteurs de CD audio, avec toutefois des changements importants au niveau de la conception électronique pour permettre la détection et la correction des erreurs. Si une erreur de lecture dans une chanson n'est qu'un incident mineur, souvent indécelable, une telle erreur dans la lecture de données est inacceptable.

Un CD est un disque multicouche de polycarbonate de 120 mm de diamètre et de 1,2 mm d'épaisseur, doté d'un trou de 15 mm en son centre. Ce disque est injecté et une spirale y est moulée, partant du centre du disque et s'étendant vers le bord extérieur. La spirale a un pas de 1,6 micron (millième de millimètre). En comparaison, la piste physique d'un 33 tours a un pas de 125 microns.

En considérant la face de lecture (la face inférieure), le disque tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. En examinant la piste au microscope, on constate que tout au long de celle-ci se trouvent des microcavités (*pits*) entrecoupées de zones planes (*lands*).

Le laser utilisé pour lire le CD ne traverse pas le disque de plastique, car celui-ci est recouvert, sur sa face supérieure, d'une couche métallique réfléchissante (en général de l'aluminium). L'aluminium lui-même est couvert d'une mince couche de protection de laque acrylique sur laquelle vient prendre place une étiquette ou une impression.

Attention

Les médias CD-ROM sont à manipuler avec le même soin que les négatifs photo. Le CD-ROM est un média optique et il se dégrade si sa surface optique est salie ou rayée. Il est également important de noter que si ce disque est lu par le bas, la couche contenant la piste est en réalité beaucoup plus proche de la face supérieure, car la laque de protection n'a qu'une épaisseur de 6 à 7 microns. Le fait d'écrire sur le dessus du disque, par exemple avec un stylo à bille, risque d'endommager le média. Faites attention si vous écrivez sur le disque avec un marqueur, les encres et solvants utilisés dans certains feutres risquant d'attaquer la laque et d'endommager la couche des données placée juste dessous. N'employez que des marqueurs prévus à cet effet pour écrire sur les CD-ROM ou CD-R ou testés comme compatibles. L'important est de manipuler le CD avec soin, surtout la face supérieure.

Production de masse des CD-ROM

Les CD commerciaux fabriqués en grande quantité sont moulés ou pressés et non brûlés par un laser, comme le pensent beaucoup d'utilisateurs (voir Figure 9.1). Si un laser est effectivement utilisé pour graver les données sur le master en verre recouvert d'un matériau photosensible, cette technique est inadaptée à la production de centaines ou de milliers d'exemplaires de copies.

Voici les étapes de la fabrication d'un CD (reportez-vous à la Figure 9.1) :

1. **Surfaçage photorésistant.** Une pièce de verre poli de 240 mm de diamètre et 6 mm d'épaisseur est couverte d'une couche photorésistante d'environ 150 microns, durcie par cuisson à 80 C pendant 30 minutes.
2. **Enregistrement laser.** Un enregistreur à rayon laser envoie des impulsions de lumière laser bleue/violette pour exposer et ramollir certaines zones de la couche photorésistante sur le master en verre.
3. **Développement du master.** Une solution d'hydroxyde de sodium est projetée sur le master en verre, dissolvant les zones exposées au rayon laser et gravant des cavités dans la couche photorésistante.
4. **Electroformage.** Le master développé est ensuite recouvert d'une couche d'alliage de nickel par un procédé appelé électroformage. Il en résulte un master métallique appelé *père.*
5. **Séparation du master.** Le master métallique père est séparé du master en verre. Le père est un master en métal utilisable pour mouler les disques. C'est ce qui se produit pour de petites séries. Toutefois, du fait des dommages causés au master en verre lors de la séparation du père et du nombre limité de disques qu'il est possible de mouler avec le père, ce master métallique est sou-

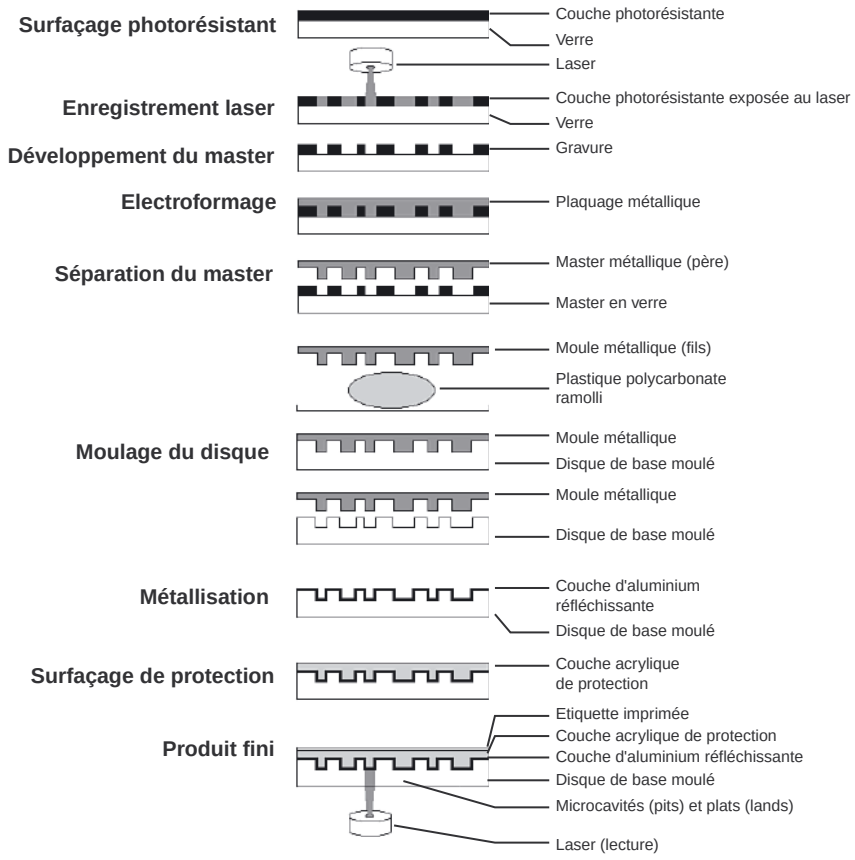


Figure 9.1
Le processus de fabrication d'un CD.

vent électroformé pour créer plusieurs images inverses, les *mères*. Cela permet de mouler un nombre beaucoup plus important de disques sans avoir à repasser par le stade du master en verre.

6. **Moulage (estampage) du disque.** Un moule métallique intervient dans une machine à mouler par injection pour mouler l'image (les cavités) dans un plastique polycarbonate d'environ 18 grammes en fusion (350 C) avec une force d'environ 30 tonnes. Dans les machines modernes, la cadence est de l'ordre d'un disque toutes les 2 à 3 secondes.

7. **Métallisation.** Le disque moulé est recouvert de particules d'aluminium dans une chambre à vide (*sputter*, appareil Balzus) par bombardement magnétique. Cette couche a une épaisseur de 0,05 à 0,1 micron et rend la surface réfléchissante.

8. **Surfaçage de protection.** Le disque ainsi métallisé est ensuite couvert d'une couche (de 6 à 7 microns) de laque acrylique exposée aux UV pour cuisson. Cette pellicule empêche l'oxydation de la couche d'aluminium.

9. **Produit fini.** Pour finir, une étiquette est collée ou le disque est imprimé par jet d'encre, cette dernière opération étant suivie d'une nouvelle cuisson aux UV.

Ce processus de fabrication est identique pour les CD-ROM de données et les CD audio.

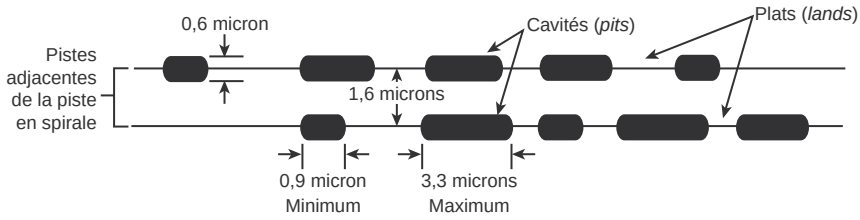
Cavités et plats (pits et lands)

Pour lire les informations sur un disque, un rayon laser de faible intensité est appliqué sur la surface réfléchissante du disque. Le laser envoie un rayon très fin sur la face inférieure du disque et une photodiode détecte la lumière réfléchie. Lorsque le rayon rencontre un plat, la lumière émise par le laser est renvoyée. À l'inverse, si le rayon rencontre une cavité, la lumière n'est pas réfléchie.

Comme le disque tourne au-dessus du laser et de la photodiode, le laser émet un rayon continu et la photodiode détecte les réflexions. Lorsque le laser passe sur une cavité, la lumière captée par la photodiode transite de l'état "réfléchie" à "non réfléchie" et *vice versa*. Chaque changement d'état de la réflexion causé par le passage sur une cavité est traduit numériquement en un bit 1. Le microprocesseur du lecteur convertit les transitions lumière/ombre ou ombre/lumière en bits 1, les zones sans transition en bits 0, puis convertit ces valeurs en données ou en sons.

Les cavités individuelles sur un CD ont une profondeur de 0,125 micron et une largeur de 0,6 micron. Les cavités et les plats ont des longueurs variables, comprises entre 0,9 micron et 3,3 microns. La piste est une spirale dont les spires sont espacées de 1,6 micron (voir Figure 9.2).

Figure 9.2
Cavités, plats et géométrie de la piste sur un CD.



La différence de niveau entre les cavités et les plats est essentielle, car en rapport avec la longueur d'onde de la lumière laser utilisée pour la lecture. La hauteur de la cavité (pit) est très précisément le quart de la longueur d'onde de la lumière laser. Ainsi, la lumière réfléchie par un plat parcourt une distance supérieure de la moitié de la longueur d'onde de la lumière comparativement à la lumière renvoyée par une cavité. Cela signifie que la lumière réfléchie par une cavité est déphasée d'une demi-longueur d'onde par rapport au reste de la lumière renvoyée par le disque. Les ondes déphasées s'annulent mutuellement, réduisant considérablement la lumière réfléchie et donnant ainsi l'impression que la cavité est dans l'ombre, bien qu'elle soit couverte du même aluminium réfléchissant que les plats.

Le laser de lecture d'un lecteur de CD fonctionne avec une longueur d'onde de 780 nm (nanomètre) d'environ 1 milliwatt. Le polycarbonate utilisé dans les disques a un indice de réfraction de 1,55,

c'est-à-dire que la lumière voyage dans le plastique 1,55 fois plus lentement qu'à l'air libre. Comme la fréquence de la lumière passant au travers du plastique est fixe, la longueur d'onde dans le plastique est réduite du même facteur. Les ondes lumineuses de 780 nm sont ainsi compressées en 780 / 1,55 = 500 nm. La division de ces 500 nm par quatre livre un résultat de 125 nm, soit 125 microns, soit encore la hauteur des cavités !

Infos

Les disques compatibles avec les supports CD et DVD emploient deux lasers différents : l'un de 780 nm pour les CD et l'autre de 650 nm pour les DVD. Par la suite, un lecteur configuré pour des supports CD et DVD pourrait subir une panne d'un laser, l'amenant à ne plus lire (ni écrire) sur un type de support tout en continuant à lire (ou écrire) sur l'autre.

Opérations mécaniques du lecteur

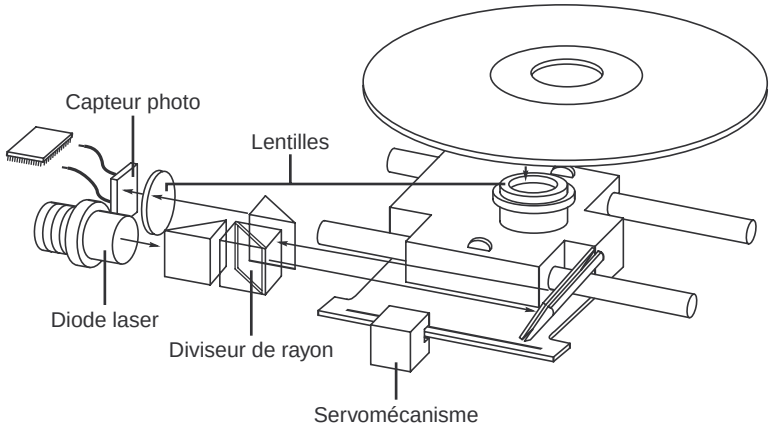
Un lecteur de CD-ROM utilise un laser pour réfléchir la lumière de la face inférieure du disque. Cette lumière réfléchie est ensuite lue par une photodiode. Voici les diverses opérations effectuées par un lecteur de CD-ROM (voir la Figure 9.3) :

1. La diode laser envoie un rayon rouge de faible intensité sur un miroir réfléchissant.
2. Le servomécanisme, sur commande du microprocesseur, positionne le rayon sur la piste correcte du CD-ROM en déplaçant le miroir.
3. Lorsque le rayon rencontre le disque, sa lumière réfléchie est focalisée au travers de la première lentille placée sous le disque, elle rebondit sur le miroir et est envoyée vers le diviseur de rayon (*beam splitter*).
4. Ce diviseur de rayon dirige la lumière laser retournée sur une autre lentille de focalisation.
5. La dernière lentille oriente le rayon de lumière vers un capteur photo qui convertit la lumière en impulsions électriques.
6. Ces impulsions sont ensuite décodées par le microprocesseur et envoyées en tant que données à l'ordinateur hôte.

À leurs débuts, les lecteurs de CD-ROM étaient trop onéreux pour espérer une diffusion de masse. De plus, les constructeurs n'ont pas fait preuve d'un grand empressement dans l'adoption des standards, entraînant ainsi un retard dans la production de produits diffusés sur CD-ROM. Faute de titres, l'acceptation du CD-ROM a été lente.

Néanmoins, lorsque les coûts de production des lecteurs et des médias ont commencé à chuter, les CD-ROM ont été rapidement assimilés au monde des PC, d'autant que la taille des applications grossissait sans cesse. Théoriquement, tous les logiciels sont aujourd'hui livrés sur CD-ROM (même si certains systèmes d'exploitation et jeux sont actuellement distribués sur DVD-ROM du fait des grosses capacités de stockage), bien que les données n'occupent qu'un vingtième de la capacité totale du média.

Figure 9.3
Les composants internes typiques d'un lecteur de CD-ROM.



Infos

Microsoft Windows Vista n'est distribué au détail que sur DVD. Vous pouvez toutefois acheter des CD directement auprès de Microsoft pour un prix modique. Pour en savoir plus, voir **http://www.microsoft.com/windowsvista/1033/ordermedia/default.mspx**.

Pistes et secteurs

Sur un CD traditionnel de 74 minutes, les cavités sont estampées en une unique piste en spirale avec un espacement de 1,6 micron entre les spires, correspondant ainsi à une densité de 625 spires au millimètre. Un CD-ROM standard de 74 minutes (650 Mio) contient 22188 spires. Les CD actuels de 80 minutes bénéficient d'une capacité supérieure en abaissant l'espacement entre les spires. Voir le Tableau 9.1 pour plus d'informations sur les différences entre les deux types de CD.

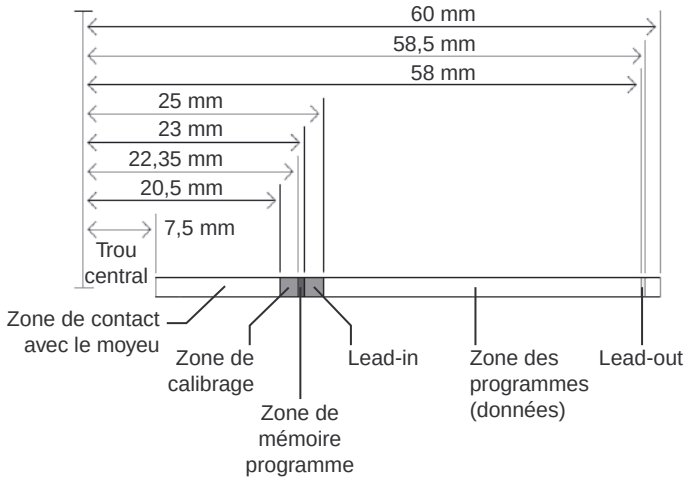
- **Zone de contact avec le moyeu.** C'est la partie du disque où se fixe le mécanisme d'attache. Elle ne contient ni données ni informations.
- **Zone de calibrage de la puissance.** Vous ne la trouverez que sur les disques inscriptibles (CD-R/RW). Elle sert à déterminer la puissance du laser nécessaire pour une gravure optimale. Un disque CD-R ou CD-RW peut être testé de la sorte 99 fois.
- **Zone de Lead-in (en-tête de début).** Cette zone contient la table des matières du disque (ou de la session) dans le canal de sous-code Q. Cette table des matières comprend les adresses de départ et les longueurs de toutes les pistes (audio ou données), la longueur totale de la zone de programme (les données) et des informations sur les diverses sessions individuelles enregistrées. Les disques enregistrés en une fois (Disk-At-Once ou mode DAO) ne possèdent qu'une zone de Lead-in, les disques multisessions disposant d'une zone de Lead-in pour chaque session. Cette zone occupe 4500 secteurs (1 minute, mesurée en temps, ou 9,2 Mo de données). Elle indique si le disque est multisession et quelles sont les adresses inscriptibles sur celui-ci (s'il n'est pas "clos").

- **Zone de données.** Cette zone contient des données vidéo, audio ou autres et commence à 25 mm du centre du disque.
- **Zone de Lead-out.** Cette zone marque la fin de la zone de programme (données) ou d'une session sur un disque multisession. Elle ne contient aucune véritable information, il s'agit simplement d'un marqueur. Le premier Lead-out d'un disque (ou le seul en cas de disque à session unique ou DAO) a une longueur de 1650 secteurs (1,5 minute en temps ou 13,8 Mo en données). Sur un disque multisession, la zone de Lead-out occupe 2250 secteurs (0,5 minute ou 4,6 Mo de données).

Les zones de contact avec le moyeu, de Lead-in, de données et de Lead-out se retrouvent sur tous les CD, sachant que seuls les CD-R ou les CD-RW disposent en complément de la zone de calibrage de la puissance et d'une zone de mémoire de programme au début du disque.

La Figure 9.4 montre ces zones avec leur échelle réelle sur le disque.

Figure 9.4
Les zones du disque (vue latérale).



Officiellement, la piste en spirale d'un média CD-DA ou CD-ROM classique commence à la zone de Lead-in et se termine à la fin de la zone de Lead-out, soit à 1,5 mm de la bordure extérieure du disque. Sa longueur est de 5,77 km. Il est intéressant de noter que dans un lecteur 56× CAV (*Constant Angular Velocity*, vitesse angulaire constante), lors de la lecture de la partie extérieure de la piste, les données se déplacent à une vitesse de 262 km/h devant le laser. Ce qui est encore plus étonnant, c'est que même lorsque les données se meuvent à cette vitesse, le laser est parfaitement en mesure de distinguer et de lire les bits (les transitions entre cavités et plats) espacés de 0,9 micron !

Le Tableau 9.1 présente quelques informations de base sur les capacités des deux principaux CD, le modèle 74 minutes et le modèle 80 minutes. À l'origine, le standard CD a été créé autour du CD de 74 minutes. Les versions en 80 minutes ont été ajoutées par la suite ; elles respectent toutes les spé-

cifications initiales, hormis l'espacement des spires. Un lecteur bas de gamme ou très usé peut rencontrer des difficultés à lire les disques de 80 minutes.

Tableau 9.1 : Paramètres techniques du CD-ROM

Longueur du CD (minutes)	74	80
Longueur du CD (Mio)	650	700
Vitesse de lecture 1× (Mo/s)	1,3	1,3
Longueur d'onde laser (nm)	780	780
Ouverture numérique (lentille)	0,45	0,45
Indice de réfraction du média	1,55	1,55
Espacement des spires (microns)	1,6	1,48
Spires par mm	625	676
Spires par pouce	15875	17162
Longueur totale de la piste (m)	5772	6240
Largeur de cavité (microns)	0,6	0,6
Profondeur de cavité (microns)	0,125	0,125
Longueur minimale de cavité (microns)	0,9	0,9
Longueur maximale de cavité (microns)	3,31	3,31
Rayon interne Lead-in (mm)	23	23
Rayon interne zone des données (mm)	25	25
Rayon externe zone des données (mm)	58	58
Rayon externe Lead-out (mm)	58,5	58,5
Largeur zone de données (mm)	33	33
Largeur totale de la zone de piste (mm))	35,5	35,5
Vitesse de rotation maximale 1× CLV (tr/mn)	540	540
Vitesse de rotation minimale 1× CLV (tr/mn)	212	212
Nombre de spires (zone des données)	20625	22297
Nombre de spires total	22188	23986

O = octet (8 bits), m = mètre
mm = millimètre (millième de mètre)
micron = micromètre (millionième de mètre)
Mo = mégaoctet (1000000 d'octets), CLV (*Constant Linear Velocity*) = vitesse linéaire constante
Mio = mebioctet (1048576 octets), tr/mn = tours par minute

La piste en spirale est divisée en secteurs enregistrés à la vitesse de 75 secteurs par seconde. Un disque de 74 minutes de capacité contient ainsi 333000 secteurs. Chaque secteur est lui-même divisé en 98 trames individuelles de données. Chaque trame comprend 33 octets : 24 octets de données audio, 1 octet de sous-code et 8 octets pour les informations de parité et de contrôle d'erreurs (ECC). Le Tableau 9.2 présente les secteurs et les données audio, ainsi que l'organisation de ces dernières et des trames.

Tableau 9.2 : Secteurs, trames et données audio

Longueur du CD (minutes)	74	80
Secteurs/seconde	75	75
Trames par secteur	98	98
Nombre de secteurs	333000	360000
Longueur de secteur (mm)	17,33	17,33
Longueur d'octet (microns)	5,36	5,36
Longueur de bit (microns)	0,67	0,67
Pour chaque trame :		
Octets de sous-code	1	1
Octets de données	24	24
Octets de parité Q+P	8	8
Nombre total d'octets/trame	33	33
Données audio :		
Taux d'échantillonnage (Hz)	44100	44100
Echantillons par Hz (stéréo)	2	2
Taille échantillon (octets)	2	2
Octets audio par seconde	176400	176400
Secteurs par seconde	75	75
Octets audio par secteur	2352	2352
Pour chaque secteur audio (98 trames) :		
Octets de parité Q+P	784	784
Octets de sous-code	98	98
Octets de données audio	2352	2352
Nombre d'octets/secteur brut (non codés)	3234	3234

Hz = Hertz (cycles par seconde)
mm = millimètre (millième de mètre)
micron = micromètre (millionième de mètre)

Échantillonnage

Lorsque de la musique est enregistrée sur un CD, elle est échantillonnée à raison de 44000 fois par seconde (Hz). Chaque échantillon de musique dispose de deux composants séparés, un pour le canal gauche et l'autre pour le canal droit (stéréo), et chaque composant de canal est converti numériquement en un nombre en 16 bits. Cela permet une résolution de 65536 valeurs possibles, représentant l'amplitude de l'onde sonore pour ce canal à un moment précis.

Le taux d'échantillonnage détermine la plage des fréquences audio susceptibles d'être représentées dans l'enregistrement numérique. Plus le nombre d'échantillons par seconde est élevé, plus le résultat sera fidèle à l'original. Le théorème de Nyquist (publié initialement par le physicien américain Harry Nyquist en 1928) stipule que le taux d'échantillonnage doit être au minimum le double de la fréquence la plus élevée dans l'échantillon pour que l'on puisse reconstruire de manière fiable le signal d'origine. Cela explique pourquoi Philips et Sony ont choisi le taux de 44100 Hz lors du développement du CD : ce taux permet de reproduire fidèlement des sons jusqu'à 20000 Hz, ce qui représente la limite supérieure de l'audition humaine.

Ainsi, les secteurs audio combinent 98 trames de 33 octets chacune, d'où un total de 3234 octets par secteur, dont 2352 servent au stockage des données audio. En plus des 98 octets de sous-code par trame, les 784 octets restants sont utilisés pour la parité et la correction d'erreurs.

Sous-code

Les octets de sous-code permettent au lecteur de trouver les chansons (appelées à tort les *pistes*) sur la spirale et contiennent également des informations complémentaires – ou les transportent sur le disque. Les octets de sous-code sont enregistrés à raison d'un octet par trame, chaque secteur possédant donc 98 octets de sous-code. Deux de ces octets sont utilisés comme marqueurs de bloc de départ et de fin, tandis que les 96 octets restants contiennent des informations. Ces derniers sont divisés en 8 blocs de sous-code de 12 octets, chacun portant une lettre de désignation allant de P à W. Chaque canal de sous-code peut contenir 31,97 Mo de données, soit environ 4 % de la capacité d'un disque audio. Le plus intéressant dans tout cela est que les données sont réparties sur l'ensemble du disque : une donnée de sous-code est ainsi présente partiellement dans chaque secteur du disque.

Les blocs de sous-code P et Q sont utilisés sur tous les disques, les sous-codes de R à W n'intervenant que sur les types CD+G (graphiques) ou CD-Text.

Le sous-code P sert à identifier le début de la piste sur le CD. Le sous-code Q contient une multitude d'informations, qui indiquent par exemple :

- Si les données du secteur sont de type audio (CD-DA) ou données (CD-ROM). Cela empêche la plupart des lecteurs audio de lire des disques de données CD-ROM et évite les éventuels dommages que pourraient subir les haut-parleurs du fait du bruit qui en résulterait.
- Si les données audio sont en un canal ou deux canaux. L'emploi de quatre canaux est extrêmement rare.

- Si la copie numérique est autorisée. Les lecteurs CD-R/RW pour PC l'ignorent. Ce système a été instauré pour empêcher les copies sur bande audionumérique (DAT) ou sur les lecteurs audio domestiques CD-R/RW.
- Si la musique est enregistrée avec pré-accentuation. Il s'agit d'une technique de réduction du bruit et des sifflements.
- L'organisation des pistes (chansons) sur le disque.
- Le nombre de pistes (chansons).
- Les minutes, secondes et numéro de trame du début de la piste courante (chanson).
- Un décompte durant la pause entre deux chansons.
- Les minutes, secondes et numéro de trame du début de la première piste (chanson).
- Le code-barres du CD.
- **Le code ISRC (*International Standard Recording Code*).** Il est propre à chaque piste (chanson) du disque.

Les sous-codes de R à W sont employés sur les CD+G (graphiques) et contiennent des graphiques et du texte. Cela permet d'afficher un nombre limité d'images ou de textes durant la diffusion de la musique. L'emploi le plus fréquent du support CD+G est un karaoké. Ces mêmes sous-codes interviennent sur les CD-Text pour stocker des informations concernant le disque et la piste qui sont ajoutées aux CD audio pour diffusion sur des lecteurs de CD audio compatibles. Les informations CD-Text sont enregistrées en caractères ASCII dans les canaux R à W dans les zones de Lead-in et de programme d'un CD. Sur un disque CD-Text, le sous-code de la zone de Lead-in contient des informations sur le disque complet, par exemple le titre de l'album, celui des chansons ou le nom de l'artiste. Le sous-code de la zone de programme, par contre, comprend des données textuelles relatives à la piste (chanson) courante, dont le titre de la piste, le nom du compositeur, celui du chanteur, etc. Les données CD-Text sont répétées pour chaque piste afin de réduire le délai de récupération des informations.

Les lecteurs compatibles CD-Text sont généralement équipés d'un système d'affichage de texte pour présenter ces informations. Ce système peut aller d'une ou deux lignes de 20 caractères, comme c'est le cas de bon nombre d'autoradios récents, jusqu'à des écrans de 21 lignes de 40 couleurs, sachant présenter des caractères alphanumériques ou graphiques, comme c'est le cas pour les lecteurs domestiques ou informatiques. Cette spécification permet également de futurs développements additionnels, par exemple l'affichage des images JPEG (*Joint Photographics Expert Group*). Les menus interactifs sont utilisables pour sélectionner le texte à afficher.

infos

Les versions actuelles de Windows Media Player n'acceptent pas CD-Text pour la lecture ou la création de CD musicaux, à la différence d'autres lecteurs, comme VuPlayer (**www.vuplayer.com**), RealPlayer (**www.realplayer.com**) et Winamp (**www.winamp.com**). Les programmes populaires de gravure de CD acceptant CD-Text sont entre autres Nero 6, Nero 7 et Nero Express 7 (**www.nero.com**), puis Roxio Easy Media Creator 7.5, 8.0 et 9.0 (**www.roxio.com**).

Gestion des erreurs

La gestion des erreurs de lecture des disques a représenté une bonne part du standard CD original, appelé Livre rouge. Les CD utilisent la parité et des techniques d'entrelacement appelées CIRC (*Cross Interleave Reed-Solomon Code*) pour réduire les effets des erreurs. Ces techniques interviennent au niveau des trames. Lors de l'enregistrement, les 24 octets de données de chaque trame passent d'abord par un encodeur Reed-Solomon pour produire un code de parité de 4 octets, appelé parité "Q", qui est ensuite ajouté aux 24 octets de données. Puis les 28 octets qui en résultent passent par un autre encodeur utilisant une technique différente pour produire 4 autres octets de parité, appelés parité "P". Ajoutés aux 28 octets de départ, il en résulte un ensemble de 32 octets (les 24 octets des données initiales, les 4 octets de parité Q et les 4 octets de parité P). Un octet de sous-code supplémentaire contenant des informations de suivi est ajouté à cet ensemble, soit un total de 33 octets pour chaque trame. Il est à noter que les octets de parité P et Q n'ont rien à voir avec les sous-codes P et Q évoqués précédemment.

Pour minimiser les effets d'une rayure ou d'un défaut physique qui pourrait endommager les trames voisines, plusieurs entrelacements interviennent avant que la trame ne soit enregistrée. Des parties des 109 trames sont ainsi entrelacées (stockées dans des trames et des secteurs différents) avec un certain retard pour réduire la probabilité de rayure ou de défaut sur plusieurs données adjacentes.

Avec les CD et les CD-ROM, la technique CIRC est en mesure de corriger des erreurs d'une longueur de 3874 bits (soit 2,6 mm de longueur de piste). De plus, pour les CD audio, la technique CIRC est la seule à compenser (grâce à l'interpolation) des erreurs de 13282 bits de long (8,9 mm de longueur de piste). L'interpolation est un processus au cours duquel les données sont estimées afin de restaurer la partie manquante. Une telle solution serait bien évidemment inacceptable pour un CD de données. Le Livre rouge définit le BLER (*BLoc Error Rate*) comme le nombre de trames (98 par secteur) par seconde contenant un bit erroné (moyenne sur 10 secondes) et stipule que le taux doit être inférieur à 220. Cette règle autorise ainsi un maximum de 3 % de trames contenant des erreurs pour que le disque soit considéré comme opérationnel.

Une couche additionnelle de composants électroniques de détection et de correction d'erreurs constitue la différence majeure entre les lecteurs de CD audio et les lecteurs de CD-ROM. Les CD audio convertissent les informations numériques stockées sur le disque en signaux analogiques pris ensuite en charge par l'amplificateur stéréo. Dans ce modèle, un certain niveau d'imprécision peut être accepté, car il sera virtuellement imperceptible à l'écoute de la musique. Par contre, les CD-ROM ne peuvent tolérer aucune imprécision. Chaque bit de données doit être lu avec précision. C'est pourquoi les CD-ROM gèrent une masse importante d'informations ECC enregistrées sur le disque en complément des données véritables. L'ECC est en mesure de détecter et de corriger la plupart des erreurs mineures, améliorant ainsi la fiabilité et la précision jusqu'à des niveaux acceptables pour le stockage des données.

Dans le cas d'un CD audio, les données manquantes peuvent être interpolées : les informations suivent un schéma prévisible permettant au lecteur d'interpréter les valeurs absentes. À titre d'exem-

ple, si trois valeurs sont stockées en série sur un disque audio – supposons 10, 13 et 20 – et qu'il manque au beau milieu une valeur (disque endommagé, poussière, etc.) le lecteur procède à une interpolation et arrive à déterminer que la valeur manquante est 15. Bien sûr, il peut parfois se tromper, mais dans le cas de la diffusion de musique, l'effet sera imperceptible. Si les mêmes trois valeurs apparaissent sur un CD-ROM dans un programme exécutable, le lecteur n'a aucun moyen de trouver la valeur manquante. L'interpolation ne fonctionne pas, car les instructions du programme ou les données doivent être exactes, faute de quoi le programme ne pourra être exécuté ou les données nécessaires à un calcul seront fausses.

Sur un CD-ROM contenant des données et non des informations audio, des informations additionnelles sont ajoutées à chaque secteur pour détecter et corriger les erreurs, ainsi que pour identifier avec précision l'emplacement des secteurs de données. À cet effet, 304 octets sont retirés des 2352 octets de départ utilisés à l'origine pour les données audio et sont affectés à la synchronisation (on parle des bits de synchronisation), à l'identification (bits d'ID) et aux informations d'ECC et d'EDC. Il reste donc 2048 octets pour les données utilisateurs proprement dites dans chaque secteur. Comme lors de la lecture d'un CD audio, sur un lecteur 1× (vitesse standard), les secteurs sont lus à une vitesse constante de 75 secteurs par seconde. Il en découle un taux de transfert standard pour les CD-ROM de 2048 × 75 = 153600 octets par seconde, exprimé en général sous la forme 153,6 Ko/s ou 150 Kio/s.

Infos

Certains des systèmes de protection employés sur les CD audio interfèrent volontairement avec les données audio ou les informations CIRC de manière à permettre une diffusion correcte, mais empêchant la copie des fichiers audio, voire du disque complet. La protection contre la copie des CD audio et des CD-ROM est abordée plus en détail plus loin dans ce chapitre, ainsi que les logiciels permettant de contourner ces dispositifs.

Capacité des CD

Chaque seconde d'un CD contient 75 blocs de données, de 2048 octets chacun. Avec ces informations, il est possible de calculer la capacité de stockage maximum d'un CD de 74 ou de 80 minutes, comme montré au Tableau 9.3. Ce tableau indique également la structure des secteurs d'un CD-ROM sur lequel les données sont stockées.

Tableau 9.3 : Capacité et informations de secteur des CD-ROM

Chaque secteur de donnée (Mode 1) :	CD 74 minutes	CD 80 minutes
Octets de parité Q+P	784	784
Octets de sous-code	98	98
Octets de synchronisation	12	12
Octets d'en-tête	8	8
Octets ECC/EDC	284	284
Octets de données	2048	2048
Nombre d'octets/secteur brut (non codés)	3234	3234

Tableau 9.3 : Capacité et informations de secteur des CD-ROM (*suite*)

Capacité en données du CD-ROM :		
O	681984000	737280000
Kio	666000	720000
Ko	681984	737280
Mio	650,39	703,13
Mo	681,98	737,28

O = octet (8 bits), Mio = mebioctet (1048576 octets)
Ko = kilooctet (1000 octets), ECC = code de correction d'erreurs
Kio = kibioctet (1024 octets), EDC = code de détection d'erreurs
Mo = mégaoctet (1000000 d'octets)

Ces informations supposent que les données sont enregistrées en format Mode 1, utilisé en théorie sur tous les disques de données. Vous en apprendrez plus sur les Mode 1/Mode 2 dans la section consacrée au Livre jaune et aux standards XA, plus loin dans ce chapitre.

Avec les secteurs de données, on constate que sur les 3234 octets d'un secteur, seuls 2048 octets sont véritablement des données utilisateur. La plupart des 1186 octets restants servent à la détection et à la correction des erreurs.

Codage des données sur le disque

La façon dont les données sont enregistrées sur le CD est très intéressante. Après mise en place des 98 trames pour chaque secteur (audio ou données), les informations passent à travers un processus de codage appelé EFM (modulation 8-14). Cette modulation prend chaque octet (8 bits) et le convertit en une valeur de stockage de 14 bits. Ces codes de conversion 14 bits sont conçus pour qu'il n'y ait jamais moins de 2 bits 0 ni plus de 10 bits 0 adjacents. EFM est une sorte de codage RLL appelé RLL 2,10 (RLL *x*,*y* où *x* = l'exécution minimale de 0 et *y* = l'exécution maximale de 0). On évite ainsi les longues chaînes de 0 susceptibles d'être mal lues en raison d'horloges mal synchronisées. On limite également la fréquence minimale et maximale des transitions réellement placées sur le support d'enregistrement. Ce ne sont pas les cavités et les plats qui déterminent les bits, mais les transitions (les changements de réfléchissement) entre les deux. La piste du disque est divisée en cellules de bits ou en intervalles de temps (T). Une cavité ou un plat utilisé pour représenter une donnée doit avoir une longueur d'intervalle (cellule) comprise entre 3 T et 11 T.

Comme certains codes EFM commencent ou se terminent par un 1 ou plus de cinq 0, trois bits additionnels, appelés bits de fusion, sont ajoutés entre chaque valeur 14 bits EFM écrite sur le disque. Les bits de fusion sont en général des 0, mais ils peuvent dans certains cas contenir un 1 s'il est nécessaire de fractionner une longue chaîne de 0 adjacents formée par des valeurs 14 bits EFM attenantes. En plus des 17 bits ainsi créés pour chaque octet (EFM plus les bits de fusion), un word de

synchronisation en 24 bits (plus 3 bits de fusion supplémentaires) est ajouté au début de chaque trame. Il en résulte un total de 588 bits (73,5 octets) véritablement stockés sur le disque dans chaque trame. En multipliant cette valeur par 98 trames par secteur, nous obtenons un total de 7203 octets enregistrés sur le disque en représentation de chaque secteur. Un disque de 80 minutes contient ainsi en réalité 2,6 Go de données véritables, dont 737 Mo (703 Mio) sont consacrés aux données utilisateurs.

L'organisation des trames et des secteurs encodés EFM est présentée au Tableau 9.4.

Tableau 9.4 : Répartition des données encodées EFM

Trames encodées EFM :	CD 74 minutes	CD 80 minutes
Bits de synchronisation	21	21
Bits de sous-code	14	14
Bits de données	336	336
Bits de parité Q+P	112	112
Bits de fusion	102	102
Bits EFM par trame	588	588
Secteurs encodés EFM :		
Bits EFM par secteur	57624	57624
Octets EFM par secteur	7203	7203
Total des données EFM sur le disque (Mo)	2399	2593

Mo = mégaoctet (1000000 d'octets)
EFM = modulation 8-14

Au Tableau 9.5, vous trouverez un exemple de codage de données lors de leur enregistrement sur CD. Nous utiliserons pour cet exemple les lettres "N" et "O".

Tableau 9.5 : Codage EFM des données sur le CD

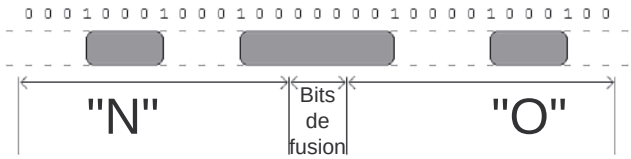
Caractère	N	O
Code ASCII décimal	78	79
Code ASCII hexadécimal	4E	4F
Code ASCII binaire	01001110	01001111
Code EFM	00010001000100	00100001000100

ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) = code standard américain pour les échanges d'informations
EFM = modulation 8-14

La Figure 9.5 représente les données codées sous forme de cavités et de plats (*pits* et *lands*) sur un CD.

Figure 9.5

Représentation physique des données EFM codées, sous forme de cavités et de plats.



Les bordures des cavités sont converties en bits binaires 1. Comme vous pouvez le constater, chaque groupe de 14 bits est utilisé pour représenter un octet de donnée EFM codée sur le disque et chaque code 14 bits EFM est séparé par trois bits de fusion (uniquement des 0 dans cet exemple). Les trois cavités produites ont une longueur de 4 T (4 transitions), 8 T et 4 T. La chaîne des 1 et des 0 au-dessus de la figure montre comment les données seront lues. Notez qu'un 1 est lu chaque fois qu'intervient une transition de cavité à plat. Il est intéressant de souligner que ce schéma est véritablement à l'échelle, ce qui signifie que les cavités ont bien leurs longueurs et leurs largeurs relatives. À travers un microscope, c'est exactement à cela que ressemblerait sur le disque le mot "NO".

Soin des supports optiques

Certains utilisateurs pensent que les lecteurs et les disques optiques sont indestructibles, contrairement aux supports magnétiques. Les disques et lecteurs optiques sont plus fiables que les disquettes aujourd'hui obsolètes, mais les lecteurs optiques actuels sont beaucoup moins fiables que les disques durs modernes ! La fiabilité est le point faible de tous les lecteurs de supports de stockage amovibles et les lecteurs de CD-ROM/DVD-ROM ne font pas exception à la règle.

Les problèmes les plus fréquents avec les disques ou les lecteurs optiques sont dus, le plus souvent, aux rayures et à la poussière. De petites rayures ou des traces de doigts n'affectent pas les performances parce que le faisceau laser se focalise sur un point situé à l'intérieur du disque, mais la saleté ou des rayures plus profondes peuvent nuire à la lecture.

Pour remédier à cela, vous pouvez nettoyer soigneusement la surface inférieure du CD avec un tissu doux. Le meilleur procédé consiste à essuyer le disque en spirale du centre vers le bord. De cette façon, les rayures seront parallèles aux pistes, plutôt que perpendiculaires, ce qui minimisera leur impact. Imbibez le chiffon d'une solution nettoyante qui n'endommage pas le plastique. Il existe des lingettes spéciales pour nettoyer les CD dont le produit nettoyant n'agressera pas le plastique du disque.

Nous recommandons de gommer ou de polir les rayures profondes à l'aide d'un nettoyant spécial pour les matières plastiques et les phares qu'on trouve dans les magasins d'accessoires auto. Il s'agit d'un abrasif très léger. Les produits nettoyants sont plus adaptés à des rayures profondes, les pro-

duits de lustrage sont plus doux et peuvent être employés en touche finale ou seuls, si la surface n'est pas trop endommagée.

Nombreux sont ceux qui prennent soin de la face inférieure du disque, qui est celle qui est lue par le rayon laser, mais la face supérieure est en réalité bien plus fragile ! En effet, le vernis qui la recouvre est très fin, de l'ordre de 6 à 7 microns habituellement (0,24 à 0,28 millième de pouce). Si vous écrivez sur un disque à l'aide d'un stylo à bille, vous allez écraser la couche de vernis et endommager la couche réfléchissante qui se trouve en dessous, rendant ainsi le disque inutilisable. Certains marqueurs contiennent des solvants qui chauffent le vernis, abîmant ainsi le support. Utilisez uniquement des feutres contenant des encres compatibles ou bien des marqueurs spécialement conçus pour écrire sur des CD. Gardez à l'esprit que les rayures ou les lésions situées sur la face supérieure du disque sont plus préjudiciables que celles qui se trouvent en dessous. Il faut aussi retenir que de nombreux produits ménagers (voire certaines boissons) peuvent, s'ils sont renversés sur un disque optique, endommager le revêtement et générer des craquelures ou des écaillements du matériau. Le support est alors bien sûr inutilisable.

La poussière accumulée sur la lentille du lecteur peut également engendrer des erreurs de lecture. Essayez de nettoyer le lecteur et la lentille à l'aide d'une bombe d'air comprimé (pas directement sur la lentille) ou d'un CD de nettoyage.

Si vous avez toujours des problèmes et que vos disques et votre lecteur ne soient pas en cause matériellement, il peut s'agir de la capacité disque. Beaucoup d'anciens lecteurs de CD-ROM ne sont pas fiables quand ils essaient de lire les pistes les plus externes des disques actuels, où sont stockés les derniers bits de données. Vous risquez de rencontrer ce problème avec des CD saturés de données, comme certains titres multimédias. Vous pouvez y remédier à l'aide d'une mise à jour du microcode de votre lecteur ou du pilote du lecteur de CD-ROM, mais vous serez parfois obligé de changer de lecteur.

Un nombre réduit de données sur le disque peut aussi être problématique. Certains anciens lecteurs de CD-ROM utilisent un point de la surface du disque pour calibrer le mécanisme de lecture. Or, si aucune donnée ne se trouve à cet endroit, le lecteur ne sera pas en mesure d'effectuer le calibrage correctement. Là aussi, une mise à jour du microcode ou du pilote du lecteur de CD-ROM est susceptible de résoudre le problème.

Si vous rencontrez des problèmes pour lire un support avec un lecteur ancien et qu'il n'existe pas de mises à niveau par microcode ou qu'il n'a pas résolu le problème, vous devez envisager de remplacer le lecteur. Comme on trouve sur le marché des lecteurs-enregistreurs de CD et DVD à moins de 100 €, il est de loin préférable d'en acquérir un nouveau.

Si vous rencontrez des difficultés à lire une marque ou un type particulier de disque dans certains lecteurs mais pas dans d'autres, c'est certainement un problème de compatibilité lecteur/média. Utilisez dans ce cas les marques et types recommandés par le constructeur du lecteur.

Si un disque pose problème, et non le lecteur en général, il se peut que le média soit défectueux. Essayez alors de l'échanger.

DVD

DVD est l'acronyme de *Digital Versatile Disc*, qui signifie disque numérique polyvalent. Plus simplement, il s'agit d'un CD haute capacité. En fait, un lecteur de DVD-ROM est également un lecteur de CD-ROM; il peut donc lire les deux supports. (Il faut toutefois savoir que de nombreux lecteurs de DVD ne lisent ni les CD-R ni les CD-RW.) Quoique plus dense, le DVD emploie la même technologie que le CD. Un CD-ROM accepte un maximum de 737 Mo de données (80 minutes de musique), ce qui est énorme, mais se révèle souvent insuffisant pour certaines applications nouvelles, particulièrement celles faisant appel à la vidéo. Par ailleurs, le format DVD offre une capacité de stockage initiale de 4,7 Go d'informations numériques sur un disque simple couche, soit 11,5 fois plus qu'un CD. Les DVD double face possèdent le double de cette capacité. Par contre, il faudra retourner manuellement le disque pour lire la seconde face.

Il est possible d'enregistrer deux couches de données sur un DVD, avec une capacité de stockage initiale de 4,7 Go d'informations numériques sur un disque simple couche et simple face, d'un diamètre équivalent à celui d'un CD-ROM mais d'épaisseur moindre. Avec une compression MPEG-2 (*Motion Picture Experts Group – standard 2*, groupe d'experts des images animées), cela permet d'accueillir 133 minutes de vidéo, soit une durée suffisante pour un film complet en mode plein écran – incluant trois canaux audio de qualité CD et quatre canaux de sous-titrage. Avec ses deux couches, un disque unique est susceptible de contenir 240 minutes de vidéo, voire plus. Cette capacité initiale n'est pas une pure coïncidence; la création du DVD a été conduite par l'industrie cinématographique, qui a cherché pendant longtemps un support de stockage moins onéreux et plus durable que la cassette vidéo.

Infos

Il est important de noter la différence entre les standards DVD vidéo et DVD-ROM. Les disques DVD vidéo contiennent uniquement des programmes vidéo et sont conçus pour une diffusion sur un lecteur de DVD connecté à un poste de télévision et éventuellement à un système audio. Un DVD-ROM est un support de stockage destiné à une utilisation sur PC et autres types d'ordinateurs. La distinction est comparable à celle d'un CD audio et d'un CD-ROM. Les ordinateurs sont capables de lire à la fois des CD audio et des CD-ROM, tandis que les lecteurs de CD audio ne sont pas en mesure d'interpréter les pistes de données des CD-ROM. De la même manière, les lecteurs de DVD sur ordinateur peuvent lire les disques DVD vidéo (avec un décodage MPEG-2 soit matériel soit logiciel), mais les lecteurs de DVD vidéo n'ont pas accès aux données d'un DVD-ROM. D'où la nécessité de sélectionner le type de DVD lors de la création du média.

L'un des principaux objectifs du standard DVD est de succéder à terme aux CD et aux cassettes vidéo. Les DVD sont loués ou vendus comme des cassettes vidéo contenant des films, mais ils offrent une qualité supérieure (image et son) et une plus grande capacité de stockage. À l'instar des CD, conçus au départ uniquement pour stocker de la musique, les DVD ont étendu leur champ d'application, notamment dans le domaine du stockage des données informatiques et de la musique de haute qualité.

Historique du DVD

L'origine du DVD reste confuse. Durant l'année 1995, deux standards concurrents, relatifs aux lecteurs de CD-ROM haute capacité, ont vu le jour et ont tenté de dominer le marché. Le CD multimédia était introduit par Sony et Philips, tandis que Toshiba, Time Warner et plusieurs autres sociétés présentaient le disque SD (*Super Density*, super densité). Si ces deux standards avaient envahi le marché, les clients, les spécialistes des loisirs ainsi que les développeurs de logiciels n'auraient pas su lequel choisir.

Craignant une répétition du conflit Betamax/VHS, plusieurs organisations, dont le *Hollywood Video Disc Advisory Group* (Groupe consultatif du disque vidéo d'Hollywood) et le *Computer Industry Technical Working Group* (Groupe de travail technique de l'industrie informatique), se sont regroupées pour former un consortium chargé de développer et de contrôler le standard DVD. Ce consortium insistait sur la nécessité d'un format unique et refusait de cautionner l'une ou l'autre des propositions. Grâce à cette fermeté, en septembre 1995, les deux parties ont travaillé ensemble afin de définir un nouveau format unique de CD-ROM haute capacité. Le nouveau standard, qui réunissait des éléments de chacune des deux propositions initiales, a été appelé DVD. Cet acronyme signifiait à l'origine *Digital Video Disk* (disque vidéo numérique), avant de devenir celui de *Digital Versatile Disk*. La naissance de ce standard unique a évité de répéter la situation dramatique du format VHS/Betamax, et a permis aux industries des logiciels, des matériels informatiques et du film de ne prendre en charge qu'un standard unique.

Après accord sur la protection des copies, entre autres, les standards DVD-ROM et DVD vidéo ont été officiellement annoncés à la fin de l'année 1996. Lecteurs et disques ont fait leur apparition en janvier 1997 au CES (*Consumer Electronics Show*) de Las Vegas pour arriver sur le marché en mars 1997. Les premiers lecteurs coûtaient environ 1000 dollars. Dans un premier temps, on n'a trouvé que 36 titres, disponibles dans sept villes (Chicago, Dallas, Los Angeles, New York, San Francisco, Seattle et Washington, DC). Il a fallu attendre le mois d'août 1997 pour une généralisation des sorties. Après un démarrage confus, dû en grande partie au problème de la protection des copies, qui nécessitait l'acceptation des compagnies cinématographiques (avec un choix de titres restreint), le DVD a connu un succès incroyable. Il est probable que ce phénomène persiste puisque le DVD est en train de devenir un support réinscriptible grand public à part entière destiné également aux ordinateurs.

L'organisation qui contrôle le standard vidéo DVD s'appelle le Forum DVD. Elle a été fondée par dix sociétés : Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, Victor, Pioneer, Sony, Toshiba, Philips, Thomson et Time Warner. Depuis sa création au mois d'avril 1997, plus de 230 entreprises l'ont rejointe. Dans la mesure où ce forum est public, ses réunions sont ouvertes à tous. Voici l'adresse de son site web : **http://www.dvdforum.org**. Le Forum DVD n'étant pas parvenu à un accord sur un format enregistrable universel, ses membres les plus impliqués dans la technologie du CD et du DVD (Philips, Sony et d'autres) ont opéré une scission pour former l'Alliance DVD+RW au mois de juin 2000. Le site web de cette alliance est **http://www.dvdrw.org**. Cette alliance a ensuite lancé le DVD+RW, qui est de loin le format enregistrable le plus souple et celui qui offre la meilleure compatibilité descendante. Le DVD-R/RW et le DVD+R/RW ne sont pas réservés aux ordinateurs. Vous pouvez en

effet acheter des enregistreurs-décodeurs DVD chez de nombreux fabricants (certains pouvant aussi contenir des magnétoscopes pour copier des cassettes non protégées sur DVD).

Infos

Même si les enregistreurs-décodeurs DVD enregistrent des informations avec une qualité supérieure à celle des magnétoscopes, ils ne sont pas aussi populaires que les enregistreurs vidéo numériques (DVR) comme TiVo, RePlay TV et des appareils proposés par les fournisseurs de télévision par câble et satellite. Les DVR stockent sur disque dur bien plus d'informations que ce que permettent les technologies DVD.

Technologie du DVD

La technologie du DVD ressemble à celle du CD. La taille des deux supports est identique (120 mm de diamètre, 1,2 mm d'épaisseur, orifice central de 15 mm), avec des cavités et des plats gravés dans une matrice de polycarbonate. À la différence des CD, les DVD peuvent posséder deux couches d'enregistrement sur une même face et être à double face. Chaque couche est gravée séparément, puis les deux sont "collées" pour former le disque définitif de 1,2 mm d'épaisseur. Le processus de fabrication est quasiment identique, mais les couches de chaque face sont gravées à partir de matrices en polycarbonate différentes qui sont ensuite assemblées pour former le disque final. Le DVD possède une densité d'enregistrement supérieure à celle du CD. Le laser de lecture fonctionne sur une longueur d'ondes inférieure, focalisée plus près du disque, ce qui permet de stocker plus d'informations. Alors que les CD sont des supports monoface, avec une seule couche de cavités et de plats, les DVD peuvent posséder jusqu'à deux couches par face et contenir des informations sur chacune d'entre elles.

Comme pour les CD, chaque couche est gravée ou moulée de façon à obtenir une piste en spirale unique qui part de l'intérieur pour aller vers l'extérieur. Le disque tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (vu par-dessous) et chaque piste en spirale contient des cavités (bosses) et des plats (portions pleines), exactement comme sur un CD. Chaque couche enregistrée est couverte d'un film de métal fin destiné à réfléchir le rayon lumineux. La couche externe est composée d'un revêtement plus fin pour permettre au laser d'atteindre la sous-couche. Si le disque est simple face, il est possible d'appliquer une étiquette sur la face supérieure. Sinon, on se contente du petit anneau central pour apposer des inscriptions.

Toujours comme pour un CD, pour lire les informations, le rayon laser de faible puissance rebondit sur les couches réfléchissantes du disque. Le laser braque un rayon vers la partie inférieure du disque. Un récepteur photosensible détecte la présence ou l'absence de lumière. Lorsque la lumière atteint un plat, elle est réfléchie; lorsqu'elle atteint une cavité, le différentiel de phase entre la lumière projetée et la lumière réfléchie annule les ondes et la lumière n'est pas renvoyée.

Chaque cavité a une profondeur de 0,105 micron et une largeur de 0,4 micron. Les cavités et les plats mesurent au moins 0,4 micron et au plus 1,9 micron (sur un disque monocouche).

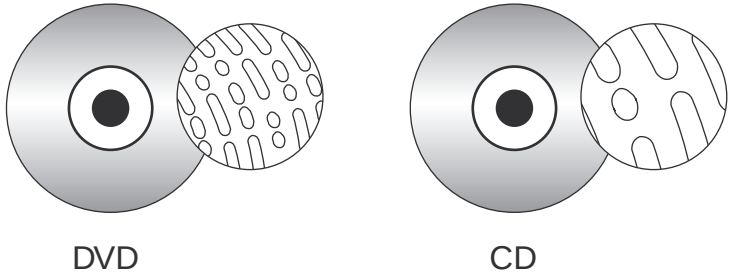
La section précédente, consacrée à la fabrication et à la technologie des CD-ROM, livre tous les détails sur la lecture des cavités et des plats. Nous y expliquons aussi comment ces zones sont converties en données et comment les lecteurs fonctionnent physiquement et mécaniquement.

Les DVD utilisent le même mode de lecture optique que les CD, procédant par lecture des cavités et des plats. Plusieurs facteurs expliquent leur plus grande capacité, dont :

- une longueur de cavité 2,25 fois inférieure (de 0,9 à 0,4 micron);
- une hauteur de piste 2,16 fois inférieure (de 1,6 à 0,74 micron);
- une zone de données légèrement plus grande sur le disque (de 8605 à 8759 millimètres carrés);
- une modulation de bit de canal 1,06 fois plus efficace;
- un code de correction d'erreurs 1,32 fois plus performant;
- une surcharge des secteurs 1,06 fois moins importante (2048/2352 au lieu de 2048/2064 octets).

Les cavités et les plats d'un DVD sont plus petits, ce qui permet au plateau de même taille de contenir beaucoup plus d'informations. La Figure 9.6 montre comment la rainure de la piste composée de cavités et de plats est quatre fois plus dense sur un DVD que sur un CD.

Figure 9.6
Gravure des données sur un DVD (cavités et plats) et sur un CD.



Le lecteur de DVD utilise un rayon laser de longueur d'onde plus courte (650 nm) pour lire les cavités et les plats, qui sont également plus petits. Le DVD est capable de doubler ses capacités de stockage initiales en utilisant les deux faces d'un disque et de les doubler encore en écrivant deux couches de données sur chaque face. La seconde couche de données est écrite sur une sous-couche distincte, située en dessous de la première couche. Cette dernière est semi-réfléchissante afin de permettre au laser d'atteindre la sous-couche. En dirigeant le rayon laser vers l'une des deux couches, le lecteur arrive à lire en moyenne deux fois plus de données à partir d'une zone de même surface.

Pistes et secteurs du DVD

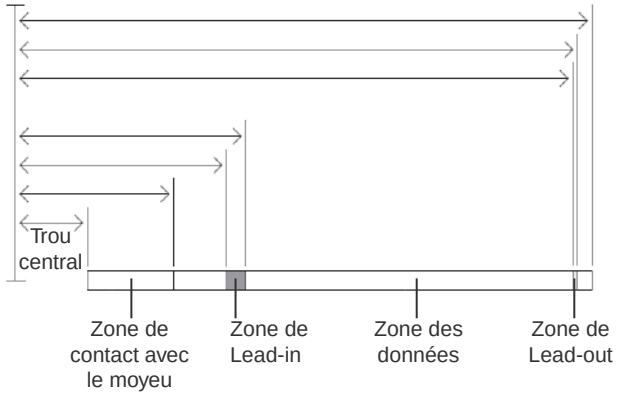
Les cavités sont inscrites dans une seule piste en spirale (par couche) avec un espacement de 0,74 micron entre chaque tour, ce qui correspond à une densité de piste de 1351 tours par millimètre. On arrive à un résultat de 49324 tours et à une longueur de piste totale de 11,8 km. La piste est composée de secteurs, chacun contenant 2048 octets de données. Le disque est divisé en quatre zones principales :

- **Zone de contact avec le moyeu.** C'est la partie du disque où se fixe le mécanisme d'attache. Elle ne contient ni données ni informations.

- **Zone de Lead-in.** Contient les zones de mémoire tampon, le code de référence et essentiellement une zone de données de contrôle comprenant des informations sur le disque. Cette zone de Lead-in est composée de 16 fois 192 secteurs pour un total de 3072 secteurs. Ces séries de 192 secteurs contiennent des informations telles que la catégorie du disque, le numéro de version, la taille et le taux de transfert maximaux, la structure du support, la densité d'enregistrement et l'emplacement de la zone de données. Cette zone occupe 196607 (2FFFFh) secteurs. Contrairement au CD, la structure de base de tous les secteurs d'un DVD est identique. Les secteurs de la zone tampon du Lead-in ont tous un 00h (zéro hexadécimal) enregistré pour les données.
- **Zone de données.** Cette zone contient des données vidéo, audio ou autres et commence au secteur numéro 196608 (30000h). Le nombre total de secteurs peut atteindre 2292897 secteurs par couche pour un disque monocouche.
- **Zone de Lead-out (ou zone intermédiaire).** Cette zone marque la fin de la zone de données. Ses secteurs contiennent tous zéro (00h) pour les données. On l'appelle aussi zone intermédiaire s'il s'agit d'un disque double couche enregistré en mode OTP (*Opposite Track Path*, chemin de piste opposé). Dans ce cas, la seconde couche commence à l'extérieur du disque et se lit à l'inverse de la première couche.

Le DVD possède une perforation centrale de 15 mm de diamètre, dont le rayon à partir du centre du disque est donc de 7,5 mm. La zone de contact avec le moyeu occupe un rayon de 16,5 mm à partir du bord de l'orifice central. La zone de Lead-in commence à 22 mm à partir du centre du disque, la zone de données à 24 mm et la zone de Lead-out à 58 mm. La piste du disque prend officiellement fin à 58,5 mm. Elle est suivie d'une zone vide située en bordure de disque. La Figure 9.7 montre ces zones à assez bonne échelle telles qu'elles apparaissent sur le disque.

Figure 9.7
Différentes zones d'un DVD (vues de profil).



Officiellement, la piste en spirale du standard DVD commence par la zone de Lead-in et s'achève par la zone de Lead-out. Elle mesure environ 11,84 km de long. Il est intéressant de noter que, sur un lecteur CAV 20×, en bordure de piste, les données passent devant le laser à une vitesse de

251 km/h. Encore plus étonnant : même à une telle vitesse, le capteur laser est capable de lire avec précision des bits (transitions entre zones creuses et pleines) espacés de seulement 0,4 micron.

Le DVD existe en version mono ou double couche à simple ou double face. Les disques double face sont en fait deux disques simple face collés dos à dos. Les différences entre les disques simple ou double face sont subtiles. Le Tableau 9.6 synthétise les informations de base sur la technologie du DVD mono ou double face. Comme ces derniers sont enregistrés avec des longueurs de cavités plus importantes, ils stockent donc un peu moins d'informations sur chaque face.

Tableau 9.6 : Paramètres techniques d'un DVD

Type de DVD :	Monocouche	Double couche
Vitesse de lecture 1× (m/s)	3,49	3,84
Ouverture numérique (lentille)	0,60	0,60
Longueur d'onde du laser (nm)	650	650
Indice de réfléchissement	1,55	1,55
Piste (tours) espacement (microns)	0,74	0,74
Tours par mm	1351	1351
Tours par pouce	34324	34324
Longueur totale de piste (m)	11836	11836
Longueur de cellule de l'octet (nm)	133,3	146,7
Longueur d'octet (microns)	1,07	1,17
Longueur de secteur (mm)	5,16	5,68
Largeur de cavité (microns)	0,40	0,40
Profondeur de cavité (microns)	0,105	0,105
Longueur de cavité nominale minimale (microns)	0,40	0,44
Longueur de cavité nominale maximale (microns)	1,87	2,05
Rayon interne du Lead-in (mm)	22	22
Rayon interne de la zone de données (mm)	24	24
Rayon externe de la zone de données (mm)	58	58
Rayon externe du Lead-out (mm)	58,5	58,5
Largeur de la zone de données (mm)	34	34
Aire de la zone de données (mm^2)	8759	8759
Largeur totale de la piste (mm)	36,5	36,5
Vitesse de rotation maximale d'un lecteur CLV 1× (tr/mn)	1515	1667
Vitesse de rotation minimale d'un lecteur CLV 1× (tr/mn)	570	627
Révolutions de piste (zone de données)	45946	45946

Tableau 9.6 : Paramètres techniques d'un DVD (*suite*)

Révolutions de piste (au total)	49324	49324
Secteurs de la zone de données par couche et par face	2292897	2083909
Secteurs par seconde	676	676
Taux de transfert (Mbit/s)	26,15625	26,15625
Bits du support par secteur	38688	38688
Octets du support par secteur	4836	4836
Taux de transfert de l'interface (Mbit/s)	11,08	11,08
Bits de données de l'interface par secteur	16384	16384
Octets de données de l'interface par secteur	2048	2048
Durée de piste par couche (minutes)	56,52	51,37
Durée de piste par face (minutes)	56,52	102,74
Vidéo MPEG-2 par couche (minutes)	133	121
Vidéo MPEG-2 par face (minutes)	133	242

mm = millimètre (millième de mètre)
mm^2 = millimètre carré
micron = millionième de mètre
nm = nanomètre (milliardième de mètre)
tr/mn = tours par minute

Comme le montre le Tableau 9.6, la piste en spirale est divisée en secteurs, qui sont stockés à la vitesse de 676 secteurs par seconde. Chaque secteur contient 2048 octets de données.

Une fois écrits, les secteurs sont d'abord formatés en trames de 2064 octets : 2048 octets sont réservés aux données, 4 octets aux informations d'identification, 2 octets aux codes de détection d'erreurs d'identification (IED, *ID Error Detection*), 6 octets aux informations de copyright et 4 octets au code de détection des erreurs de trame.

On ajoute ensuite aux trames de données le code ECC pour les convertir en trames ECC. Chacune d'entre elles contient des trames de données de 2064 octets, plus 182 octets de parité externe (PO, *Parity Outer*) et 120 octets de parité interne (PI, *Parity Inner*), soit un total de 2366 octets dans chaque trame ECC.

Enfin, les trames ECC sont converties en secteurs physiques sur le disque. À cet effet, on prend 91 octets à la fois dans la trame ECC et on les convertit en bits enregistrés *via* une modulation 8-16. C'est là que chaque octet (8 bits) est converti en une valeur spéciale de 16 bits sélectionnée dans une table. Ces valeurs utilisent un schéma RLL 2,10 conçu de sorte que les phases d'informations codées ne possèdent jamais moins de 2 bits 0 ni plus de 10 bits 0 dans une rangée. Une fois que cha-

que groupe de 91 octets est converti par la modulation 8-16, on ajoute les 320 bits (4 octets) d'informations de synchronisation. Lorsque toute la trame ECC est convertie en secteur physique, les 4836 octets sont alors stockés.

Le Tableau 9.7 montre l'organisation des secteurs, des trames et des données audio.

Tableau 9.7 : Organisation de la trame de données, de la trame ECC et du secteur physique du DVD et autres informations

Trame des données DVD :	
Octets des données d'identification (ID)	4
Octets dans le code de détection d'erreurs d'identification (IED)	2
Octets d'information sur le copyright	6
Octets de données	2048
Code de détection des erreurs (EDC)	4
Total des octets de la trame de données	2064
Trame DVD ECC :	
Total des octets de la trame de données	2064
Octets de parité externe (PO)	182
Octets de parité interne (PI)	120
Total des octets de la trame ECC	2366
Secteurs physiques du support DVD :	
Octets de la trame ECC	2366
Bits de modulation 8-16	37856
Bits de synchronisation	832
Total des bits codés/secteur	38688
Total des octets codés/secteur	4836
Bits de données d'origine/secteur	16384
Octets de données d'origine/secteur	2048
Rapport entre données d'origine/données du support	2,36

Contrairement aux CD, les DVD n'utilisent pas de sous-code, mais ils possèdent des octets d'identification dans chaque trame de données pour stocker des informations sur le numéro du secteur, entre autres.

Gestion des erreurs de DVD

Le code de correction d'erreurs des DVD est plus puissant que celui des CD, qui différencie les données audio/vidéo des données informatiques. Les DVD traitent tous les secteurs de la même manière et leur appliquent le même code de correction d'erreurs.

La correction des erreurs a lieu principalement dans la trame ECC. Les bits de parité externe (colonnes) et interne (rangées) sont ajoutés pour détecter et corriger les erreurs. Ce schéma est simple et pourtant très efficace. Les informations contenues dans les trames de données sont d'abord divisées en 192 rangées de 172 octets chacune. Ensuite, on utilise une équation polynomiale pour calculer et ajouter 10 bits PI à chaque rangée; chaque rangée contient dès lors 182 octets. Enfin, une autre équation polynomiale calcule les 16 octets de parité externe (PO) pour chaque colonne, donnant lieu à un ajout de 16 octets (rangées) dans chaque colonne. Les 192 rangées de 172 octets de départ aboutissent à 208 rangées de 182 octets contenant des informations de parité interne (PI) et externe (PO).

Il est possible d'expliquer la fonction des octets de parité interne et externe à l'aide d'un exemple facile prenant appui sur une parité simple. Dans celui-ci, on stocke 2 octets (01001110 = N, 01001111 = O). Pour ajouter les informations de correction d'erreurs, on les organise en rangées, comme suit :

	Bits de données
	1 2 3 4 5 6 7 8
Octet 1	0 1 0 0 1 1 1 0
Octet 2	0 1 0 0 1 1 1 1

On ajoute ensuite le bit PI dans chaque rangée à l'aide d'une imparité. Si l'on compte les bits 1, on en dénombre 4 dans la première rangée. Le bit de parité créé est donc un 1, la somme donnant lieu à un chiffre impair. Dans la seconde rangée, le bit de parité est un 0, car la somme des 1 était déjà un chiffre impair. Voici le résultat :

	Bits de données	
	1 2 3 4 5 6 7 8	PI
Octet 1	0 1 0 0 1 1 1 0	1
Octet 2	0 1 0 0 1 1 1 1	0

Ensuite, les bits de parité de chaque colonne sont ajoutés et calculés comme précédemment. En d'autres termes, le bit de parité sera tel que la somme des 1 dans chaque colonne donnera lieu à un chiffre impair. Voici le résultat :

	Bits de données	
	1 2 3 4 5 6 7 8	PI
Octet 1	0 1 0 0 1 1 1 0	1
Octet 2	0 1 0 0 1 1 1 1	0
PO	1 1 1 1 1 1 1 0	1

À présent, le code est complet et les bits supplémentaires sont stockés avec les données. Ainsi, au lieu de stocker uniquement 2 octets, 11 bits supplémentaires entrent dans le code de correction d'erreurs. Au moment de relire les données, les calculs des bits de correction d'erreurs sont réitérés et vérifiés pour voir s'ils produisent les mêmes résultats. Pour comprendre comment cela fonctionne, changeons un des bits de données (dû à une erreur de lecture) et recalculons les bits de correction d'erreurs comme suit :

	Bits de données	
	1 2 3 4 5 6 7 8	PI
Octet 1	0 1 0 0 1 0 1 0	0
Octet 2	0 1 0 0 1 1 1 1	0
PO	1 1 1 1 1 0 1 0	1

Maintenant, lorsqu'on compare les bits PI et PO calculés après lecture des données à ce qui était stocké au départ, on constate un changement du bit PI dans l'octet (rangée) 1 et du bit PO pour le bit (colonne) 6. Cela permet d'identifier de manière précise la rangée et la colonne de l'erreur, qui correspond à l'octet 1 (rangée 1), bit 6 (colonne 6). Ce bit est lu comme un 0 et vous savez à présent qu'il aurait dû s'agir d'un 1. Le circuit de correction d'erreurs le remplace simplement par un 1 avant de le renvoyer au système. Comme vous pouvez le voir, en ajoutant des informations dans chaque rangée et colonne, les codes de correction d'erreurs peuvent détecter et corriger les erreurs à la volée.

Outre l'emploi des trames ECC, les DVD mélangent les données des trames à l'aide d'une technique de modification des bits. Ils entrelacent également des parties des trames ECC au moment de leur enregistrement réel sur le disque. Ces procédés servent à stocker les données d'une manière non séquentielle, ce qui évite qu'une rayure ne vienne endommager des données consécutives.

Capacité du DVD (faces et couches)

Il existe principalement quatre types de disques DVD : simple ou double face et mono ou double couche. Voici leurs appellations :

- **DVD-5 – 4,7 Go.** Simple face, monocouche. Un DVD-5 est composé de deux couches collées. L'une est une couche enregistrée (appelée couche 0) et l'autre est vide. On applique généralement une couche d'aluminium sur l'unique couche enregistrée.
- **DVD-9 – 8,5 Go.** Simple face, double couche. Un DVD-9 est composé de deux couches gravées puis collées pour former les deux couches enregistrées du disque simple face et d'une couche vide sur l'autre face. La couche gravée supérieure (couche 0) possède un revêtement doré semi-transparent qui réfléchit ou laisse passer la lumière vers la couche inférieure en fonction de l'endroit où le faisceau laser est focalisé. Un seul laser suffit à lire les deux couches; seule sa focalisation change.
- **DVD-10 – 9,4 Go.** Double face, monocouche. Un DVD-10 est composé de deux couches gravées collées dos à dos. La couche enregistrée (couche 0 de chaque face) est habituellement revê-

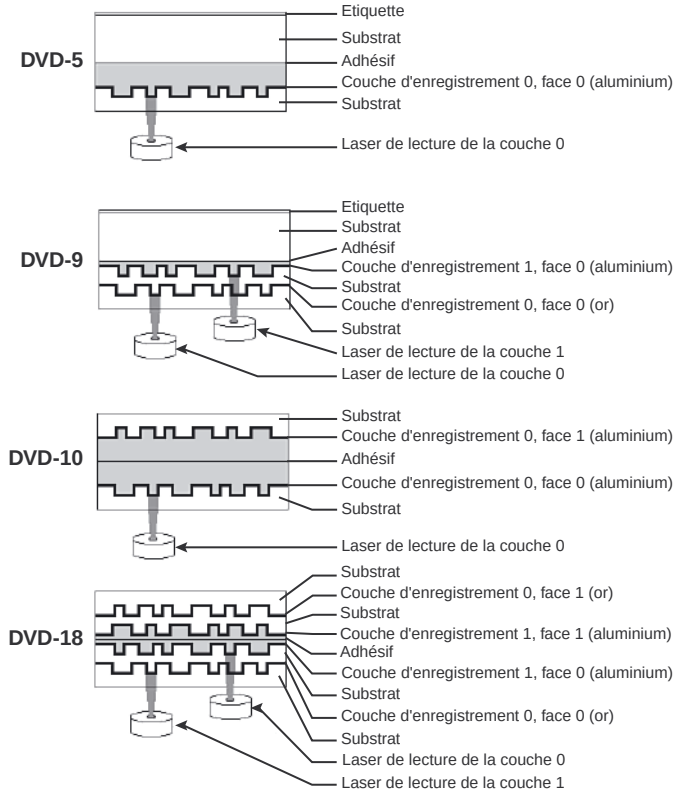
tue d'aluminium. Notez que ces disques sont à double face ; toutefois, les lecteurs possèdent un laser de lecture orienté uniquement vers le bas. Il faut donc sortir et tourner le disque pour lire l'autre face.

- **DVD-18 – 17,1 Go.** Double face, double couche. Un DVD-18 est composé de deux couches et deux faces. Deux couches gravées forment chaque face et celles-ci sont collées dos à dos. Les couches supérieures (couche 0 de chaque face) possèdent un revêtement doré semi-transparent, tandis que les couches inférieures (couche 1 de chaque face) sont revêtues d'aluminium. L'indice de réfléchissement d'un disque simple couche est de 45 % à 85 % et celui d'un disque double couche de 18 % à 30 %. Le circuit AGC (*Automatic Gain Control*) du lecteur compense les différentes propriétés réfléchissantes.

La Figure 9.8 illustre le schéma de construction de chaque type de disque DVD.

Figure 9.8

Types et structures de DVD.



Même si, à la Figure 9.8, deux lasers lisent la partie inférieure des disques double couche, dans la pratique, il n'y en a qu'un seul. C'est la focalisation du faisceau laser qui change pour lire les différentes couches.

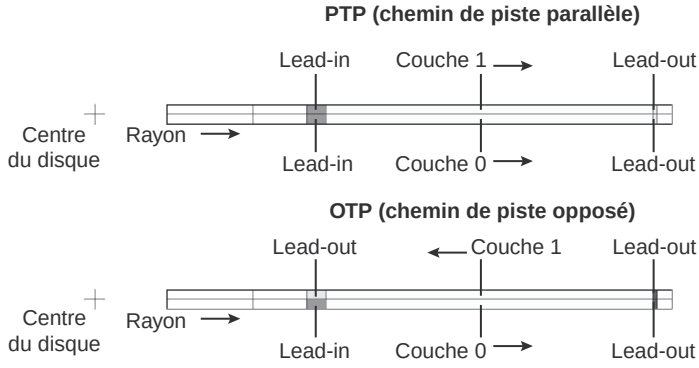
Les couches d'un disque double couche sont enregistrées soit en mode OTP, soit en mode PTP (*Parallel Track Path*, chemin de piste parallèle). Le mode OTP permet de réduire le temps nécessaire pour passer d'une couche à l'autre lors de la lecture du disque. Lorsqu'il atteint la partie interne du disque (la fin de la couche 0), le capteur laser reste au même endroit et se déplace légèrement vers le disque pour pointer vers la couche 1. En mode OTP, la zone de Lead-out située à l'extérieur du disque s'appelle zone intermédiaire.

Les disques écrits en mode PTP possèdent deux couches en spirale qui sont écrites (et lues) de l'intérieur vers l'extérieur. Lorsqu'ils passent de la couche 0 à la couche 1, ils demandent au capteur du laser de se déplacer de l'extérieur (fin de la première couche) vers l'intérieur (début de la seconde couche). Le point focal du laser est ainsi modifié. Pratiquement tous les disques sont écrits en mode OTP pour permettre un passage plus rapide d'une couche à l'autre. L'enregistrement OTP est aussi utilisé par des lecteurs réinscriptibles de DVD double couche.

Pour simplifier la lecture des couches, même superposées, le sens des spirales sur les disques écrits en mode PTP varie d'une couche à l'autre. La spirale de la couche 0 suit le sens des aiguilles d'une montre (la lecture se fait dans le sens inverse des aiguilles d'une montre), tandis que la spirale de la couche 1 tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. En règle générale, le lecteur doit faire tourner le disque dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour lire la couche, mais avec le mode OTP la spirale de la seconde couche est lue de l'extérieur vers l'intérieur. La couche 0 tournoie de l'intérieur vers l'extérieur et *vice versa* pour la couche 1.

La figure 9.9 montre la différence entre PTP et OTP sur un DVD.

Figure 9.9
PTP contre OTP.



Les DVD stockent de 4,7 Go à 17,1 Go en fonction du type de support. Le Tableau 9.8 montre précisément les capacités des différents types de DVD.

Tableau 9.8 : Capacité des DVD

	Monocouche	Double couche
Dénomination	DVD-5	DVD-9
O	4695853056	8535691264
Kio	4585794	8335636
Ko	4695853	8535691
Mio	4586	8336
Mo	4696	8536
Gio	4,6	8,3
Go	4,7	8,5
Vidéo MPEG-2 (approx. en minutes)	133	242
Vidéo MPEG-2 (heures:minutes)	2:13	4:02
	Monocouche double face	Double couche double face
Dénomination	DVD-10	DVD-18
O	9391706112	17071382528
Kio	9171588	16671272
Ko	9391706	17071383
Mio	9172	16671
Mo	9392	17071
Gio	9,2	16,7
Go	9,4	17,1
Vidéo MPEG-2 (approx. en minutes)	266	484
Vidéo MPEG-2 (heures:minutes)	4:26	8:04

O = octet (8 bits)
Ko = kilooctet (1000 octets)
Kio = kibioctet (1024 octets)
Mo = mégaoctet (1000000 octets)
Mio = mebioctet (1048576 octets)
Go = gigaoctet (1000000000 octets)
Gio = gibioctet (1073741824 octets)

Comme vous l'avez sans doute remarqué, la capacité des disques double couche est légèrement inférieure à deux fois celle des disques monocouche, même si les couches occupent le même espace sur les disques (les pistes en spirale ont la même longueur). Cela est intentionnel et destiné à améliorer la lisibilité des deux couches dans une configuration double couche. À cet effet, l'espacement des cellules de bits a été légèrement augmenté, ce qui accroît la longueur de chaque cavité et plat.

Lors de la lecture d'un disque double couche, le lecteur tourne un peu plus vite pour compenser. On obtient donc les mêmes taux de transfert. Toutefois, comme la distance de la piste est parcourue plus rapidement, on stocke globalement moins de données.

Outre les quatre capacités standard répertoriées ici, on trouve également des disques double face avec une couche d'un côté et deux couches de l'autre. On les appelle DVD-14. Leur capacité est de 13,2 Go ou 6 heures et 15 minutes de vidéo MPEG-2. De plus, des disques de 80 mm stockant moins de données dans chaque configuration que les disques standard de 120 mm sont également disponibles.

En raison de la difficulté à fabriquer des disques double face, de leur coût et du fait qu'il faille les éjecter et les retourner pour lire leurs deux faces, la plupart des DVD sont soit des DVD-5 (simple face, simple couche), soit des DVD-9 (simple face, double couche). Ces derniers peuvent stocker jusqu'à 8,5 Go de données ou lire 242 minutes de vidéo MPEG-2 en continu. La capacité des disques vidéo DVD-5 (133 minutes) convient à 95 %, voire plus, des films réalisés à ce jour.

Infos

En visionnant un film enregistré sur un DVD double couche, vous constaterez une courte pause pendant la diffusion au moment où le lecteur change de couche. C'est tout à fait normal et cet arrêt est si court qu'il passe souvent inaperçu.

Codage des données sur le disque

Comme pour les CD, ce ne sont pas les cavités et les plats qui déterminent les bits, mais les transitions (les changements de réfléchissement) entre ces zones. La piste du disque est divisée en cellules de bits ou en intervalles de temps (T). Une cavité ou un plat utilisé pour représenter une donnée doit avoir une longueur d'intervalle (cellule) comprise entre 3 T et 11 T. Une cavité ou un plat de 3 T de long représente 1001 ; celle de 11 T représente 100000000001.

Les données sont stockées à l'aide d'une modulation 8-16, qui est une version modifiée de la modulation 8-14 (EFM) utilisée pour les CD. Pour cette raison, il arrive qu'on l'appelle parfois EFM+. Cette modulation prend chaque octet (8 bits) et le convertit en une valeur de stockage de 16 bits. Ces codes de conversion 16 bits sont conçus pour qu'il n'y ait jamais moins de 2 bits 0 ni plus de 10 bits 0 adjacents (ce qui équivaut à pas moins de 3 T et pas plus de 11 T entre les 1). EFM+ est une sorte de codage RLL appelé RLL 2,10 (RLL *x,y* où *x* = l'exécution minimale de 0 et y = l'exécution maximale de 0). On évite ainsi les longues chaînes de 0 susceptibles d'être mal lues en raison d'horloges mal synchronisées. On limite également la fréquence minimale et maximale des transitions réellement placées sur le support d'enregistrement. Contrairement aux CD, le DVD ne contient pas de bits de fusion entre les codes. Les codes de modulation 16 bits sont en effet conçus de manière à ne pas violer la forme RLL 2,10 sans avoir recours aux bits de fusion. Puisque la modulation EFM utilisée pour les CD nécessite en réalité plus de 17 bits pour chaque octet (en raison des bits de fusion et de synchronisation), EFM+ est légèrement plus efficace, car elle ne génère que 16 bits pour chaque octet codé.

Bien que l'on n'admette pas plus de dix 0 dans la modulation générée par EFM+, les bits de synchronisation ajoutés au moment de l'écriture des secteurs physiques peuvent en contenir jusqu'à 13,

d'où un intervalle de temps pouvant aller jusqu'à 14 T entre les 1 écrits sur le disque et des cavités et des plats avec des intervalles ou des cellules de bits d'une longueur de 14 T.

Disque Blu-ray

Au mois de février 2002, les grandes sociétés spécialisées dans le stockage optique ont dévoilé les caractéristiques d'un nouveau format de disque optique de type CD/DVD : le disque Blu-ray (rayon bleu). Il s'agit d'un format pleinement réinscriptible qui permet d'enregistrer jusqu'à 25 Go de données ou 11,5 heures de vidéo en définition standard sur un disque simple face et monocouche de 12 cm (ce qui correspond au format d'un CD ou d'un DVD) à l'aide d'un laser bleu-violet de 405 nm.

Les premières licences technologiques ont été délivrées en mai 2002 et les premiers produits sont arrivés sur le marché en avril 2003.

L'une des principales applications du stockage optique de haute capacité est la télévision haute définition, qui consomme énormément d'espace de stockage. Les graveurs de DVD actuels n'acceptent pas suffisamment de données pour être compatibles avec la télévision haute définition. La technologie Blu-ray, en revanche, a été prévue pour stocker jusqu'à 4,5 heures de vidéo haute définition (ou plus de 13 heures de télévision standard) sur un même disque. À l'instar du DVD, le Blu-ray emploie la compression MPEG-2.

Infos

Lorsque l'on stocke un mélange de vidéo HD et de vidéo standard sur un disque Blu-ray, la capacité peut aller jusqu'à 2,25 heures de vidéo HD et deux heures de vidéo standard (utilisée pour les bonus) sur un disque à simple couche. Un disque Blu-ray à double couche peut stocker jusqu'à trois heures de vidéo HD et neuf heures de vidéo standard. Les capacités peuvent aussi varier en fonction des débits employés pour le stockage des films (Blu-ray en accepte toute une série).

Les CD standard utilisent un laser de 780 nm (infrarouge) avec une ouverture numérique de lentille de 0,45, tandis que les DVD emploient un laser de 650 nm (rouge) avec une ouverture numérique de lentille de 0,60 (rouge). La technologie Blu-ray fait appel à un laser beaucoup plus court, 405 nm (bleu-violet), avec une ouverture numérique de lentille de 0,85. L'ouverture numérique mesure la capacité d'une lentille à capter la lumière ainsi que la longueur de focale et le grossissement relatif. On peut la dériver en prenant le sinus de l'angle maximal de la lumière entrant dans la lentille. À titre d'exemple, la lentille d'un lecteur de CD-ROM capte la lumière jusqu'à un angle de 26,7°, ce qui donne une ouverture numérique de SIN(26,7) = 0,45. En guise de comparaison, la lentille d'un lecteur de DVD capte la lumière jusqu'à un angle de 36,9°, ce qui donne une ouverture numérique de SIN(36,9) = 0,60. Les lecteurs Blu-ray captent la lumière jusqu'à un angle de 58,2°, ce qui donne une ouverture numérique de SIN(58,2) = 0,85. Ces ouvertures numériques plus élevées permettent à des rayons de plus en plus obliques d'entrer dans la lentille et elles produisent donc une image de résolution supérieure.

Plus l'ouverture est importante, moins la longueur de focale est élevée et plus le grossissement est fort. La lentille d'un lecteur de CD-ROM grossit environ vingt fois, tandis que celle d'un lecteur de DVD grossit environ quarante fois. Le grossissement d'une lentille Blu-ray est d'environ soixante fois. Ce grossissement plus fort est nécessaire, car la distance entre les pistes d'un disque Blu-ray n'est plus que de 0,32 µm, ce qui est presque la moitié de la distance séparant les pistes d'un DVD. Comme la densité est très élevée, une cartouche est employée pour stocker le disque afin de le protéger de la poussière, des traces de doigts et des rayures.

À terme, le disque Blu-ray (ou un autre disque à laser bleu) devrait remplacer le DVD actuel. Pour en savoir plus sur le Blu-ray, visitez le site **www.blu-ray.com**.

HD-DVD

HD-DVD, connu également sous l'appellation *Advanced Optical Disc* (AOD), est un autre format de disque optique à laser bleu de prochaine génération. Il a été développé par Toshiba et NEC. HD-DVD est identique à Blu-ray (mais n'est pas compatible) et fait lui aussi appel à la technologie laser bleu pour atteindre des capacités de stockage plus importantes. Les versions HD-DVD-RW (réinscriptible) peuvent stocker 20 Go sur un disque mono-couche et 32 Go sur un disque à double couche. Le DVD Forum a approuvé la poursuite de l'étude du format HD-DVD en tant que successeur de la technologie DVD actuelle. Malheureusement, le développement du HD-DVD et l'aval du DVD Forum signifient qu'il y aura une nouvelle guerre des formats à propos de la prochaine génération de lecteurs de DVD à laser bleu. Blu-ray est en tête de la course, avec des lecteurs et des disques déjà commercialisés, et la plupart des principaux fabricants se sont d'ores et déjà engagés à produire des lecteurs. Cette nouvelle guerre ne fera qu'amplifier la confusion sur le marché, comme ce fut le cas avec les DVD enregistrables.

Le Tableau 9.9 compare le disque Blu-ray, le HD-DVD et le DVD standard.

Tableau 9.9 : Comparaison entre le disque Blu-ray, le HD-DVD et le DVD

Type de disque	Disque Blu-ray	HD-DVD-ROM	DVD-ROM
Laser	405 nm	405 nm	650 nm
Ouverture numérique	0,85	0,65	0,60
Capacité de stockage (simple couche)	25 Go	15 Go	4,7 Go
Capacité de stockage (double couche)	50 Go	30 Go	8,5 Go
Vidéo SD (simple couche)	11,5 heures	6,9 heures	2 heures
Vidéo SD (double couche)	23 heures	13,8 heures	4 heures
Vidéo HD (simple couche)	4,5 heures	2,7 heures	–
Vidéo HD (deux couches)	9 heures	5,4 heures	–
Codecs vidéo	MPEG-4 AVC (H.264), VC-1, MPEG-2	MPEG-4 AVC (H.264), VC-1, MPEG-2	MPEG-2

Tableau 9.9 : Comparaison entre le disque Blu-ray, le HD-DVD et le DVD (*suite*)

Type de disque	Disque Blu-ray	HD-DVD-ROM	DVD-ROM
Codecs audio sans perte facultatifs	MLP (True HD) [2-ch, 8-ch]*	Linear PCM, Linear PCM/ MLP (True HD) [2-ch, 8-ch]*	Linear PCM [2-ch]
Codecs audio avec perte	Dolby Digital Plus/DTS/ Dolby Digital/MPEG Audio	Dolby Digital Plus/DTS/ Dolby Digital/MPEG Audio	Dolby Digital/MPEG Audio
Taux de transfert max.	54,0 Mbit/s	36,55 Mbit/s	11,08 Mbit/s
Protection du contenu	AACS-128 bits	AACS-128 bits	CSS 40 bits
Résolution vidéo max.	1920 × 1080 p (HDTV)	1920 × 1080 p (HDTV)	720 × 480 p (SDTV)

* Nécessite HDMI 1.1 ou plus pour la prise en charge 8 canaux ; la plupart des systèmes de home cinéma passent à deux canaux ou emploient un codec avec perte pour un son surround 5.1 ou 7.1.

Infos

Pour en savoir plus sur les disques Blu-ray, consultez le site **www.blu-raydisc.com**. *Pour vous documenter sur le HD-DVD, consultez* **www.dvdforum.org**.

Formats de disques optiques

Les lecteurs de CD/DVD sont en mesure d'utiliser une multitude de formats et de standards de disque. Cette section détaille les formats et systèmes de fichiers employés par les lecteurs de CD/DVD de manière à vous permettre de choisir en toute connaissance de cause.

Formats de CD et de lecteurs

Après avoir créé le premier format de CD audionumérique, appelé Livre rouge, Philips et Sony ont commencé à développer d'autres standards permettant aux CD de stocker des fichiers informatiques, des données et même des vidéos et des photographies. Ces standards contrôlent la manière dont les données sont formatées afin que le lecteur puisse les lire. D'autres standards de formats de fichiers indiquent comment concevoir les logiciels et les lecteurs pour qu'ils puissent comprendre et interpréter correctement les données. Notez que le format physique et le stockage des données sur disques, tels que définis dans le Livre rouge, ont été adoptés pour tous les standards de CD ultérieurs. Cela s'applique au codage et aux niveaux de correction d'erreurs de base qui se trouvent dans les CD audionumériques. Les autres "livres" spécifient essentiellement comment gérer les 2352 octets contenus dans chaque secteur, le type de données qui peuvent être stockées et le formatage, entre autres.

Tous les livres officiels de standards de CD et les documents s'y rapportant peuvent être achetés auprès de la société Philips. Pour plus d'informations, consultez le site web qui délivre les licences Philips à l'adresse **www.licensing.philips.com**.

Le Tableau 9.10 décrit les différents formats de CD (ils sont présentés de manière plus détaillée dans les sections suivantes).

Tableau 9.10 : Formats de CD

Format	Nom	Introduit en	Notes
Livre rouge	CD-DA (CD audionumérique)	1980 par Philips et Sony	Standard d'origine des CD audio sur lequel sont fondés tous les autres standards de CD.
Livre jaune	CD-ROM	1983 par Philips et Sony	Spécifie des informations de détection et de correction d'erreurs ECC et EDC dans plusieurs formats de secteurs, y compris en Mode 1 et en Mode 2.
Livre vert	CD-I (*Compact Disc-Interactive*, CD interactif)	1986 par Philips et Sony	Spécifie un standard interactif audio/vidéo pour des lecteurs non destinés aux PC (à présent obsolètes pour la plupart) et pour les disques dédiés aux présentations interactives. Définit les formats de secteurs Mode 1, Forme 1 et Mode 2, Forme 2 ainsi que les vidéos entrelacées MPEG-1 et les CD audio ADPCM.
CD-ROM XA	CD-ROM XA (*eXtended Architecture*, architecture étendue)	1989 par Philips, Sony et Microsoft	Combinaison du Livre jaune et du CD-I pour apporter les fonctionnalités des CD-I audio et vidéo aux PC.
Livre orange	CD-R (inscriptible)	1989 par Philips et Sony (partie I et partie II); 1996 par Philips et Sony (partie III)	Définit les CD mono et multisession et l'écriture de paquets sur les disques enregistrables. Partie I : CD-MO (disque magnéto-optique, supprimé).Partie II : CD-R (disque inscriptible).Partie III : CD-RW (disque réinscriptible).
CD-Photo	CD-P	1990 par Philips et Kodak	Combine les fonctionnalités du CD-ROM XA et du CD-R multisession en un standard destiné au stockage des photographies sur des disques CD-R.
Livre blanc	CD vidéo	1993 par Philips, JVC, Matsushita et Sony	Fondé sur le CD-I et le CD-ROM XA. Il stocke jusqu'à 74 minutes de vidéo au format MPEG-1 et de données audionumériques ADPCM.
Livre bleu	CD-Extra (anciennement CD + ou CD musical amélioré)	1995 par Philips et Sony	Format multisession pour disques gravés; utilisé par des artistes pour incorporer des vidéos et des interviews à un CD audio.
Livre violet	CD double densité	2000 par Philips et Sony	Versions double densité (1,3 Go) du CD-ROM, CD-R et CD-RW (DDCD-ROM, DDCD-R, DDCD-RW).
Livre écarlate	CD Super Audio	1999 par Philips et Sony	Disque musical haute capacité (4,7 Gio); les disques SA-CD hybrides disposent également d'une couche CD-DA pour la comptabilité avec les lecteurs standard.
DualDisc	DualDisc	2004 par Sony BMG, EMI, Universal Music Group et Warner Music Group	Disque double face; format CD-DA modifié pour la musique sur une face, verso pour les DVD vidéo et autres contenus; légèrement plus épais qu'un CD ou DVD normal.

Livre rouge – CD-DA

Le Livre rouge introduit par Philips et Sony en 1980 est le père de toutes les spécifications de disques compacts. En effet, tous les autres "livres" ou formats se fondent sur le format Livre rouge du CD-DA (CD audionumérique) d'origine.

Cette spécification comprend les principaux paramètres, les spécifications audio, celles du support, la pointe de lecture optique, le système de modulation, le système de correction d'erreurs et le système de contrôle et d'affichage. La dernière révision du Livre rouge date de mai 1999.

Pour plus de détails sur le format original Livre rouge, reportez-vous à la section "CD : un bref historique" précédemment dans ce chapitre.

Livre jaune – CD-ROM

Les sociétés Philips, Sony et Microsoft sont à l'origine du Livre jaune, élaboré en 1983, revu et amendé à plusieurs reprises depuis. Le standard Livre jaune a repris le format physique du CD audio d'origine, ou Livre rouge, et y a ajouté une autre couche de code de détection et de correction d'erreurs pour un stockage plus fiable des données. Il adjoint également des informations de synchronisation et de Lead-in pour permettre une localisation plus précise des secteurs. Le Livre jaune spécifie deux types de sectorisation appelés Mode 1 (avec correction d'erreurs) et Mode 2 (avec d'autres niveaux de schémas de détection et de correction d'erreurs). Certaines données, comme les fichiers informatiques, ne tolèrent aucune erreur. Toutefois, d'autres données, telles que les images vidéo ou le son, acceptent quelques erreurs mineures. En utilisant un mode contenant moins d'informations sur la correction d'erreurs, il est possible de stocker plus de données tout en acceptant que certaines erreurs ne soient pas corrigées.

En 1989, l'ISO a établi les spécifications du Livre jaune comme standard international consigné sous le nom de ISO/IEC 10149, CD-ROM (*Data Interchange on Read-Only 120mm Optical Discs*, échange de données sur les disques optiques non inscriptibles de 120 mm). La dernière version date de mai 1999.

Livre vert – CD-I

Le Livre vert a été publié par Philips et Sony en 1986. Le CD interactif ou CD-I est plus qu'un format de disque. Il s'agit d'une spécification à part entière destinée à un système entièrement interactif constitué d'un matériel personnalisé (lecteurs) conçu pour se connecter sur un téléviseur, d'un logiciel prenant en charge les fichiers vidéo et audio en assurant une interactivité avec l'utilisateur en temps réel, d'un support et d'un format. Un lecteur de CD-I est en fait un ordinateur fonctionnant en règle générale avec une variante du processeur Motorola 68000, ainsi qu'avec une version personnalisée du système d'exploitation Microware OS/9 RTOS (*Real Time Operating System*).

Le CD-I autorise les fichiers vidéo et audio à partager un même disque et permet un entrelacement des informations pour une meilleure synchronisation entre les images et le son. À cet effet, on a recours à la compression. Les vidéos sont compressées à l'aide du standard MPEG-1 (*Moving Picture Experts Group*-1) et les fichiers audio à l'aide d'une modulation différentielle adaptative par impulsions codées (ADPCM, *Adaptive Differential Pulse Code Modulation*). L'ADPCM est un algorithme de codage audio occupant environ moitié moins d'espace pour une qualité équivalant au standard PCM (*Pulse Code Modulation*, modulation par impulsions codées). Il permet de stocker 8 heures de son en stéréo et 16 heures en mono sur un seul CD. La partie "différentielle" de cet algo-

rithme renvoie au fait qu'il enregistre les différences entre un signal et celui qui suit (à l'aide de chiffres de 4 bits seulement), ce qui réduit la quantité totale des données. Les fichiers audio ADPCM peuvent être entrelacés avec des fichiers vidéo dans des applications sur CD-I (et sur CD-ROM XA).

Le Livre jaune définit deux structures de secteurs pour les CD-ROM, appelées Mode 1 et Mode 2. Le Livre vert (CD-I) affine la définition du secteur Mode 2 en y ajoutant deux formes appelées Mode 2, Forme 1 et Mode 2, Forme 2. Le secteur Mode 2, Forme 1 correspond au format standard de secteurs avec correction d'erreurs et permet de stocker 2048 octets de données, à l'instar des secteurs Livre jaune Mode 1. Certaines parties ont été modifiées pour permettre l'utilisation des 8 octets inemployés auparavant (espaces ou 0) comme éléments de sous-Lead-in contenant d'autres informations sur le secteur. La définition du secteur Mode 2, Forme 2 ne contient pas de correction d'erreurs et permet de stocker 2324 octets de données. Ainsi, seules les informations vidéo ou audio pourront être stockées dans les secteurs Forme 2, car ce type d'information tolère certaines erreurs mineures.

Les titres de CD interactifs disponibles comprennent des programmes éducatifs, des jeux, des encyclopédies, des titres de karaoké et des films. Les CD-I ne peuvent être "lus" sur PC. En fait, comme les fichiers sont enregistrés au format OS/9, votre PC n'est même pas capable de visualiser les fichiers stockés sur le disque ! Mais il est tout de même possible d'installer des pilotes appropriés. La meilleure source pour obtenir plus d'informations techniques, d'utilitaires, de pilotes et d'émulateurs concernant le CD-I est la nouvelle association *International CD-I Association*, à l'adresse **www.icdia.org**.

De nos jours, le format CD-I est largement obsolète. La dernière révision de ce standard date de mai 1994. Philips a vendu tout son catalogue grand public à la société Infogrames Multimedia, qui détient donc tous les droits pour pratiquement tous les titres de CD-I, en 1998. Philips a tenté de commercialiser pour la dernière fois des lecteurs de CD-I en 1999, mais il est peu probable que l'on en fabrique de nouveaux. Par contre, ce standard a contribué à la naissance d'autres formats de CD qui font appel à des spécifications conçues au départ pour les CD-I, telles que les structures des secteurs Mode 2, Forme 1 et Mode 2, Forme 2 utilisées plus tard dans les CD-ROM XA et le format de fichiers vidéo MPEG repris ultérieurement dans le Livre blanc (CD vidéo).

CD-ROM XA

Le CD-ROM XA, défini à l'origine en 1989 par Philips, Sony et Microsoft, vient en complément du Livre jaune. Ce format apporte au Livre jaune certaines fonctionnalités empruntées au Livre vert (CD-I), en particulier celles qui concernent le multimédia. Le CD-ROM XA ajoute au standard Livre jaune trois fonctionnalités principales. La première se rapporte aux définitions de secteurs améliorés du CD-I (appelées formes) pour les secteurs Mode 2. La deuxième est une fonction appelée entrelacement (mélange d'informations audio et vidéo). La troisième est l'algorithme ADPCM pour les données audio compressées. La dernière version du standard CD-ROM XA date de mai 1991.

Entrelacement

Les lecteurs de CD-ROM XA appliquent une technique connue sous le terme d'entrelacement. Cette spécification permet de coder des informations sur le disque quel que soit le type des données qui suivent directement une marque d'identification (données graphiques, sonores ou textuelles). Les données graphiques peuvent inclure des images standard, des animations ou des vidéos. En outre, ces blocs peuvent être entrelacés ou imbriqués. Par exemple, une trame commencera une piste, suivie d'un segment audio accompagnant la vidéo, lui-même précédant une autre trame vidéo. Le lecteur traite les trames vidéo et audio de manière séquentielle, stockant temporairement les informations en mémoire, puis il les transmet au PC pour la synchronisation.

En résumé, les données sont lues morceau par morceau sur le disque, puis synchronisées au moment de la lecture de manière à être présentées de manière simultanée. Sans entrelacement, le lecteur aurait dû lire l'intégralité de la piste vidéo puis la placer en mémoire tampon avant de pouvoir lire la piste audio et synchroniser les deux avant la lecture.

Modes et formes de secteurs

Le Mode 1 est le format de secteurs standard Livre jaune avec correction et détection des erreurs. Chaque secteur Mode 1 se divise comme illustré aux Tableaux 9.11 et 9.12.

Tableau 9.11 : Répartition du format de secteurs Mode 1 Livre jaune

Secteurs (Mode 1) de CD-ROM Livre jaune :	
Octets de parité Q+P	784
Octets de sous-code	98
Octets de synchronisation	12
Octets de Lead-in	4
Octets de données	2048
Octets de détection d'erreurs	4
Octets d'espace (0)	8
Octets de correction d'erreurs	276
Nombre d'octets/secteur brut (non codés)	3234

Tableau 9.12 : Format de secteurs de CD-ROM Livre jaune Mode 1

Synchronisation	Lead-in	Données utilisateur	EDC	Espace	ECC
12	4	2 048	4	8	276

Dans le Livre jaune, le Mode 2 était un format de secteurs sans détection ni correction d'erreurs. Malheureusement, les secteurs Mode 1 (avec détection et correction d'erreurs) ne peuvent cohabiter

avec les secteurs Mode 2 sur la même piste (programme et données audio). Pour permettre le stockage des données avec ou sans détection et correction d'erreurs sur une même piste, on a ajouté des sous-groupes aux secteurs Mode 2 dans le Livre vert (CD-I). Ces sous-groupes ont été adoptés ultérieurement dans les extensions du CD-ROM XA. Les informations qui ne pouvaient pas tolérer d'erreurs (comme les programmes ou les données informatiques) ont pu être entrelacées ou mélangées sur la même piste à des données qui tolèrent des erreurs (comme les morceaux musicaux ou les vidéos). Ces variations du Mode 2 comprennent les secteurs Forme 1 et Forme 2. Les Tableaux 9.13 à 9.16 montrent la répartition de chaque secteur Mode 2.

Tableau 9.13 : Répartition du format de secteurs Mode 1 Livre vert

Secteurs de CD-ROM XA/Livre vert (Mode 2, Forme 1) :	
Octets de parité Q+P	784
Octets de sous-code	98
Octets de synchronisation	12
Octets de Lead-in	4
Octets de sous-Lead-in	8
Octets de données	2048
Octets de détection d'erreurs	4
Octets de correction d'erreurs	276
Nombre d'octets/secteur brut (non codés)	3234

Tableau 9.14 : Format de secteurs de CD-ROM XA/Livre vert (extensions du Livre jaune) Mode 2, Forme 1

Synchronisation	Lead-in	Sous-Lead-in	Données utilisateur	EDC	ECC
12	4	8	2048 octets	4	276

Tableau 9.15 : Répartition du format de secteurs Mode 2 Livre vert

Secteurs de CD-ROM XA/Livre vert (Mode 2, Forme 2) :	
Octets de parité Q+P	784
Octets de sous-code	98
Octets de synchronisation	12
Octets de Lead-in	4
Octets de sous-Lead-in	8
Octets de données	2324
Octets de détection d'erreurs	4
Nombres d'octets/secteur brut (non codés)	3234

Tableau 9.16 : Format de secteurs du CD-ROM XA/Livre vert (extensions du Livre jaune) Mode 2, Forme 2

Synchronisation	Lead-in	Sous-Lead-in	Données utilisateur	EDC
12	4	8	2324 octets	4

Les deux formats de secteurs Mode 2 ajoutent un champ de sous-Lead-in qui identifie le type d'informations (audio ou vidéo) véhiculé dans le champ des données utilisateur. Contrairement au secteur Forme 1, le secteur Forme 2 ne dispose pas du champ ECC, mais la taille de son champ de données utilisateur est plus importante. Ce type de secteur est destiné au stockage des données audio ou vidéo qui tolèrent certaines erreurs.

Comme ils n'utilisent pas de troisième niveau de correction d'erreurs, les CD-ROM employant le format de secteurs Mode 2, Forme 2 (tels que les CD vidéo MPEG) sont capables d'accueillir plus d'informations utilisateur que les autres types de CD-ROM et ce, sur un même nombre de secteurs. Il en résulte un taux de transfert supérieur : 172 Ko/s au lieu de 150 Ko/s. Notez que les secteurs Forme 2 ne servent jamais à stocker des données ou des programmes qui ne peuvent tolérer aucune erreur. On utilise pour ces informations un format de secteurs Mode 2, Forme 1.

Pour qu'un lecteur soit réellement compatible XA, les données audio Forme 2 codées sur le disque doivent être de type ADPCM, un format audio compressé et codé de manière spécifique. Il faut pour cela que le lecteur ou le contrôleur SCSI soit équipé d'une puce de traitement de signaux capable de décompresser les sons durant la phase de synchronisation.

Certains anciens lecteurs étaient appelés XA Ready (compatibles XA), ce qui signifiait qu'ils pouvaient lire les secteurs Mode 2, Forme 1 et Mode 2, Forme 2, mais ils n'intégraient pas de puce ADPCM. Cet inconvénient n'était pas significatif, car seuls certains titres multimédias utilisent un codage ADPM (avec un entrelacement de données audio et vidéo). Le principal avantage du format XA était qu'il apportait des formes et des modes de secteurs supplémentaires extraits du Livre vert.

Livre orange

Philips et Sony sont à l'origine du Livre orange, apparu en 1989, qui définit les standards des CD enregistrables. Il est composé de trois parties : la partie I décrit le format réinscriptible appelé CD-MO (magnéto-optique), retiré de la vente avant que les produits correspondants ne fassent leur apparition sur le marché. La partie II (1989) définit le CD-R et la partie III (1996) spécifie les CD-RW. Notez que, au départ, les disques CD-R s'appelaient des CD-WO (écrits une fois) et les CD-RW des CD-E (effaçables).

Le CD-R, que l'on trouve dans la partie II du Livre orange, est connu sous le nom de format WORM (*Write Once Read Many*, écriture unique, lecture multiple). Une fois qu'une partie du CD-R est enregistrée, il n'est pas possible de l'effacer ou de la réutiliser. Les CD-R enregistrés sont compatibles avec les standards Livre rouge et Livre jaune, ce qui signifie qu'on peut les lire sur des lecteurs

de CD-DA ou de CD-ROM traditionnels. La définition du CD-R se divise en deux volumes. Le volume I définit des vitesses d'enregistrement d'une, deux et quatre fois celle d'un CD standard; la dernière révision (3.1) date de décembre 1998. Le volume II spécifie des vitesses d'enregistrement jusqu'à quarante-huit fois supérieures à la vitesse standard; la dernière version, qui porte le numéro 1.2, date d'avril 2002.

La partie III du Livre orange décrit le CD-RW. Outre la lecture et l'écriture, le CD-RW permet d'effacer et de réécrire des informations sur le disque, comme son nom l'indique. Sa définition se compose de trois volumes. Le volume I spécifie des vitesses d'enregistrement d'une, deux et quatre fois la vitesse standard; la dernière version, qui porte le numéro 2.0, date d'août 1998. Le volume II définit des vitesses d'enregistrement de quatre à dix fois supérieures à la vitesse standard (hautes vitesses); la dernière version, qui porte le numéro 1.1, date de juin 2001. Le volume III décrit des vitesses d'enregistrement de huit à trente-deux fois supérieures à la vitesse standard (ultrahautes vitesses); la dernière version, qui porte le numéro 1.0, date de septembre 2002.

Outre la capacité d'enregistrer sur des CD, les fonctionnalités les plus importantes de la spécification Livre orange résident dans l'enregistrement multisession.

Enregistrement multisession

Avant la spécification Livre orange, les CD étaient écrits en une seule session. Une session se définit par un préambule (Lead-in), suivi d'une ou plusieurs pistes de données (ou de signaux audio) précédant une terminaison (Lead-out). Le Lead-in occupe 4500 secteurs (1 minute ou 9,2 Mo de données). Il indique également si le disque est multisession, ainsi que la prochaine adresse inscriptible (si le disque n'est pas terminé). La longueur du premier Lead-out (un seul en cas de session unique ou d'un enregistrement *Disk-At-Once*) est de 6750 secteurs (1,5 minute ou 18,8 Mo de données). S'il s'agit d'un disque multisession, tous les Lead-out ultérieurs mesurent 2250 secteurs de long (0,5 minute ou 4,6 Mo de données).

Un CD multisession est composé de plusieurs sessions possédant chacune un Lead-in et un Lead-out. Obligatoires pour chaque session, ces derniers occupent de l'espace. En fait, 48 sessions peuvent littéralement utiliser les 74 minutes d'un disque sans contenir aucune donnée enregistrée! Le nombre limite de sessions qu'il est possible d'enregistrer sur un disque est donc bien inférieur.

Les lecteurs de CD-DA et les anciens lecteurs de CD-ROM ne pouvaient pas lire plus d'une session; c'est pourquoi la plupart des CD pressés sont enregistrés ainsi. Le Livre orange permet d'enregistrer des disques multisessions. À cet effet, il définit trois méthodes ou modes d'enregistrement principaux :

- Disk-At-Once (DAO, disque entier);
- Track-At-Once (TAO, piste par piste);
- Écriture par paquets.

Disc-At-Once

Le mode DAO (*Disk-At-Once*) est une méthode d'écriture en une seule session où le Lead-in, les pistes de données et le Lead-out sont écrits au cours d'une seule opération, sans interruption dans l'action du laser. Le disque est alors fermé. On considère qu'un disque est fermé lorsque le dernier (ou unique) Lead-in est entièrement écrit et lorsque la prochaine adresse utilisable n'est pas enregistrée dans ce Lead-in. Dans ce cas, le graveur de CD ne peut plus ajouter d'informations sur le disque. Notez qu'il n'est pas nécessaire de fermer un disque pour le lire sur un lecteur de CD-ROM normal, à moins que vous ne décidiez de le soumettre à une société de reproduction.

Track-At-Once

Les disques multisessions peuvent être enregistrés soit en mode TAO (*Track-At-Once*, piste par piste), soit en mode Écriture par paquets. En mode TAO, il est possible d'écrire individuellement sur chaque piste (le laser s'allume et s'éteint) dans une même session jusqu'à sa fermeture. Le fait de fermer une session consiste à procéder à l'écriture du Lead-out de fin de la session, ce qui signifie qu'il est possible d'ajouter d'autres pistes à cette session. Si l'on ferme le disque à ce moment, il n'est plus possible d'ajouter de session.

Les pistes enregistrées en mode TAO sont normalement divisées en créneaux de 2 secondes. Chaque piste écrite possède 150 secteurs supplémentaires pour le run-in, le run-out, le pre-gap et la liaison. Un lecteur de CD-R/RW peut lire les pistes même si la session n'est pas achevée, contrairement aux lecteurs de CD audio et de CD-ROM. Si vous souhaitez écrire d'autres sessions sur le disque, vous pouvez fermer la session sans fermer le disque. À ce stade, il est possible de démarrer une autre session d'enregistrement pour ajouter des pistes. Gardez en mémoire qu'une session doit être fermée (écriture du Lead-out) avant qu'un lecteur de CD audio ou de CD-ROM n'ait accès à ses pistes ou avant que vous n'entamiez l'écriture d'une autre session.

Écriture par paquets

L'écriture par paquets est une méthode qui autorise plusieurs séquences d'écriture dans une même piste, réduisant ainsi les secteurs supplémentaires et l'espace disque nécessaires. Chaque paquet utilise 4 secteurs pour le run-in, 2 secteurs pour le run-out et 1 secteur pour faire la liaison. Les paquets peuvent être de longueur fixe ou variable. Toutefois, la plupart des lecteurs et des logiciels à écriture par paquets utilisent une longueur de paquet fixe, car les systèmes de fichiers sont ainsi beaucoup plus faciles à gérer.

Pour écrire des paquets, on emploie normalement la version 1.5 (ou une version ultérieure) du système de fichiers UDF (*Universal Disk Format*), qui permet au CD d'être traité comme un gros lecteur de disquettes. Il est alors possible de faire glisser des fichiers individuellement par glisser-déplacer, d'utiliser la commande Copier pour copier des fichiers sur le disque, etc. Le logiciel d'écriture par paquets et le système de fichiers gèrent tout. Si vous utilisez un CD-R, chaque fois qu'un fichier est effacé ou supprimé, il semble disparaître. Vous ne regagnez pas pour autant l'espace disque ainsi libéré. Le système de fichiers l'oublie tout simplement. Si le disque est un CD-

RW, l'espace est récupéré et le disque sera plein uniquement une fois que le nombre de fichiers actifs excédera la capacité du support.

Malheureusement, jusqu'à la version XP, Windows n'est pas en mesure de lire les CD écrits par paquets et il ne prend pas en charge directement le système de fichiers UDF. Il faut donc charger des pilotes pour lire des disques gravés par paquets. De la même manière, il est nécessaire d'employer un logiciel de gravure spécial pour graver un CD avec ce mode d'écriture. Heureusement, ces pilotes et ce programme sont en règle générale fournis avec le graveur de CD-RW. Le logiciel DirectCD, de Roxio, est l'un des logiciels d'écriture par paquets les plus répandus. Vous pouvez même télécharger gratuitement à partir du site web de Roxio (**www.roxio.com**) un lecteur UDF universel permettant de lire des CD au format UDF 1.5 (enregistrés par paquets) sur n'importe quel graveur ou lecteur de CD.

Windows Vista prend en charge le format UDF bien plus efficacement que les précédentes versions de Windows. Il formate à la fois les CD et les DVD avec Live File System (LFS, le terme de Microsoft pour UDF 2.01), les anciennes versions UDF (1.02, 1.5) et la nouvelle version UDF 2.5, ainsi que les versions en matrice. Les disques UDF 2.01 sont lisibles par Windows XP, Windows Server 2003 ou Windows Vista et acceptent la copie des fichiers en glisser-déposer sous Windows Vista. UDF version 1.02 peut être utilisé avec les DVD-RAM et il est pris en charge par Windows 98 et de nombreux ordinateurs Apple. UDF version 1.5 fonctionne avec Windows 2000/XP et Windows Server 2003, ainsi que les systèmes Linux utilisant un noyau version 2.6 ou supérieure. UDF version 2.5 est compatible avec Windows Vista. Pour le noyau Linux version 2.6.20 et supérieure d'UDF version 2.5, installez le correctif UDF-2.50 disponible à l'adresse **http://sourceforge.net**.

Infos

Par défaut, Windows Vista utilise Live File System (UDF 2.01) pour formater les CD et les DVD. Pour choisir entre Live File System ou Mastered (copie tous les fichiers à la fois, n'accepte pas la copie des fichiers par glisser-déposer), sélectionnez Afficher les options de mise en forme dans la boîte de dialogue Graver un disque. Pour choisir une autre version UDF, sélectionnez Afficher les options de mise en forme, puis Changer de version dans la boîte de dialogue Graver un disque.

Infos

Windows XP offre également une fonction rappelant l'écriture par paquets. Cette fonction, appelée IMAPI (*Image Mastering Application Program Interface*, interface de programme d'application de mastérisation d'image), permet de stocker temporairement des données sur le disque dur avant de les graver sur un CD en une seule session. Il est ensuite possible d'ajouter d'autres sessions au CD, mais chacune entraîne une perte de 50 Mo. Ce système de gravure ressemble à l'écriture par paquets, mais ce n'en est pas. Pour lire des CD enregistrés par paquets au format UDF 1.5 (ou supérieur), il faut installer un lecteur UDF, au même titre que sous les versions précédentes de Windows. Nous recommandons d'installer un programme de gravure tiers offrant la prise en charge de l'écriture par paquets UDF (par exemple Easy Media Creator de Roxio ou Nero Premium de Nero AG).

Lorsque vous éjectez un disque écrit par paquets du lecteur, le logiciel d'écriture de paquets demande si vous souhaitez que les fichiers soient accessibles aux lecteurs de CD-ROM classiques. Si vous répondez par l'affirmative, vous devez alors fermer la session. Vous pourrez toujours écrire ultérieurement sur le disque, mais vous perdrez de l'espace à chaque clôture de session. Si vous lisez le fichier sur un graveur de CD-RW, vous n'avez pas besoin de fermer la session, car ces graveurs sont capables de lire les fichiers même si la session est ouverte.

Attention

Si vous n'êtes pas certain du type de lecteur qui sera utilisé pour lire le support, fermez-le. Cela permet aux utilisateurs des divers types de lecteurs de lire les supports, même si un programme de lecture UDF doit parfois être installé.

Un nouveau standard, appelé Mount Rainier (Mt Rainier), apporte des fonctionnalités inédites en matière d'écriture par paquets. Grâce à lui, l'écriture par paquets peut devenir une composante officielle du système d'exploitation. De plus, les graveurs sont en mesure de prendre en charge la gestion d'erreurs dont ils ont besoin pour pouvoir être employés en tant qu'unités de stockage à supports amovibles. Pour plus d'informations, reportez-vous à la section "Mount Rainier", plus loin dans ce chapitre.

Infos

Dans le cadre du Service Pack 1, Microsoft a créé pour Windows XP des mises à jour qui prennent en charge le standard Mount Rainier. Il est ainsi possible d'employer l'écriture par paquets avec le glisser-déposer (avec un graveur de CD-MRW ainsi qu'avec un graveur de DVD-MRW). Microsoft Windows Vista prend en charge Mount Rainier en série.

CD-Photo

Annoncé dès 1990 mais disponible seulement en 1992, CD-Photo était un standard utilisant les disques et les lecteurs CD-R destinés à stocker des photos. Même si Kodak a commercialisé des "lecteurs" de CD-Photo qui étaient connectés à un téléviseur, la plupart des utilisateurs de CD-Photo utilisaient les lecteurs de CD-ROM avec un logiciel adapté pour décoder et afficher les photos.

Le CD-Photo a eu le mérite d'être le premier format de CD à utiliser la partie II de la spécification du Livre orange (CD-R) pour les enregistrements multisession. En outre, les données sont enregistrées sur un CD-ROM XA dans des secteurs Mode 2, Forme 2; il est donc possible de stocker plus de photos sur le disque.

PhotoYCC, propre à Kodak, servait à stocker jusqu'à six résolutions pour chaque image, comme le montre le Tableau 9.17. La résolution x64 n'était prise en charge que par Pro CD-Photo Master du service.

Tableau 9.17 : Résolutions des CD-Photo

Base	Résolution (pixels)	Description
/16	128 × 192	Miniature
/4	256 × 384	Miniature
X1	512 × 768	Résolution TV
X4	1024 × 1536	Résolution TVHD
X16	2048 × 3072	Taille imprimée
X64	4096 × 6144	Uniquement Pro CD-Photo Master

Aux tout débuts des logiciels de retouche photo, il était assez utile de pouvoir choisir différentes tailles optimisées pour différents objectifs. Toutefois, avec l'ascension des PC haute vitesse exécu-

tant Adobe Photoshop, Adobe Photoshop Elements et d'autres programmes de retouche, mais aussi des lecteurs de CD et DVD enregistrables et réinscriptibles à bas prix et haute vitesse, le format CD-Photo est devenu obsolète. Kodak a interrompu le développement au début de ce siècle et des laboratoires indépendants qui proposaient le service l'ont arrêté en 2004. Kodak propose toujours des pilotes, des logiciels et le microgiciel pour Pro CD-Photo à l'adresse **http://www.kodak.com/global/en/service/professional/products/ekn017045.jhtml**.

Picture CD

En remplacement, Kodak propose à présent le service Picture CD, qui est plus simple. Contrairement au premier, le second utilise le format de fichiers standard JPEG. Il emploie un CD-R qui stocke jusqu'à 40 photos à une résolution moyenne unique de 1024 × 1536 pixels. Cette dernière convient aux développements 10 × 15 et 12 × 17. Ces photos peuvent également être envoyées au service Kodak PhotoNet, depuis lequel elles seront ensuite téléchargées. Kodak propose en outre un service Picture Disk, qui stocke sur une disquette de 1,44 Mo jusqu'à 28 photos à une résolution de 400 × 600 pixels, qui convient aux économiseurs d'écran et aux diapositives.

Le programme fourni avec Picture CD permet à l'utilisateur de retoucher des images grâce à plusieurs opérations automatiques ou semi-automatiques mais, contrairement aux CD-Photo, le format de fichiers standard JPEG (JPG) utilisé pour le stockage permet à tout logiciel de traitement d'images classique de traiter ces images sans qu'il soit nécessaire de les convertir. Bien que la qualité des Picture CD ne soit pas aussi bonne que celle des CD-Photo, le prix bien inférieur de ce service devrait le rendre beaucoup plus populaire auprès des photographes amateurs.

Infos

En numérisant vos négatifs 35 mm avec un scanner à plat hautes performances ou un scanner de pellicules, vous pouvez obtenir des résolutions bien supérieures (jusqu'à 4800 dpi optiques) acceptant des formats d'image supérieurs à ceux de Picture CD. Ainsi, une numérisation de 3200 dpi d'un négatif de film 35 mm pleine taille affiche une résolution d'environ 2570 × 4450 pixels. En numérisant vous-même des négatifs, vous pouvez aussi choisir la qualité des images JPEG et enregistrer les images dans d'autres formats, comme TIFF. Certains labos photo proposent des services de développement et de numérisation de films haute résolution si vous préférez ne pas agir seul.

CD vidéo (VCD) – Livre blanc

Le Livre blanc standard a été introduit en 1993 par Philips, JVC, Matsushita et Sony. Fondée sur les standards Livre vert (CD-I) et CD-ROM XA, cette spécification permet de stocker jusqu'à 74 minutes de vidéo au format MPEG-1 et de données audionumériques ADPCM sur un même disque. La dernière version (2.0) date d'avril 1995. Video-CD 2.0 prend en charge la compression MPEG-1 avec un débit de 1,15 Mbit/s. La résolution d'écran est de 352 × 240 pour le format NTSC et de 352 × 288 pour le format européen PAL. De plus, ce standard accepte la technologie stéréo compatible Dolby Pro Logic.

Les CD vidéo sont comme des DVD appauvris. La qualité de leur image et du son est pourtant assez bonne, certainement meilleure que celle des vidéocassettes au format VHS, entre autres. Il est possible de lire les CD vidéo sur presque tous les PC avec un lecteur de CD-ROM utilisant le Lecteur Windows Media (ou d'autres applications de lecture de fichiers multimédias). Vous pouvez également lire les CD vidéo sur un lecteur de DVD et même sur certaines consoles de jeu telles la Plays-

tation (à condition que celle-ci possède les options appropriées). Même s'il est possible de créer des VCD avec des programmes de production DVD communs comme Roxio Easy Media Creator, un VCD préenregistré est difficile à trouver aujourd'hui, grâce à la popularité du format DVD de qualité supérieure (et plus facile à protéger contre la copie) et de ses homologues de résolution supérieure (Blu-ray et HD-DVD).

CD Super vidéo

La spécification CD Super vidéo 1.0, publiée en mai 1999, est une version étendue de la spécification CD vidéo du Livre blanc. Ce standard utilise la compression MPEG-2, une résolution d'écran NTSC de 480 × 480 et une résolution PAL de 480 × 576. Il accepte également le format MPEG-2 5.1, le son surround et de multiples langues.

CD-Extra – Livre bleu

Les fabricants de CD-DA cherchaient une méthode standard pour combiner à la fois de la musique et des données sur un même CD. Le but était de permettre à l'utilisateur de lire uniquement les pistes audio sur un lecteur de CD standard tout en ignorant la présence des pistes de données. Toutefois, l'utilisateur d'un PC ou d'un lecteur capable de lire cette combinaison pouvait avoir accès à la fois aux pistes audio et aux données stockées sur le même disque.

Le problème fondamental des CD mixtes non standard est que, lorsqu'un lecteur audio tente de lire une piste de données, on obtient des bruits parasites qui peuvent endommager les haut-parleurs et l'ouïe à volume élevé. Certains fabricants ont abordé le problème de plusieurs manières, engendrant une confusion parmi les méthodes de création de ce type de disques. D'ailleurs, quelques appareils permettent encore de lire accidentellement les pistes de données sur un lecteur audio.

En 1995, Philips et Sony ont développé la spécification CD-Extra telle qu'elle est définie dans le standard Livre bleu. Les CD conformes à cette spécification sont des disques CD-Extra (anciennement CD Plus ou *CD Enhanced Music*, CD musical amélioré). Ils appliquent la technologie multisession du standard XA pour séparer les pistes audio de celles contenant les données. Il s'agit d'une sorte de disque multisession marqué. La portion audio du disque peut contenir jusqu'à 98 pistes audio au format Livre rouge, tandis que la seconde session comprend une seule piste de CD-ROM XA Mode 2, susceptible d'accueillir des vidéos, des paroles de chansons, des images statiques et d'autres contenus multimédias. Ces disques sont estampillés du logo CD-Extra qui reprend le logo du CD audio standard suivi du signe plus (+). Il arrive quelquefois que le logo ou le marquage ne soit pas visible et que vous ne sachiez pas qu'un CD audio contient des données avant de l'insérer dans un lecteur de CD-ROM.

Un disque CD-Extra est composé normalement de deux sessions. Les lecteurs de CD audio n'étant pas en multisession, ils jouent uniquement les pistes audio et ignorent la session additionnelle contenant les données. En revanche, un lecteur de CD-ROM équipant un PC est capable de détecter les deux sessions et d'accéder à la fois à la piste audio et à la piste de données.

Infos

De nombreux artistes ont publié des CD audio au format CD-Extra. Ces disques incluent des fichiers de données contenant des paroles de chansons, de la vidéo, la biographie de l'artiste, etc. *Tidal* de Fiona Apple (sorti en 1996) a été l'un des premiers disques CD-Extra de la société Sony Music. Bien d'autres ont suivi depuis. Consultez le site web à l'adresse **www.musicfan.com** pour des exemples de parutions récentes de CD-Extra.

Livre violet

Le Livre violet définit les standards double densité des médias et lecteurs de CD-ROM (DDCD), des CD-R (DDCD-R) et des CD-RW (DDCD-RW). Il a été annoncé par Sony et Philips en juillet 2000 et le standard actuel (1.0) a été publié en juillet 2001.

Les lecteurs de disques réinscriptibles conformes au Livre violet sont en mesure de lire et d'écrire sur des CD, CD-R et CD-RW standard et atteignent leur capacité de 1,3 Go (contre 650/703 Mio pour les lecteurs classiques) en modifiant les caractéristiques suivantes des CD-ROM, CD-R et CD-RW existants :

- La hauteur de la piste a été réduite de 1,6 à 1,1 micron et la longueur minimale de cavité de 0,833 à 0,623 micron pour permettre l'enregistrement en double densité.
- Utilisation de la correction d'erreurs CIRC7 au lieu de CIRC.
- Utilisation d'un format d'adresse ATIP étendu.

Les lecteurs DD prennent en charge la gestion des droits numériques. Ils sont conçus pour empêcher la création de DDCD musicaux. Les Tableaux 9.18 et 9.19 reprennent le détail du format de secteurs utilisé par les lecteurs DD.

Tableau 9.18 : Répartition du format de secteurs Mode 2 Livre violet

Secteurs de DDCD-ROM/Livre violet (Mode 2, Forme 2) :	
Octets de parité Q+P	276
Octets de sous-code	98
Octets de synchronisation	12
Octets de Lead-in	4
Octets de sous-Lead-in	8
Octets de données	2048
Octets de détection d'erreurs	4
Nombres d'octets/secteur brut (non codés)	2 352

Tableau 9.19 : Format de secteurs du DDCD-ROM /Livre violet Mode 2, Forme 2

Synchronisation	Lead-in	Sous-Lead-in	Données utilisateur	EDC
12	4	8	2048 octets	4

Malgré le doublement de capacité des lecteurs DDCD, ils n'ont pas connu le succès. Sony a proposé plusieurs modèles en 2001, mais a arrêté la fabrication des lecteurs. Les médias sont encore disponibles.

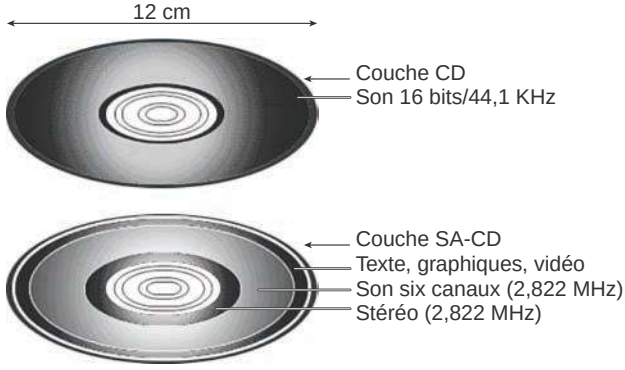
Livre écarlate (SA-CD)

Le Livre écarlate définit la norme officielle du CD Super Audio (SA-CD, aussi appelé SACD), codéveloppé par Philips Electronics et Sony en 1999. Ce livre utilise le codage numérique en flux direct avec un taux d'échantillonnage de 2822 MHz (64 fois celui du Livre rouge).

Du fait du taux d'échantillonnage supérieur et de la plus grande capacité des disques nécessaires pour stocker le son (ainsi que la prise en charge par SA-CD du contenu texte et vidéo), vous ne pouvez pas lire les supports SA-CD standard ou double couche dans un lecteur CD standard ou un lecteur de CD ou de DVD d'un ordinateur. Et bien qu'un support SA-CD standard ait une capacité de 4,7 Gio (la même qu'un DVD simple couche), les formats ne sont pas interchangeables. Le contenu d'un SA-CD est protégé contre la copie par un filigrane physique appelé Pit Signal Processing, indétectable par des lecteurs de DVD standard d'ordinateurs.

Pour simplifier la transition entre le CD Audio et le SA-CD, presque tous les albums SA-CD emploient une conception hybride double couche, dans laquelle la couche supérieure conserve un son CD standard sur des lecteurs CD standard et des lecteurs de CD/DVD d'ordinateurs, et la couche inférieure contient le contenu SA-CD de plus haute densité (voir Figure 9.10).

Figure 9.10
La structure d'un disque SA-CD hybride.



Un disque SA-CD (ou la couche SA-CD d'un disque hybride) comprend la version stéréo de l'album dans sa partie interne, un mélange audio surround six canaux dans la partie médiane et des données supplémentaires comme les paroles, des graphiques et de la vidéo dans la partie extérieure.

Pour obtenir la liste des albums et lecteurs SA-CD et d'autres informations sur les SA-CD, consultez **www.sa-cd.net**.

DualDisc

DualDisc, créé par un consortium des grands labels de disque à l'été 2004 (voir **http://sony-bmg.com/dualdisc**), représente une combinaison de deux formats différents, le CD musical et le DVD, sur un seul disque à deux faces. L'une de ses faces est un CD musical, contenant généralement du son surround ou d'autres formats audio avancés, l'autre est un DVD (au format DVD-5 simple couche) comprenant des vidéos musicales, des tournages de concerts, des liens web et autres caractéristiques.

Même si DualDisc doit fonctionner sur des lecteurs de CD standard, il n'est pas totalement compatible avec les normes du Livre rouge car la couche CD n'est que de 0,9 mm, par rapport à celle de 1,1 mm. Pour compenser l'aberration sphérique née d'une couche CD plus fine, il est possible d'accroître la taille des creux côté CD, ce qui réduit le temps de lecture à 60 minutes.

Attention

Certains fournisseurs de musique emploient le terme DualDisc pour désigner le SA-CD et les albums DualDisc réels. Vérifiez bien les données du support pour être sûr de pouvoir lire le disque sur votre équipement.

Systèmes de fichiers sur CD-ROM

Les premiers fabricants de CD-ROM ont mis au point leurs propres logiciels pour lire les disques. En effet, la spécification des CD-ROM Livre jaune détaille uniquement comment stocker les secteurs de données et omet les secteurs audio. Elle n'expose pas les systèmes de fichiers, la manière de stocker les données dans des fichiers, ni comment les formater pour les utiliser sur des PC avec différents systèmes d'exploitation. Il semble évident que les formats de fichiers non interchangeables présentaient un obstacle de compatibilité globale pour les applications sur CD-ROM.

En 1985-1986, plusieurs sociétés se sont unies et ont publié la spécification du format High Sierra qui a enfin permis aux PC de prendre en charge de manière universelle la lecture des CD-ROM. Aujourd'hui, il existe plusieurs systèmes de fichiers :

- High Sierra ;
- ISO 9660 (fondé sur High Sierra) ;
- Joliet ;
- UDF (*Universal Disk Format*) ;
- Mac HFS (*Hierarchical File Format*) ;
- Rock Ridge ;
- Mount Rainier.

Tous les formats de systèmes de fichiers pour CD ne peuvent pas être lus par tous les systèmes d'exploitation. Le Tableau 9.20 montre les principaux systèmes de fichiers utilisés et les systèmes d'exploitation qui les prennent en charge.

Infos

Les systèmes Mac HFS et Rock Ridge (UNIX) ne sont pas pris en charge par les systèmes d'exploitation pour PC tels que DOS et Windows. Nous ne les aborderons donc pas de manière détaillée dans ce chapitre.

Tableau 9.20 : Formats de systèmes de fichiers pour CD

Système de fichiers	Win 9x/Me	Win NT/2000/XP	Win Vista	Mac OS
High Sierra	Oui	Oui	Oui	Oui
ISO 9660	Oui	Oui	Oui	Oui
Joliet	Oui	Oui	Oui	Oui*
UDF	Oui**	Oui**	Oui	Oui**
Mac HFS	Non	Non	Non	Oui
Rock Ridge (RockRidge)	Oui*	Oui*	Oui*	Oui*
Mount Rainier	Oui***	Oui***	Oui	Oui***

* Un nom de fichier court, tel que "`SHORTN~1.TXT`", apparaît à la place du nom long.
** Seulement si un pilote UDF externe est installé.
*** Nécessite un périphérique Mount Rainier (appelé également EasyWrite) et un pilote logiciel (Win98 ou supérieur) ou un programme de lecture tiers.

High Sierra

Pour que les CD-ROM soient lisibles par tous les PC sans avoir à développer des systèmes de fichiers et des pilotes personnalisés, il était de l'intérêt de tous de résoudre ce problème de standardisation. Lors d'une réunion, en 1985, à l'hôtel-casino High Sierra de Lake Tahoe, en Californie, des représentants des sociétés TMS, DEC, Microsoft, Hitachi, LaserData, Sony, Apple, Philips, 3M, Video Tools, Reference Technology et Xebec ont mis au point un format commun logique et une structure de fichiers pour CD-ROM. En 1986, ces sociétés ont publié ensemble le standard intitulé *Working Paper for Information Processing: Volume and File Structure of CD-ROM Optical Discs for Information Exchange (1986)*, plus connu sous le nom de format High Sierra.

Cet accord a permis à tous les lecteurs équipés du pilote adéquat (tel que MSCDEX.EXE fourni par Microsoft avec DOS) de lire tous les disques au format High Sierra, ouvrant ainsi la voie à l'acceptation et à la production en masse de logiciels sur CD-ROM. L'adoption de ce standard a également donné aux éditeurs de disques la possibilité d'offrir une prise en charge indépendante de toute plateforme pour leurs logiciels, facilitant par là même la création de disques pour DOS, UNIX et d'autres systèmes d'exploitation. Sans ce consensus, la maturation du marché des CD-ROM aurait certainement traîné pendant plusieurs années et étouffé la production d'informations sur CD-ROM.

Le format High Sierra a été soumis à l'ISO (*International Organization for Standardization*, Organisation internationale de normalisation). Deux années plus tard, en 1988, amélioré et modifié, il est republié sous le nom de standard ISO 9660. Le format ISO 9660 n'est pas à proprement parler la

même chose que le format High Sierra, mais tous les pilotes qui peuvent lire les disques formatés au format High Sierra ont rapidement été mis à jour pour gérer ces deux formats.

Par exemple, en 1988, Microsoft a écrit le pilote MSCDEX.EXE (extensions Microsoft pour CD-ROM) et l'a vendu sous licence aux fabricants de logiciels et de lecteurs de CD-ROM pour qu'ils l'incluent dans leurs produits. Il a fallu attendre 1993 et la publication de DOS 6.0 pour que MSCDEX devienne une fonctionnalité standard de DOS. Ce pilote permet à DOS de lire des disques au format ISO 9660 (et High Sierra). Il fonctionne avec une interface ATAPI (*AT Attachment Packet Interface*, interface de connexion pour bus AT) ou un pilote ASPI (*Advanced SCSI Programming Interface*) livrés avec le lecteur. Microsoft a intégré la prise en charge des systèmes de fichiers ISO 9660 et Joliet directement dans Windows 95 et les versions ultérieures, ce qui dispense de pilotes supplémentaires.

ISO 9660

Le standard de données ISO 9660 offre une pleine compatibilité entre ordinateurs et systèmes d'exploitation. Publié en 1988, l'ISO 9660 est le fruit du groupe de travail réuni à High Sierra. Bien que fondé sur ce format, l'ISO 9660 est sensiblement différent; il comprend trois niveaux d'échanges qui indiquent les fonctionnalités utilisables pour garantir la compatibilité entre les différents systèmes.

L'ISO 9660 Niveau 1 est le plus petit dénominateur commun de tous les systèmes de fichiers pour CD. Il peut être lu par presque toutes les plates-formes informatiques, y compris UNIX et Macintosh. Il est par contre très limité en matière de noms de fichiers et de répertoires. Voici quelques-unes de ses restrictions :

- Seules les majuscules allant de A à Z, les nombres de 0 à 9 et le caractère de soulignement (_) sont autorisés dans les noms de fichiers.
- Seuls huit caractères pour le nom du fichier et trois pour son extension (fondé sur les limites du DOS).
- Les noms de répertoires ne doivent pas comprendre plus de huit caractères (aucune extension n'est permise).
- Les répertoires ne peuvent contenir que huit niveaux.
- Les fichiers doivent être contigus.

Les règles d'échange de Niveau 2 sont soumises aux mêmes restrictions que celles du Niveau 1, sauf que la longueur du nom du fichier et de son extension peut atteindre 30 caractères (ajoutés les uns aux autres, sans compter le point de séparation). Enfin, les règles de Niveau 3 sont identiques à celles du Niveau 2, sauf que les fichiers n'ont pas besoin d'être contigus.

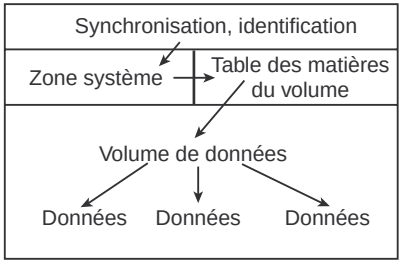
Notez que Windows 95 et ses versions ultérieures permettent d'utiliser des noms de fichiers et de dossiers contenant jusqu'à 255 caractères, avec des espaces, des minuscules et bien d'autres caractères spéciaux interdits dans le format ISO 9660. Pour conserver une compatibilité en amont avec Windows 95 et les versions ultérieures, associez un alias court au format 8.3 à chaque fichier d'une

longueur supérieure. Ces alias sont créés automatiquement par Windows et apparaissent dans les Propriétés de chaque fichier ou si l'on utilise la commande `DIR` à l'invite de commande. Pour créer des alias, Windows tronque le nom en six caractères (ou moins) suivis d'un tilde (~) et d'un numéro commençant à 1; il tronque ensuite l'extension et la ramène à trois caractères. Le système utilise également d'autres nombres dans la première partie s'il existe d'autres fichiers avec le même alias. Par exemple, l'alias du fichier `Ceci est un.test` est `CECIES~1.TES`

La création de cet alias ne dépend pas de votre lecteur de CD, mais il est important de savoir que, si vous créez ou si vous écrivez sur un CD qui utilise le format ISO 9660 avec des restrictions de Niveau 1, ces alias sont utilisés au moment de l'enregistrement sur le disque, ce qui signifie que des noms de fichiers plutôt longs seront perdus dans le processus. En fait, même ces alias seront modifiés, car les restrictions ISO 9660 de Niveau 1 n'acceptent pas le tilde. Ce dernier est converti en caractère de soulignement dans les noms de fichiers inscrits sur le CD.

Les données au format ISO 9660 commencent à 2 secondes et 16 secteurs du disque, une zone que l'on appelle aussi *secteur logique 16 de la piste un*. Dans un disque multisession, les données ISO 9660 sont présentes dans la première piste de données de chaque session contenue dans les pistes d'un CD-ROM. Les données identifient l'emplacement de la zone volume – où sont enregistrées les données. La zone système énumère également les répertoires de ce volume dans la table des matières (VTOC, *Volume Table Of Contents*) avec des pointeurs ou adresses référençant des zones nommées (voir Figure 9.11). Il existe une différence fondamentale entre la structure des répertoires de CD et celle des répertoires d'un disque dur : la zone système du CD contient également les adresses directes des fichiers compris dans les sous-répertoires, permettant ainsi au CD de rechercher des emplacements spécifiques dans la spirale de la piste de données. Comme les données du CD sont organisées sur une longue piste en spirale, lorsque nous parlons de "pistes", dans le contexte d'un CD, nous parlons en réalité de segments ou de secteurs de données sur la spirale.

Figure 9.11
Organisation d'un fichier au format ISO 9660.



Pour mettre le format ISO 9660 en perspective, la présentation du disque est approximativement analogue à celle d'une disquette. Cette dernière possède une piste système qui lui permet non seulement de s'identifier comme une disquette, indiquant sa densité et le système d'exploitation utilisé, mais qui indique également à l'ordinateur la manière dont sont organisés ses répertoires, eux-mêmes constitués de fichiers.

Joliet

Le format Joliet est une extension du standard ISO 9660 développé par Microsoft et destiné à Windows 95 et à ses versions ultérieures. Il permet d'enregistrer des CD en utilisant des noms de fichiers de 64 caractères de long, y compris des espaces et d'autres signes appartenant au jeu de caractères Unicode. Joliet conserve également un alias 8.3 pour les programmes qui utilisent ce format de noms.

Voici les spécifications du format Joliet :

- Les noms de fichiers ou de répertoires peuvent comprendre jusqu'à 64 caractères Unicode (128 octets).
- Les noms de répertoires peuvent posséder une extension.
- Les répertoires peuvent posséder plus de huit niveaux.
- L'enregistrement multisession est intrinsèquement pris en charge.

Astuces

Comme Joliet prend en charge un chemin plus court que Windows 9x et les versions plus récentes, vous risquez de rencontrer des difficultés pour mastériser un CD en format Joliet contenant des chemins extrêmement longs. Nous recommandons de raccourcir les noms des dossiers dans l'arborescence que vous créez avec le logiciel de gravure de CD pour éviter tout problème. Malheureusement, certains programmes de gravure ne préviennent pas que le chemin d'accès est trop long avant que le processus de gravure ne soit engagé. Si votre programme de gravure dispose d'une option pour valider votre structure, utilisez-la pour déterminer si vous devez raccourcir les noms des dossiers. Certains proposent un nom raccourci et limitent ceux qui sont trop longs.

Comme des dispositions ont été prises pour assurer la compatibilité en amont, les PC qui ne prennent pas en charge les extensions Joliet (comme les anciens ordinateurs sous DOS) doivent pouvoir lire les disques dans ce format. Toutefois, ces derniers seront interprétés comme étant enregistrés au format ISO 9660, qui utilise des noms courts.

Infos

Quelques détails triviaux : Chicago est le nom de code utilisé par Microsoft pour désigner Windows 95. Joliet est la ville située aux alentours de Chicago où Jake était enfermé dans le film *Blues Brothers*.

UDF (*Universal Disk Format*)

Le format UDF est un système de fichiers créé par l'OSTA (*Optical Storage Technology Association*, association pour la technologie du stockage optique) comme format standard destiné aux supports optiques tels que les CD-ROM et les DVD, mais il peut aussi être utilisé par d'autres types de supports amovibles, comme les lecteurs Iomega REV. Ce format possède plusieurs avantages par rapport au format de fichiers ISO 9660 que l'on trouve dans les CD-ROM standard. Cependant, il est conçu pour l'écriture par paquets, technique destinée à écrire de petites quantités de données sur un disque CD-R/RW en le traitant un peu à la manière d'un lecteur magnétique standard.

Le système de fichiers UDF permet d'attribuer des noms de fichiers de 255 caractères. Il existe plusieurs versions du format UDF. La plupart des logiciels d'écriture par paquets utilisent les versions 1.5 et ultérieures. Les logiciels comme Roxio DirectCD et Drag-to-Disc, InCD de Nero AG et Veritas et DLA de Sonic Solutions utilisent le format UDF. Toutefois, les lecteurs et pilotes de CD-ROM classiques et les systèmes d'exploitation tels que DOS ne sont pas capables de lire les CD au format

UDF. Les graveurs peuvent les lire, mais les lecteurs de CD-ROM normaux doivent se plier à la spécification MultiRead (voir section "Spécifications MultiRead", plus loin dans ce chapitre) pour le faire.

Après vous être assuré que votre lecteur peut lire le format UDF, vérifiez votre système d'exploitation. En effet, la plupart des systèmes d'exploitation ne prennent pas en charge ce format de manière native : vous devrez faire appel à un pilote. À partir de Windows 95, il devient possible de lire les disques au format UDF en installant un pilote UDF. Normalement, celui-ci est inclus dans le logiciel qui accompagne la plupart des graveurs de CD-RW et DVD réinscriptibles. Si tel n'est pas le cas, il est possible de le télécharger à partir des sites web suivants :

- UDF Volume Reader de Roxio, dans la section d'assistance du site **www.roxio.com**;
- InCD Reader de Nero AG, dans la section d'assistance du site **www.nero.com**.

Si vous ne parvenez pas à lire un disque écrit avec UDF sur un autre système, ramenez-le sur le système initial et fermez le support. Cette option s'affiche généralement dans le cadre de la boîte de dialogue des paramètres d'éjection. La fermeture du disque convertit les noms de fichiers au format Joliet, qui les tronquera en noms de 64 caractères.

Vous pouvez télécharger la version la plus récente (révision 2.60) d'UDF depuis le site web d'OSTA, à l'adresse **www.osta.org/specs/index.htm**.

Macintosh HFS

Le système de fichiers HFS est employé par Mac OS. On peut aussi l'utiliser sur des CD-ROM; toutefois, ils ne seront pas lisibles sur PC. Il est également possible de produire un disque hybride, mélange de Joliet ou d'ISO 9660 et de HFS. Il sera alors lisible à la fois sur PC et sur Macintosh. L'ordinateur reconnaîtra uniquement la version compatible, enregistrée au format ISO 9660, ou Joliet dans le cas d'un PC.

Rock Ridge

Le protocole RRIP (*Rock Ridge Interchange Protocol*, protocole d'échange Rock Ridge) a été conçu par un consortium industriel appelé Groupe Rock Ridge. Il a été publié officiellement en 1994 par le IEEE CD-ROM File System Format Working Group. Il spécifie une extension du standard ISO 9660 qui permet d'enregistrer des informations supplémentaires afin de prendre en charge les caractéristiques du système de fichiers UNIX/POSIX. Ce protocole n'est pas en charge ni par DOS ni par Windows. Néanmoins, comme il est fondé sur le format de données ISO 9660, les fichiers restent lisibles sur PC et les extensions RRIP sont tout simplement ignorées.

Infos

Pour la petite histoire, Rock Ridge tient son nom d'une ville fictive que l'on trouve dans le western intitulé *Le Shérif est en prison (Blazing Saddles)*, de Mel Brooks, qui joue également dans ce film.

Mount Rainier

Mount Rainier était un standard CD et DVD réinscriptible développé par Philips, Sony, Microsoft et Compaq. Également appelé EasyWrite (voir Figure 9.12), Mount Rainier a été conçu pour permettre une prise en charge du système d'exploitation natif pour le stockage des données sur CD-RW et DVD-RW.

Figure 9.12
Le logo EasyWrite est apposé sur les lecteurs de CD-RW et DVD+R/RW fabriqués en 2003 et prenant en charge le standard Mount Rainier.

Voici les principales caractéristiques de Mount Rainier :

- **Gestion intégrale des pannes.** Les lecteurs classiques font appel à des pilotes logiciels pour cette gestion.
- **Adressage direct au niveau des secteurs de 2 Ko pour réduire le gaspillage d'espace.** Les médias CD-RW standard utilisent une taille de bloc de 64 Ko.
- **Formatage en tâche de fond pour permettre l'emploi du média quelques secondes après sa première insertion.** Le formatage d'un CD-RW standard peut prendre jusqu'à 45 minutes en fonction de la vitesse du lecteur.
- **Jeu de commandes normalisé.** Un logiciel standard ne peut fonctionner avec ces nouveaux lecteurs avant que les fichiers de commandes révisés ne soient disponibles.
- **Organisation physique standardisée.** Des différences dans les logiciels UDF standard peuvent poser problème lors de la lecture de médias écrits par un autre programme.

La compatibilité de Mount Rainier est aussi appelée compatibilité CD-MRW ou DVD+MRW. Pour utiliser Mount Rainier, vous devez également disposer d'une prise en charge du système d'exploitation ou de l'application. Windows Vista est la première version de Windows à prendre en charge Mount Rainier; le noyau Linux version 2.6.2 et plus prend également en charge ce produit. Pour Windows XP ou éditions antérieures, vous devez utiliser des versions récentes de InCD de Nero AG ou DirectCD ou Drag-to-Disc de Roxio ou encore d'autres programmes compatibles avec Mount Rainier pour assurer la prise en charge de ses supports.

Infos

*Software Architects (**www.softarch.com**) produit WriteCD-RW! Pro, un logiciel permettant d'intervertir les médias Mount Rainier et les médias UDF conventionnels, ainsi que les médias UDF écrits avec divers programmes et différents standards.*

Même si la technologie Mount Rainier était prometteuse, elle est aujourd'hui obsolète.

Formats et standards de DVD

À l'instar des standards de CD, les standards de DVD sont publiés dans des livres de référence produits principalement par le Forum DVD, mais également par d'autres entreprises, comme DVD+RW Alliance. Les standards DVD vidéo et DVD-ROM de DVD Forum sont bien établis et pris en charge par quasiment tous les lecteurs DVD, quel que soit l'âge. Toutefois, les normes rivales de DVD enregistrables et réinscriptibles ont été développées par les deux organisations. DVD Forum a développé les formats suivants :

- DVD-RAM (stockage et effacement des fichiers par glisser-déposer sans utiliser de logiciel complémentaire);
- DVD-R (DVD enregistrable);
- DVD-RW (DVD réinscriptible).

Après le développement de DVD-RAM et DVD-R, son concurrent DVD+RW Alliance a développé les éléments suivants :

- DVD+RW (DVD réinscriptible avec prise en charge d'une liaison sans perte pour empêcher la sous-utilisation du tampon);
- DVD+R (DVD enregistrable).

Les premiers lecteurs DVD réinscriptibles prenaient en charge le DVD-RW ou le DVD+RW, mais les lecteurs DVD enregistrables récents acceptent les supports DVD+/-R/RW et les lecteurs dits "Super Multi", employant un mécanisme de lecture conçu par LG, y ajoutent la prise en charge des supports DVD-RAM. Vous pouvez donc maintenant choisir le meilleur support DVD pour chaque utilisation.

Le Tableau 9.21 présente les formats de DVD standard et haute capacité actuels.

Les lecteurs de DVD assurent une totale compatibilité descendante avec la technologie du CD-ROM et sont ainsi en mesure de lire aussi bien des CD-ROM actuels que des CD audio. La lecture de CD atteint des performances équivalentes à celles d'un lecteur de CD-ROM 40×, voire supérieures. Les lecteurs de DVD réinscriptibles, qui acceptent également les formats CD, ont remplacé les lecteurs CD-RW pour à peu près le même prix dans les nouveaux systèmes et en tant que mises à niveau au détail. La principale raison d'utiliser des supports CD à la place des supports DVD pour l'heure réside dans leur compatibilité quasi universelle (notamment lorsque l'on utilise des disques CD-R) avec des systèmes anciens ou récents.

Avec le développement du Blu-ray et du HD-DVD, les lecteurs Blu-ray réinscriptibles avec compatibilité descendante pour les supports DVD et CD sont désormais disponibles (certains disposent également d'une compatibilité en lecture avec le HD-DVD). Ces lecteurs sont bien plus onéreux que les lecteurs DVD réinscriptibles. Toutefois et jusqu'à ce que la disponibilité augmente pour les supports à bas prix et que le nombre de films aux formats Blu-ray et HD-DVD soit plus important, ces lecteurs ne représenteront qu'un très faible pourcentage du marché du disque optique réinscriptible.

Tableau 9.21 : Formats et capacité des DVD standard et haute capacité

Format	Taille du disque	Faces	Couches	Capacité en données	Capacité en vidéo MPEG-2
Format et capacité des DVD-ROM :					
DVD-5	120 mm	Simple	Simple	4,7 Go	2,2 heures
DVD-9	120 mm	Simple	Double	8,5 Go	4 heures
DVD-10	120 mm	Double	Simple	9,4 Go	4,4 heures
DVD-14	120 mm	Double	Les deux	13,2 Go	6,3 heures
DVD-18	120 mm	Double	Double	17,1 Go	8,1 heures
DVD-1	80 mm	Simple	Simple	1,5 Go	0,7 heure
DVD-2	80 mm	Simple	Double	2,7 Go	1,3 heure
DVD-3	80 mm	Double	Simple	2,9 Go	1,4 heure
DVD-4	80 mm	Double	Double	5,3 Go	2,5 heures
Format et capacité des DVD inscriptibles :					
DVD-R 1.0	120 mm	Simple	Simple	3,95 Go	Non applicable
DVD-R 2.0	120 mm	Simple	Simple	4,7 Go	Non applicable
DVD-R DL	120 mm	Simple	Double	8,5 Go	4 heures
DVD-RAM 1.0	120 mm	Simple	Simple	2,58 Go	Non applicable
DVD-RAM 1.0	120 mm	Double	Simple	5,16 Go	Non applicable
DVD-RAM 2.0	120 mm	Simple	Simple	4,7 Go	Non applicable
DVD-RAM 2.0	120 mm	Double	Simple	9,4 Go	Non applicable
DVD-RAM 2.0	80 mm	Simple	Simple	1,46 Go	Non applicable
DVD-RAM 2.0	80 mm	Double	Double	2,65 Go	Non applicable
DVD-RW 2.0	120 mm	Simple	Simple	4,7 Go	Non applicable
DVD+RW 2.0	120 mm	Simple	Simple	4,7 Go	Non applicable
DVD+RW 2.0	120 mm	Double	Simple	9,4 Go	Non applicable
DVD+R DL	120 mm	Simple	Double	8,5 Go	4 heures
Formats et capacités des DVD haute capacité :					
DVD-ROM HD	120 mm	Simple	Simple	15 Go	4 heures en HD
DVD-ROM HD	120 mm	Simple	Double	30 Go	8 heures en HD
DVD-R HD	120 mm	Simple	Simple	20 Go, 32 Go	5,5/8,4 heures en HD
Blu-ray	120 mm	Simple	Simple	25 Go	4,5 heures en HD
Blu-ray	120 mm	Simple	Double	50 Go	9 heures en HD
Format et capacité des CD-ROM (à titre de comparaison) :					
CD-ROM/R/RW	120 mm	Simple	Simple	0,737 Go	Non applicable
CD-ROM/R/RW	80 mm	Simple	Simple	0,194 Go	Non applicable

DIVX (standard arrêté)

Le DIVX (*DIgital Video eXpress*) est un format propriétaire qui n'a pas duré longtemps et qui est incompatible avec le format DVD. Développé par Digital Video Express (un cabinet juridique situé à Hollywood) et Circuit City, il a été supprimé le 16 juin 1999, moins d'un an après son lancement.

L'appellation DIVX désigne aujourd'hui un standard ouvert de codage destiné à la vidéo sur DVD. Toutefois, bien que le nom soit le même, ce standard de codage n'a aucun rapport avec le format DIVX.

Compatibilité du lecteur de DVD

Lorsque les premiers lecteurs de DVD ont fait leur apparition sur le marché, on a vanté leur pleine compatibilité descendante avec les lecteurs de CD-ROM. Bien que cette caractéristique puisse être effective pour les disques pressés à des fins commerciales, cela n'est pas forcément vrai pour les CD-R ou les CD-RW. Heureusement, l'industrie a répondu avec des standards permettant de connaître par avance la compatibilité d'un lecteur. Pour les lecteurs destinés aux ordinateurs, il s'agit des standards MultiRead. Le standard MultiPlay est réservé aux appareils autonomes tels que les lecteurs DVD vidéo ou CD-DA.

✔ Reportez-vous à la section "Spécifications MultiRead", p. 606.

Diffusion de films DVD sur le PC

Quasiment tous les lecteurs DVD-ROM et DVD réinscriptibles (sauf certains lecteurs DVD-RAM) incluent un programme de lecture DVD tel que MyDVD ou SoftDVD. Ces programmes permettent d'interagir avec un film DVD comme si vous regardiez ce film sur un lecteur DVD de salon. Les chipsets ATI et NVIDIA récents acceptent le décodage MPEG-2 sur le matériel pour la lecture de films DVD de haute qualité. Si votre ordinateur est équipé d'un processeur à 1 GHz ou plus, inutile d'installer une seconde carte de décodeur matériel MPEG-2.

Protection contre la copie des DVD

Les disques DVD vidéo emploient plusieurs niveaux de protection, contrôlés pour l'essentiel par la DVD CCA (*DVD Copy Control Association*) et une autre société appelée Macrovision. Cette protection s'applique uniquement aux disques DVD vidéo et ne concerne donc pas les logiciels sur DVD-ROM. Par exemple, cette protection peut vous empêcher d'effectuer des copies de sauvegarde du film *Matrix*, mais pas d'une encyclopédie sur DVD ni d'une autre application logicielle distribuée sur ce support.

Notez que tous ces systèmes de protection ont été déjoués, ce qui signifie qu'en investissant dans le bon logiciel, vous pouvez copier vos DVD soit sur un support numérique (disque dur, DVD+RW, CD-R/RW, etc.), soit sur un support analogique (tel qu'une cassette vidéo VHS ou un autre format de bande).

Cette protection ne peut pas réellement contrecarrer les professionnels prêts à passer du temps et à investir de l'argent pour la contourner. Cependant, ces techniques sont rarement accessibles à l'utilisateur peu aguerri mais soucieux de sauvegarder en toute légitimité ce support coûteux.

Voici les quatre principaux systèmes de protection des disques DVD vidéo :

- contrôle régional de lecture (RPC, *Regional Playback Control*);
- système de cryptage du contenu (CSS, *Content Scrambling System*);
- système de protection analogique (APS, *Analog Protection System*);
- ProtectDisc.

La loi dite DCMA (*Digital Millennium Copyright Act*), votée en 1998, interdit le piratage des protections des DVD et la distribution d'informations suite à ces piratages (par exemple par le biais d'utilitaires, de sites web, etc.).

Contrôle régional de lecture (RPC)

La lecture régionale a été conçue pour que les disques vendus dans une zone géographique spécifique ne puissent être lus que dans cette même région. On souhaitait pouvoir sortir un film à différents moments dans plusieurs régions du monde en empêchant les consommateurs de commander ces médias dans les régions où le film n'était pas encore sorti.

Le standard RPC définit huit zones. En règle générale, les disques (et les lecteurs) sont identifiés grâce à un petit logo ou une étiquette indiquant le numéro de la zone en surimposition sur un globe terrestre. Il existe des disques multizones ainsi que des disques non verrouillés. Le globe d'un disque lisible dans plusieurs régions porte plusieurs numéros. Voici comment sont réparties ces régions :

- **Région Code 1.** États-Unis, Canada et territoires appartenant aux États-Unis.
- **Région Code 2.** Japon, Europe, Afrique du Sud et Moyen-Orient.
- **Région Code 3.** Asie de l'Est et du Sud-Est.
- **Région Code 4.** Australie, Nouvelle-Zélande, Iles du Pacifique, Amérique centrale, Mexique, Amérique du Sud et Caraïbes.
- **Région Code 5.** Europe de l'Est, sous-continent indien, Afrique, Corée du Nord et Mongolie.
- **Région Code 6.** Chine et Tibet.
- **Région Code All.** Réservé aux lieux internationaux spéciaux ou mobiles comme les avions, les bateaux de croisière, etc.

Le code régional est inscrit dans la couche matérielle des lecteurs de DVD vidéo. Ils sont pour la plupart programmés pour une zone spécifique que l'on ne peut pas changer. Pourtant, certaines entreprises qui vendent des lecteurs modifient ces derniers pour pouvoir lire les disques de toutes les régions; on les appelle des lecteurs *multizones* ou *dézonés*. Certains nouveaux disques possèdent une fonction d'amélioration du code régional (RCE, *Region Code Enhancement*) qui vérifie si le lecteur est configuré pour plusieurs régions ou pour toutes. Dans ce dernier cas, le disque refuse de

passer en mode lecture. La plupart des nouveaux lecteurs modifiés pour être multizones sont capables de déjouer ce contrôle.

Les lecteurs de DVD-ROM utilisés au départ dans les PC ne possèdent pas de RPC dans leur couche matérielle. Le contrôle incombe au logiciel utilisé pour lire les DVD vidéo sur PC. Ce logiciel verrouille le code régional du premier disque qu'il lit. Ensuite, il ne lit plus que les disques correspondant à cette région. La réinstallation du logiciel permet de reprogrammer le code régional. Néanmoins, vous trouverez sur des sites web de nombreux patchs qui offrent le même résultat sans passer par ce processus. Vu la facilité avec laquelle il est possible de déjouer les restrictions imposées par le codage régional sur les lecteurs de DVD-ROM et DVD réinscriptibles, à compter du 1er janvier 2000, tous ces lecteurs ont dû inclure un RPC-II qui incorpore le code régional directement dans l'appareil.

RPC-II (ou RPC-2) intègre le verrouillage régional dans le lecteur et non pas dans le logiciel de lecture ou de décodage MPEG-2. Vous pouvez modifier ce code jusqu'à cinq fois, soit quatre fois après son paramétrage initial. D'habitude, ce changement s'opère à partir du logiciel du lecteur. Vous avez également la possibilité de télécharger un correctif à partir du site web du fabricant. Une fois que vous avez procédé au quatrième changement (soit le cinquième paramétrage), le lecteur se verrouille sur la dernière région programmée.

Codes régionaux utilisés par le disque Blu-ray

Les disques Blu-ray utilisent un code régional parmi les trois existant dans le monde :

- La région A englobe l'Amérique du Nord, l'Amérique centrale, l'Amérique du Sud, la Corée, le Japon et le Sud-Est asiatique.
- La région B comprend l'Europe, le Moyen-Orient, l'Afrique, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.
- La région C concerne la Russie, l'Inde, la Chine et le reste du monde.

Un disque Blu-ray sans code de région est lisible par tous les lecteurs, quel que soit leur code.

Système de cryptage du contenu

Le système de cryptage du contenu (CSS, *Content Scramble System*) est la principale protection du DVD vidéo. Il a fallu attendre sa mise en œuvre pour que la MPAA (*Motion Picture Association of America*) accepte de publier des films sur DVD. C'est essentiellement pour cela que l'exploitation du DVD a été autant retardée.

Le CSS a été développé au départ par Matsushita (Panasonic). Il est utilisé pour crypter et décrypter numériquement les données audio et vidéo d'un DVD vidéo. Le décryptage nécessite deux clés (codes numériques) de 40 bits (5 octets). Une de ces clés est propre au disque, tandis que l'autre est propre au jeu de titres vidéo (fichier VTS, *Video Title Set*) à décrypter. Les clés du disque et du titre sont stockées dans le Lead-in du disque sous forme cryptée. Le cryptage CSS et l'écriture de la clé

ont lieu lors du processus de création du master en verre, qui est une étape de la fabrication du disque.

Pour voir le cryptage en action, insérez un DVD dans un lecteur de DVD-ROM sur PC, copiez les fichiers sur votre disque dur, puis essayez de les visionner. Ces fichiers prennent le nom de `VTS_xx_yy.VOB` (*Video OBject*, objet vidéo), où `xx` représente le numéro du titre et `yy` le numéro de la section. En règle générale, tous les fichiers d'un film possèdent le même numéro de titre. Le film est réparti dans plusieurs fichiers de 1 Go, ou plus petits, avec différents numéros de sections. Ces fichiers .VOB contiennent à la fois des flux vidéo et audio du film qui s'entrelacent. D'autres fichiers portant l'extension .IFO renferment des informations utilisées par le lecteur de DVD pour décoder les flux vidéo et audio dans les fichiers .VOB. Si vous copiez ces fichiers sur votre disque dur et que vous cliquiez dessus ou que vous essayiez de les lire directement, vous verrez des images cryptées ou entendrez des sons cryptés, ou encore vous recevrez un message d'erreur de lecture des fichiers protégés en copie.

Ce cryptage n'est pas un problème si vous utilisez un lecteur CSS sous licence (soit matérielle, soit logicielle) et que vous lisiez ces fichiers directement à partir du DVD. Tous les lecteurs DVD, qu'il s'agisse d'unités autonomes ou de lecteurs de logiciels sur PC, possèdent leur propre clé CSS déverrouillée. Chaque disque vidéo DVD contient 400 clés de 5 octets gravées sur le disque dans la zone de préambule (qui n'est pas accessible par les programmes) sous forme cryptée. La routine de décodage du lecteur utilise ce code unique pour extraire et décrypter la clé du disque, qui sert ensuite à extraire et à décrypter les clés du titre. Le cryptage CSS est essentiellement un cryptage sur trois niveaux. Conçu pour être très sûr, il s'est révélé tout autre.

En octobre 1999, un programmeur norvégien âgé de 16 ans a réussi à extraire la première clé d'un lecteur sur PC, ce qui lui a permis de décrypter très facilement le disque et les clés du titre. Un programme désormais célèbre appelé DeCSS a ensuite été écrit pour casser la protection CSS des titres de DVD vidéo. Il permet d'enregistrer des fichiers .VOB décryptés, devenus lisibles pour le programme d'un décodeur MPEG-2, sur un disque dur. Il va sans dire que cet utilitaire (et bien d'autres fondés sur celui-ci) a été la cause de bien des débats dans l'industrie du film. Il a engendré de nombreuses batailles juridiques sur la distribution et il existe même des liens vers ce code sur le Web. Si vous souhaitez trouver des informations juridiques intéressantes, effectuez une recherche sur le DeCSS.

Comme si ce n'était pas suffisant, en mars 2001, deux étudiants en techniques de l'information ont publié un programme incroyablement court (sept lignes seulement!) et simple permettant de décrypter le CSS si rapidement qu'il devient possible de décrypter un film en temps réel au cours de la lecture. Ils ont écrit et démontré ce code au cours d'un séminaire de deux jours sur le très controversé Digital Millennium Copyright Act, démontrant ainsi l'indigence de la protection CSS.

En raison de cet échec, le Forum DVD cherche désormais activement d'autres moyens de protection, incluant en particulier des filigranes numériques. Il s'agirait essentiellement de cacher des bruits numériques – supposés imperceptibles – dans les flux de données. Malheureusement, lorsque

cette technologie a été appliquée au DIVX (le standard DVD propriétaire supprimé), ces filigranes ont été la cause de troubles de l'image, sous forme d'effets de gouttes de pluie ou de petits trous. Par ailleurs, ils nécessitent aussi un nouvel équipement de lecture.

Système de protection analogique

L'APS (appelé aussi CopyGuard par Macrovision) est un système de protection analogique développé par cette société. Il est conçu pour empêcher l'enregistrement des DVD vidéo sur des cassettes pour magnétoscopes. L'APS implique l'ajout de code dans le disque et des modifications spéciales dans le lecteur. L'APS commence avec la création ou la mastérisation d'un DVD. Il est activé par l'installation de codes de contrôle prédéfinis dans l'enregistrement. Lors de la lecture, la puce de conversion du numérique à l'analogique (DAC, *Digital-to-Analog Converter chip*) contenue dans le lecteur ajoute des signaux APS au signal de sortie analogique qui est envoyé à l'écran. Ces signaux sont conçus pour être invisibles sur l'écran d'un téléviseur ou d'un ordinateur. Cependant, les copies effectuées sur cassettes vidéo renvoient une image déformée. Malheureusement, certains téléviseurs ou d'autres moyens d'affichage peuvent réagir à ces distorsions en transmettant une image moins que satisfaisante.

L'APS envoie des signaux parasites (pulsation de bandes de couleur) durant le retour du spot (retrace). Ces signaux sont quasiment indécelables sur un téléviseur. Toutefois, ils perturbent complètement le système de contrôle de gain automatique à l'enregistrement de 95 % des magnétoscopes : on obtient des images sombres, distordues, sans couleur, etc. Ce processus est utilisé depuis 1985 sur de nombreuses bandes vidéo pour empêcher leur copie.

Notez que de nombreux lecteurs plus anciens ne possèdent pas de circuits sous licence Macrovision et ignorent simplement le code, ce qui désactive les modifications APS de signaux. Il existe également plusieurs stabilisateurs d'image, enrichisseurs d'image ou décodeurs de protection de copie qui peuvent se connecter entre le lecteur et le magnétoscope afin de supprimer le signal de protection de copie et de permettre un enregistrement parfait.

ProtectDisc

Le tout nouveau système de protection contre la copie se nomme ProtectDisc. Sa version DVD vidéo modifie la structure standard du disque, afin d'empêcher la copie. Malheureusement, un film DVD créé avec ProtectDisc ne peut être diffusé avec les lecteurs PC, comme Windows Media Player ou WinDVD.

Malgré les déclarations d'inviolabilité de la protection, la méthode de ProtectDisc, tout comme les autres vues ici, a rapidement été dépassée. Comme pour les autres schémas de protection contre la copie, les utilisateurs légitimes, qui n'essaient pas de "forcer le système", finissent par être victimes, dans le cas de ProtectDisk, en étant dans l'impossibilité de regarder leur film sur PC.

Spécifications des lecteurs de CD/DVD

Même si les DVD réinscriptibles ont largement remplacé les CD-ROM ou les DVD-ROM, vous pourrez malgré tout installer un lecteur de DVD-ROM réinscriptible pour permettre la sauvegarde entre les disques. Voici les critères à prendre en considération au moment d'acheter un lecteur de CD-ROM, de DVD-ROM ou de CD ou DVD réinscriptible pour votre système :

- les spécifications de performances du lecteur;
- l'interface requise pour le connecter au PC;
- le mécanisme physique employé pour manipuler le disque.

Ces critères influent sur le fonctionnement du lecteur, sur la manière dont il doit être connecté à l'ordinateur et sur sa simplicité d'utilisation. Les mêmes critères, complétés par les questions de médias et de vitesse, sont également à prendre en considération lors du choix d'un graveur.

Spécifications de performances

De nombreux facteurs influent sur les performances d'un lecteur. Les fabricants publient habituellement les résultats des performances correspondant au taux de transfert de données, au temps d'accès, au cache interne ou aux tampons (le cas échéant) et à l'interface utilisée par le lecteur. Les sections suivantes détaillent ces indicateurs de performances.

Taux de transfert

Le taux de transfert indique la quantité de données que le lecteur est capable de lire à partir d'un CD et de transférer à l'ordinateur hôte en un temps donné. Normalement, le taux de transfert exprime la capacité d'un lecteur à lire un tronçon important de données ordonnées en séquence.

Il est mentionné de deux manières. La plus fréquente pour les lecteurs de CD/DVD est la vitesse "×" qui est définie comme multiple de la vitesse de base standard. Par exemple, d'après le standard d'origine, les lecteurs de CD-ROM annoncent un taux de transfert de 153,6 Ko/s. Les lecteurs deux fois plus rapides sont appelés 2×, quarante fois plus rapides 40×, etc. Les lecteurs de DVD ont un taux de transfert de base de 1385 Ko/s, mais les lecteurs vingt fois plus rapides sont aussi des 20×. Notez que presque tous les lecteurs rapides sont de type CAV (vitesse angulaire constante); la vitesse "×" indique en règle générale la vitesse maximale atteinte lors de la lecture des pistes extérieures du disque (c'est-à-dire à la fin). En début de disque, il convient de diviser ce chiffre par deux, la moyenne se situant à l'évidence entre ces deux chiffres.

Les lecteurs optiques actuels acceptant plusieurs formats de disque, les multiples spécifications en lecture et en écriture sont données pour chaque forme de support acceptée par un lecteur. Ceux qui lisent et écrivent un support CD-R et CD-RW peuvent généralement lire et écrire à des vitesses comprises entre 4 et 48× (CAV).

Vitesse du lecteur de CD-ROM

Lorsqu'un lecteur cherche un secteur de données précis ou une piste musicale sur le disque, il en recherche l'adresse dans une table des matières stockée dans la zone de Lead-in et se positionne à proximité du début de la donnée en survolant la spirale dans l'attente que la chaîne de bits requise passe devant le rayon laser.

Comme les CD étaient conçus au départ pour l'enregistrement audio, la vitesse de lecture des données doit être constante. Pour maintenir ce flux constant, les données du CD-ROM sont enregistrées avec une technique appelée CLV (*Constant Linear Velocity*, vitesse linéaire constante). Grâce à elle, la piste (et donc les données) défile toujours à la même vitesse devant le laser de lecture, en l'occurrence à 1,3 m/s. La piste étant enroulée en une spirale plus serrée vers le centre du disque, ce dernier doit tourner à des vitesses variables pour maintenir une vitesse linéaire. En d'autres termes, pour maintenir la CLV, le disque doit tourner plus rapidement lors de la lecture de la zone interne et inversement. Dans un lecteur 1× (1 correspondant à une vitesse de 1,3 m/s), la vitesse de rotation varie de 540 tr/mn lors de la lecture du début de la spirale (zone centrale du disque) à 212 tr/mn pour lire la fin de la spirale (zone externe du disque).

Dans leur quête de performances toujours meilleures, les constructeurs ont commencé à augmenter la vitesse de leurs lecteurs en accélérant la rotation. Nous avons ainsi assisté à l'arrivée de lecteurs tournant deux fois plus vite, appelés 2×, puis des lecteurs 4× (rotation quatre fois plus rapide), etc. Tout était parfait jusqu'au 12×, c'est-à-dire des lecteurs tournant entre 2568 tr/mn et 5959 tr/mn. Pour des vitesses supérieures, il était difficile de fabriquer des moteurs capables de changer de vitesse aussi rapidement que nécessaire. C'est pourquoi la plupart des lecteurs au-delà du 12× ont délaissé la vitesse linéaire pour adopter une vitesse de rotation fixe. On parle dans ce cas de lecteurs CAV (*Constant Angular Velocity*, vitesse angulaire constante), car la vitesse angulaire (ou vitesse de rotation) reste constante.

Les lecteurs CAV sont en général plus silencieux que les lecteurs CLV, car les moteurs n'ont pas à accélérer ou ralentir sans cesse. Un lecteur (tel que la plupart des graveurs) combinant CLV et CAV est appelé *Partial-CAV* ou P-CAV. La plupart des graveurs fonctionnent ainsi en mode CLV en écriture et en mode CAV pour la lecture. Le Tableau 9.22 compare ces deux modes.

Tableau 9.22 : CLV contre CAV

	CLV (vitesse linéaire constante)	CAV (vitesse angulaire constante)
Vitesse de rotation du CD	Variable en fonction de la position des données sur le CD, plus rapide au centre du disque	Constante
Taux de transfert de données	Constant	Variable en fonction de la position des données sur le CD, plus rapide dans la zone externe du disque
Niveau sonore moyen	Plus élevé	Plus faible

Tableau 9.23 : Vitesses et taux de transfert des lecteurs de CD-ROM

Vitesse annoncée du lecteur de CD-ROM (max. si CAV)	Temps de lecture d'un CD de 74 minutes si CLV	Temps de lecture d'un CD de 80 minutes si CLV	Taux de transfert maximal si CAV (octets/s)	Vitesse minimale réelle du lecteur de CD-ROM si CAV	Taux de transfert minimal si CAV (octets/s)
1×	74,0	80,0	153600	0,4×	61440
2×	37,0	40,0	307200	0,9×	138240
4×	18,5	20,0	614400	1,7×	261120
6×	12,3	13,3	921600	2,6×	399360
8×	9,3	10,0	1228800	3,4×	522240
10×	7,4	8,0	1536000	4,3×	660480
12×	6,2	6,7	1843200	5,2×	798720
16×	4,6	5,0	2457600	6,9×	1059840
20×	3,7	4,0	3072000	8,6×	1320960
24×	3,1	3,3	3686400	10,3×	1582080
32×	2,3	2,5	4915200	13,8×	2119680
40×	1,9	2,0	6144000	17,2×	2641920
48×	1,5	1,7	7372800	20,7×	3179520
50×	1,5	1,6	7680000	21,6×	3317760
52×	1,4	1,5	7987200	22,4×	3440640
56×	1,3	1,4	8601600	24,1×	3701760

Voici l'explication de ces colonnes :

Colonne 1. Indique la vitesse annoncée du lecteur. Il s'agit d'une vitesse constante si le lecteur est CLV (en général 12× ou moins) ou d'une vitesse maximale uniquement si le lecteur est CAV.

Colonnes 2 et 3. Indiquent le temps qu'il faut pour lire un disque en entier si le lecteur est CLV. Pour les lecteurs CAV, ces chiffres sont supérieurs car la vitesse de lecture moyenne est inférieure à la vitesse annoncée. La quatrième colonne indique le taux de transfert maximal pour les lecteurs CAV qui lisent la fin d'un disque.

Colonnes 4 à 6. Indiquent la vitesse réelle minimale "x" des lecteurs CAV, ainsi que le taux de transfert minimal (en début de disque). Elles donnent une vitesse moyenne optimiste (vraie uniquement en cas de lecture complète du disque) à la fois exprimée en "x" et en octets par seconde.

Colonnes 7-8. Indiquent une vitesse moyenne optimiste à la fois exprimée en "x" et en octets par seconde. Les lecteurs CLV conservent la même vitesse partout sur le disque, alors que les lecteurs CAV n'atteignent ces vitesses que sur les zones externes du disque.

Colonnes 9 à 11. Indiquent les vitesses de rotation du lecteur. La première montre la vitesse de rotation en début de disque, qui s'applique aussi bien pour les lecteurs CAV ou CLV. Pour les lecteurs CAV, ce chiffre est constant, quel que soit l'emplacement de la zone lue. La seconde colonne donne la vitesse de rotation maximale d'un lecteur CLV. Puisque la plupart des lecteurs de plus de 12× sont CAV, ces chiffres sont purement théoriques pour les lecteurs au-delà de 16×.

Les lecteurs de CD-ROM ont été proposés progressivement en des vitesses allant de 1× à 52× et au-delà. La plupart des lecteurs jusqu'à 12× sont en mode CLV ; au-delà de cette vitesse, il s'agit en général de lecteurs CAV. Avec les lecteurs CAV, le disque tourne à vitesse constante, la piste de don-

Vitesse moyenne du CD-ROM si CAV	Taux de transfert moyen si CAV (octets/s)	Vitesse linéaire maximale (m/s)	Vitesse de rotation min. si CLV, max. si CAV (tr/mn)	Vitesse de rotation max. si CLV (tr/mn)
0,7×	107520	1,3	214	497
1,5×	22720	2,6	428	993
2,9×	437760	5,2	856	1986
4,3×	660480	7,8	1284	2979
5,7×	875520	10,4	1712	3973
7,2×	1098240	13,0	2140	4966
8,6×	1320960	15,6	2568	5959
11,5×	1758720	20,8	3425	7945
14,3×	2196480	26,0	4281	9931
17,2×	2634240	31,2	5137	11918
22,9×	3517440	41,6	6849	15890
28,6×	4392960	52,0	8561	19863
34,4×	5276160	62,4	10274	23835
35,8×	5498880	65,0	10702	24828
37,2×	5713920	67,6	11130	25821
40,1×	6151680	72,8	11986	27808

nées passe donc devant le laser à des vitesses variables en fonction de la position physique des données sur le disque (près ou loin du centre). Cela signifie que les lecteurs CAV lisent les données proches de l'extérieur du disque plus rapidement que celles situées près du centre (au début de la piste). Il en est résulté quelques publicités douteuses. À titre d'exemple, un lecteur CLV 12× lit les données à 1,84 Mo/s quelle que soit la position de ces dernières sur le disque. Par contre, un lecteur CAV 16× lit les données en 16× (2,46 Mo/s) dans la zone externe du disque, mais seulement en 6,9× (1,06 Mo/s) au centre du disque (et les publicités taisent ce détail !). La vitesse moyenne est donc de 11,5×, soit environ 1,76 Mo/s, chiffre également optimiste en soi, car supposant un disque totalement plein.

Au final, le lecteur 12× CLV sera sensiblement plus rapide que le lecteur 16× CAV, voire qu'un lecteur 20× CAV ! Rappelez-vous que les vitesses annoncées par les publicités sur les lecteurs CAV sont des valeurs maximales, atteintes uniquement lors de la lecture de la zone externe du disque.

Le Tableau 9.23 répertorie les vitesses des lecteurs de CD-ROM, les taux de transfert et quelques autres informations. Ces informations concernent également les DVD-ROM et les lecteurs de DVD réinscriptibles lorsque l'on emploie des CD.

Les problèmes de vibration peuvent forcer les lecteurs très rapides à ralentir pour permettre la lecture fiable des données. L'équilibre de votre CD-ROM peut être mis à mal par une simple étiquette collée sur le média pour l'identifier. C'est pourquoi la plupart des lecteurs CD/DVD rapides sont dotés d'un mécanisme d'auto-équilibrage ou de contrôle des vibrations pour résoudre ce problème. Le seul inconvénient est qu'en cas de détection de vibration, ces lecteurs ralentissent la rotation du disque et donc, réduisent le taux de transfert.

La plupart des lecteurs de CD et DVD utilisent les conceptions Z-CLV (CLV de zone) ou P-CAV (CAV partiel), qui améliorent les performances moyennes tout en maintenant sous contrôle les vitesses de rotation.

Infos

La société Zen Research a mis au point une technologie appelée TrueX à la fin des années quatre-vingt-dix. Cette dernière emploie des rayons laser multiples pour aboutir à un taux de transfert constant avec des rotations plus lentes. Malheureusement, les lecteurs TrueX fabriqués par des constructeurs tels que Kenwood n'ont pas répondu aux attentes et présentent de nombreux problèmes de fiabilité. Zen Research a arrêté son activité au cours de l'année 2002, mettant ainsi un terme à la distribution des lecteurs TrueX.

Vitesse d'un lecteur de DVD

À l'instar des CD, les DVD tournent dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (sous l'angle du laser de lecture). En règle générale, ils sont enregistrés à un taux de transfert constant appelé CLV (*Constant Linear Velocity*, vitesse linéaire constante). La piste (et donc les données) passe toujours devant le rayon laser à une même vitesse prédéfinie de 3,49 m/s (ou 3,84 m/s pour les disques double couche). Comme la spirale du disque s'enroule plus étroitement près du centre du support, la vitesse de rotation du disque doit varier afin de conserver la même vitesse linéaire. En d'autres termes, pour maintenir sa CLV, le disque doit tourner plus vite lors de la lecture des zones internes de la piste et inversement. La vitesse de rotation d'un lecteur 1× (qui équivaut à 3,49 m/s) varie de 1515 tr/mn en début de piste (zone interne) à 570 tr/mn en fin de piste (zone externe).

Les lecteurs simple vitesse (1×) de DVD-ROM proposent un taux de transfert de 1,385 Mo/s, ce qui équivaut grossièrement à celui d'un lecteur de CD-ROM 9×. (Le taux de transfert d'un lecteur de CD-ROM 1× est de 153,6 Ko/s ou 0,1536 Mo/s.) Cependant, cela ne veut pas dire pour autant qu'un lecteur de DVD 1× peut lire des CD à la vitesse d'un lecteur 9× : les lecteurs de DVD tournent en réalité à peine trois fois plus vite qu'un lecteur de CD-ROM équivalent. Ainsi, un lecteur de DVD 1× fonctionne à peu près la même vitesse qu'un lecteur de CD 2,7×.

De nombreux lecteurs de DVD possèdent deux vitesses, une pour la lecture des disques DVD et une autre pour la lecture des CD. Par exemple, un lecteur de DVD-ROM présenté comme un 16×/40× indique les performances respectives de lecture des disques DVD et CD.

Comme pour les lecteurs de CD-ROM, les fabricants de lecteurs ont commencé à accroître les vitesses de leurs lecteurs en augmentant leur vitesse de rotation. Un lecteur qui double sa vitesse de rotation est appelé 2×, ceux qui la quadruplent, 4×, et ainsi de suite. À des vitesses plus élevées, il est devenu difficile de construire des moteurs susceptibles de changer de vitesse (d'accélérer ou de décélérer) aussi rapidement que nécessaire en fonction de l'emplacement des données sur le disque. Pour cette raison, les lecteurs de DVD les plus rapides sont à vitesse fixe plutôt que linéaire. On

appelle ce mode *vitesse angulaire constante* (CAV, *Constant Angular Velocity*), car la vitesse angulaire (ou la vitesse de rotation) est l'élément qui demeure constant.

Les lecteurs les plus rapides sont utiles pour lire les données mais pas les vidéos. Ceux-ci peuvent réduire ou éliminer les pauses au moment du changement de couche lors de la lecture d'un disque vidéo DVD, mais ils n'ont aucune incidence sur la qualité de la vidéo.

Les lecteurs de DVD-ROM sont disponibles à des vitesses de 20×, voire plus, mais comme pratiquement tous sont des lecteurs CAV, ils n'atteignent ce taux de transfert que lors de la lecture des parties extérieures du disque. Le Tableau 9.23 présente les taux de transfert des lecteurs de DVD lors de la lecture de disques DVD et les compare à ceux d'un lecteur de CD-ROM.

Temps d'accès

Le temps d'accès d'un lecteur de CD ou de DVD est mesuré de la même manière que celui d'un disque dur. Il correspond au laps de temps qui s'écoule entre le moment où le lecteur reçoit l'ordre de lire et celui où il lit le premier bit de données. Le temps d'accès est exprimé en millisecondes (ms); il est en général de 95 ms. Il s'agit d'un temps moyen, le temps réel dépendant entièrement de l'endroit où les données à lire sont stockées sur le disque. Lorsque le mécanisme de lecture est positionné sur une portion de disque située près du centre, zone plus étroite, le taux de transfert de données est plus élevé que lorsqu'il est positionné sur une zone de la périphérie, plus large. Les temps d'accès indiqués par les fabricants sont toujours des moyennes, établies à partir d'une série d'accès disque aléatoires.

Bien entendu, il est préférable de disposer d'un lecteur ayant le temps d'accès le plus court possible, surtout si les applications utilisées exigent qu'il localise et restitue les données rapidement. Le temps d'accès des lecteurs de CD ou de DVD ne cesse de baisser : les progrès réalisés sont présentés plus loin dans ce chapitre. Ce temps est beaucoup plus important que pour les disques durs, puisqu'il peut varier de 200 ms à moins de 100 ms, contre 8 ms pour un disque dur classique. Cette différence est due, pour l'essentiel, à la conception même des lecteurs. La plupart des disques durs ont plusieurs têtes et présentent une surface de stockage moins importante. Les lecteurs de CD/DVD n'ont qu'un rayon de lecture laser, qui doit évoluer sur la totalité de la surface du support de stockage. En outre, les données d'un CD-ROM sont organisées selon une longue spirale. Lorsqu'un lecteur positionne sa tête afin de lire un tronçon de la piste, il doit évaluer la distance à laquelle ce tronçon est situé sur le disque et faire évoluer sa tête en avant ou en arrière jusqu'au point approprié de la spirale. Il faut davantage de temps pour accéder aux données situées à la périphérie du disque qu'à un segment situé près du centre, à moins de disposer d'un lecteur CAV tournant à vitesse constante, de sorte que le temps d'accès aux pistes externes ou internes est identique.

Le temps d'accès est en diminution constante depuis l'apparition des lecteurs de CD-ROM simple vitesse (1×). Toutefois, il semble que l'on ait atteint un seuil puisque le temps d'accès de la plupart des lecteurs de CD/DVD tourne désormais autour des 100 ms, certains allant jusqu'à 80 ms. Tous les progrès en termes de taux de transfert ont été accompagnés de progrès en termes de temps d'accès. Vous pouvez cependant constater, au Tableau 9.24, que ces améliorations ne sont pas très significatives, du fait de la limitation physique intrinsèque des lecteurs.

Tableau 9.24 : Vitesse de rotation et taux de transfert d'un lecteur de DVD

Vitesse annoncée du lecteur de DVD-ROM (max. si CAV)	Temps de lecture d'un CD de 74 minutes si CLV	Temps de lecture d'un CD de 80 minutes si CLV	Taux de transfert maximal si CAV (octets/s)	Vitesse réelle minimale si CAV	Taux de transfert minimal si CAV (octets/s)
1×	56,5	51,4	1384615	0,4×	553846	0,7×
2×	28,3	25,7	2769231	0,8×	1107692	1,4×
4×	14,1	12,8	5538462	1,7×	2353846	2,9×
6×	9,4	8,6	8307692	2,5×	3461538	4,3×
8×	7,1	6,4	11076923	3,3×	4569231	5,7×
10×	5,7	5,1	13846154	4,1×	5676923	7,1×
12×	4,7	4,3	16615385	5,0×	6923077	8,5×
16×	3,5	3,2	22153846	6,6×	9138462	11,3×
20×	2,8	2,6	27692308	8,3×	11492308	14,2×
24×	2,4	2,1	33230769	9,9×	13707692	17,0×
32×	1,8	1,6	44307692	13,2×	18276923	22,6×
40×	1,4	1,3	55384615	16,6×	22984615	28,3×
48×	1,2	1,1	66461538	19,9×	27553846	34,0×
50×	1,1	1,0	69230769	20,7×	28661538	35,4×

Colonne 1. Indique la vitesse annoncée du lecteur. Il s'agit d'une vitesse constante si le lecteur est CLV ou d'une vitesse maximale si le lecteur est CAV (la plupart des lecteurs de DVD-ROM sont CAV).
Colonnes 2 et 3. Indiquent le temps qu'il faut pour lire un disque en entier (mono ou double couche) si le lecteur est CLV. Pour les lecteurs CAV, ces chiffres sont supérieurs, car la vitesse de lecture moyenne est inférieure à la vitesse annoncée.
Colonne 4. Indique le taux de transfert maximal pour les lecteurs CAV qui lisent la fin d'un disque.
Colonnes 5 à 8. Indiquent la vitesse réelle minimale "×" des lecteurs CAV, ainsi que le taux de transfert minimal (en début de disque). Elles donnent une vitesse moyenne optimiste (vraie uniquement en cas de lecture complète du disque) à la fois exprimée en "×" et en octets par seconde.
Colonnes 9 et 10. Indiquent la vitesse linéaire maximale atteinte par le lecteur, en mètres par seconde et en miles par heure. Les lecteurs CLV lisent à la même vitesse partout sur le disque, tandis que les lecteurs CAV atteignent ces vitesses uniquement lors de la lecture des parties externes du disque.
Colonnes 11 et 12. Indiquent les vitesses de rotation du lecteur. La première montre la vitesse de rotation en début de disque, qui s'applique aussi bien aux lecteurs CAV ou CLV. Pour les lecteurs CAV, ce chiffre est constant, quel que soit l'emplacement de la zone lue. La seconde colonne donne la vitesse de rotation maximale d'un lecteur CLV. Puisque la plupart des lecteurs sont CAV, ces chiffres sont purement théoriques pour les lecteurs les plus rapides.
Colonne 13. Montre la vitesse atteinte s'il s'agissait d'un lecteur de CD-ROM. Ce chiffre est fondé sur la vitesse de rotation et non sur le taux de transfert. En d'autres termes, un lecteur de DVD 12× possède les mêmes performances qu'un lecteur de CD-ROM 32× lorsqu'il lit un CD. La plupart des lecteurs de DVD indiquent la vitesse de lecture des CD dans leurs spécifications. Certains lecteurs de type P-CAV (partiellement CAV) offrent des performances supérieures à celles indiquées dans ce tableau.

Vitesse moyenne si CAV	Taux de transfert moyen si CAV (octets/s)	Vitesse linéaire maximale (m/s)	Vitesse linéaire maximale (m/h)	Vitesse de rotation minimale si CLV, maximale si CAV (tr/mn)	Taux de transfert maximal si CLV (tr/mn)
969231	3,5	7,8	570	1515	2,7×
1938462	7,0	15,6	1139	3030	5,4×
3946154	14,0	31,2	2279	6059	11×
5884615	20,9	46,8	3418	9089	16×
7823077	27,9	62,5	4558	12119	21×
9761538	34,9	78,1	5697	15149	27×
11769231	41,9	93,7	6836	18178	32×
15646154	55,8	124,9	9115	24238	43×
19592308	69,8	156,1	11394	30297	54×
23469231	83,8	187,4	13673	36357	64×
31292308	111,7	249,8	18230	48476	86×
39184615	139,6	312,3	22788	60595	107×
47007692	167,5	374,7	27345	72714	129×
48946154	174,5	390,3	28485	75743	134×

Mémoire tampon et mémoire cache

La plupart des lecteurs de CD-ROM sont équipés de zones de mémoire tampon ou de mémoire cache intégrées à leur carte logique. Ces zones tampon sont en fait des puces de mémoire placées sur la carte logique du lecteur, qui permettent d'organiser ou de stocker les données sous forme de segments plus importants avant de les envoyer au PC. Une zone tampon de lecteur de DVD-ROM type a une capacité de 128 Ko, mais cette valeur peut être plus ou moins grande (il est préférable qu'elle soit supérieure). Les lecteurs de DVD-ROM disposent généralement de tampons de 256 Ko. Les lecteurs de CD/DVD enregistrables sont généralement pourvus d'une mémoire cache plus importante de 2 Mo à 4 Mo, voire plus, et peuvent ainsi pallier les défaillances de la mémoire tampon et des opérations d'écriture. En règle générale, les lecteurs les plus rapides possèdent plus de mémoire tampon pour gérer des taux de transfert plus élevés.

Les lecteurs combinés DVD-ROM/CD-RW disposent généralement de zones tampons de 1,5 à 2 Mo. Les zones tampon (ou la mémoire cache) présentent un certain nombre d'avantages. Elles permettent au PC de recevoir les données à une vitesse constante. Lorsqu'une application appelle

des données, celles-ci sont le plus souvent réparties dans plusieurs blocs du disque. Le temps d'accès du lecteur étant relativement élevé, les intervalles séparant les différentes lectures peuvent conduire le lecteur à envoyer les données au PC de manière sporadique. Ces intervalles ne seront vraisemblablement pas perceptibles dans une application texte mais, avec un lecteur doté d'un temps d'accès élevé et dépourvu de mémoire tampon, ils seront particulièrement marqués, voire agaçants, lorsqu'il s'agira de lire et d'afficher des segments de données vidéo ou de lire des signaux audio. Lorsqu'elles sont placées sous le contrôle de logiciels élaborés, les zones tampon des lecteurs permettent à ces derniers d'accéder immédiatement à la table des matières du disque, ce qui leur permet d'effectuer la première recherche plus rapidement.

Utilisation du processeur

Un paramètre souvent négligé, mais qui joue pourtant la plupart du temps un rôle important dans les performances d'une machine, est l'impact de tout élément matériel ou logiciel sur le processeur. Le facteur d'utilisation du processeur (tel qu'un Core Duo, Athlon 64 x2, et autres) indique la quantité de sa puissance dédiée à un périphérique ou à un logiciel pour le faire fonctionner. Il est préférable d'utiliser le moins possible le processeur afin de le laisser effectuer d'autres tâches, ce qui améliorera les performances de votre PC. Avec les lecteurs de CD-ROM, trois facteurs influent sur l'utilisation du processeur : la vitesse du lecteur, la taille de sa mémoire tampon et le type d'interface.

La taille de la mémoire tampon influe également sur l'utilisation du processeur. Entre deux lecteurs ayant les mêmes performances, celui qui est doté de la plus grosse mémoire tampon sollicitera en principe moins le processeur.

Le troisième facteur qui influe sur le processeur est l'interface. Les lecteurs de CD-ROM SCSI utilisent beaucoup moins le processeur que les lecteurs ATAPI de mêmes performances. Une estimation faite il y a quelques années sur des lecteurs 12× indiquait que les lecteurs IDE ATAPI employaient entre 65 % et 80 % des ressources du processeur, alors que les lecteurs SCSI en utilisaient moins de 11 %. Si on fait appel à une interface ATA en mode DMA ou Ultra-DMA, il est possible d'atteindre un niveau d'utilisation du processeur avoisinant celui des lecteurs SCSI.

DMA (*Direct Memory Access,* accès direct à la mémoire) et Ultra-DMA

Les circuits de contrôle ATA à contrôle de bus (*bus mastering*) utilisent le transfert par accès direct à la mémoire (DMA, *Direct Memory Access*) ou l'Ultra-DMA pour améliorer les performances et réduire l'utilisation du processeur. Quasiment tous les lecteurs ATA modernes prennent en charge le transfert Ultra-DMA. Avec le contrôle de bus, l'utilisation du processeur pour les lecteurs de CD-ROM ATA/ATAPI et SCSI se situe désormais aux alentours de 11 %. Vous avez donc tout intérêt à autoriser l'accès DMA à votre lecteur de CD-ROM (ainsi qu'à vos disques durs ATA) si votre PC le permet.

La plupart des lecteurs de CD-ROM ATA/ATAPI récents supportent les transferts DMA ou Ultra-DMA, ce qui est aussi le cas de Windows 95 B et des cartes mères de classe Pentium récentes. Pour déterminer si cette fonction est activée sur votre PC sous Windows 9x, Me, XP ou Vista, ouvrez l'onglet Propriétés système et cliquez sur le symbole plus (+) à côté de Contrôleurs de disque dur

(appelés Contrôleurs IDE ATA/ATAPI dans les versions récentes de Windows). Une ancienne interface de lecteur capable de gérer les transferts DMA peut afficher *Busmaster*. Toutefois, avec les systèmes récents, vous devez ouvrir la feuille des propriétés du contrôleur, afin de connaître ses capacités.

Ensuite, vérifiez les informations relatives au disque dur et au disque optique (CD/DVD) de votre système. Vous pouvez utiliser la page de propriétés de votre lecteur de CD-ROM sous Windows 9x/Me et Windows 2000/XP/Vista pour plus d'informations ; vous serez peut-être obligé d'ouvrir votre machine afin de déterminer la marque et le modèle du disque dur. Les disques durs et les lecteurs de CD ou DVD qui prennent en charge le MultiWord DMA Mode 2 (16,6 Mo/s), l'Ultra-DMA Mode 2 (33 Mo/s) ou des technologies plus rapides peuvent utiliser les transferts par accès direct à la mémoire. Pour en savoir plus, consultez la documentation livrée avec votre matériel ou le site web du fabricant.

Pour activer les transferts DMA, si votre carte mère et vos lecteurs peuvent utiliser cette technique, ouvrez la page Propriétés système dans Windows 9x et suivants, cliquez sur l'onglet Gestionnaire de périphériques et ouvrez la page de propriétés de votre disque dur. Cliquez sur l'onglet Paramètres et cochez la case DMA.

Répétez ces étapes pour activer les transferts DMA sur les autres disques durs et sur les lecteurs de CD-ROM ATAPI. Redémarrez votre ordinateur après avoir effectué ces changements.

Infos

Nous recommandons fortement de sauvegarder le contenu de vos disques et le Registre Windows 9x avant d'activer la prise en charge du mode DMA ou avant d'installer et d'activer un lecteur qui utilisera un support DMA. Si votre PC ne répond plus après l'activation de cette fonction, vous devrez redémarrer en mode Sans échec et désactiver l'option DMA. Dans certains cas, si vous n'avez pas accès à ce mode, remplacez le Registre par celui que vous avez sauvegardé avant modification du mode de transfert DMA. Si vous n'avez pas effectué de sauvegarde, vous devrez modifier manuellement le Registre. Étant donné que les transferts DMA passent outre le processeur pour accélérer le transfert de données, un problème de DMA peut entraîner une perte de données. En conclusion, pensez impérativement à faire une sauvegarde.

Si votre lecteur supporte le mode Ultra-DMA (également appelé Ultra-ATA), faites l'acquisition d'un câble conducteur 80 broches. Vous éviterez ainsi les distorsions de bruit et de signaux qui interviennent en cas d'utilisation d'un câble conducteur 40 broches en mode Ultra-DMA. Bon nombre de lecteurs et de cartes mères refusent l'activation du mode Ultra-DMA à plus de 33 Mo/s en l'absence de câble conducteur 80 broches. Notez que ces problèmes de câble n'interviennent que sur les lecteurs parallèles ATA. Si votre lecteur est un modèle récent en ATA série (SATA), ils ne vous concernent pas.

Les interfaces des lecteurs qui ne mentionnent pas le contrôle de bus ne peuvent bénéficier de cette accélération à moins de posséder les pilotes adaptés. Dans certains cas, en fonction de votre version de Windows et de la date de fabrication du chipset de votre carte mère, vous devrez installer les pilotes appropriés pour les chipsets pour permettre à Windows de reconnaître le chipset et d'activer le mode DMA. Quasiment tous les chipsets de cartes mères fabriqués avant 1995 prennent en charge le busmaster ATA et tous ceux ultérieurs à 1997 acceptent également les transferts Ultra-DMA

jusqu'à 133 MHz (Ultra-ATA/133). Assurez-vous toujours que le mode DMA est activé pour bénéficier de ses performances, notamment celles qui concernent votre lecteur de DVD.

Interface

L'interface d'un lecteur est l'élément physique qui permet de connecter le lecteur au bus d'extension du PC. Elle constitue le canal permettant le passage des données du lecteur à l'ordinateur et son importance ne doit pas être négligée. Il existe six types d'interfaces de lecteurs de CD-ROM et de graveurs de CD et de DVD :

- SATA (ATA série);
- les interfaces SCSI/ASPI (*Small Computer System Interface/Advanced SCSI Programming Interface*);
- les interfaces ATA/ATAPI (*AT Attachment/AT Attachment Packet Interface*);
- le port parallèle;
- le port USB;
- les interfaces FireWire (IEEE-1394).

Les sections qui suivent décrivent les interfaces SATA, ATA, USB et FireWire.

SATA

L'interface SATA est la même que celle utilisée par les ordinateurs les plus récents, afin de connecter leurs disques durs. Les systèmes plus récents pouvant prendre en charge un disque ATA/ATAPI et jusqu'à huit disques SATA voire plus, de nombreux fournisseurs de lecteurs de DVD produisent désormais des versions SATA de leurs disques ATA/ATAPI. Les lecteurs de DVD réinscriptibles SATA devraient largement remplacer les lecteurs ATA/ATAPI au cours des deux prochaines années.

Comparés aux lecteurs de DVD réinscriptibles ATA/ATAPI similaires, les lecteurs de DVD réinscriptibles SATA présentent des performances égales mais ils sont plus simples à installer car il n'est pas nécessaire de changer le cavalier en maître/esclave ni d'effectuer une sélection de câble. Un adaptateur hôte SATA se connecte directement à un disque SATA.

Les lecteurs de DVD réinscriptibles SATA ne fonctionnent généralement qu'avec Windows XP et Vista. Si vous devez utiliser un lecteur avec d'anciennes versions de Windows ou d'autres systèmes d'exploitation, préférez un lecteur optique ATA/ATAPI si votre système le prend en charge.

SATA émule des dispositifs ATA et ATAPI, ce qui permet d'utiliser un lecteur DVD SATA comme dispositif de démarrage.

✔ Voir la section "Présentation de l'interface IDE", p. 395.

✔ Voir la section "CD et DVD amorçables – El Torito", p. 631.

Interface ATA/ATAPI

L'interface ATA/ATAPI *(AT Attachment/AT Attachment Packet Interface)* s'inscrit dans la lignée de l'interface ATA, utilisée sur la plupart des anciens ordinateurs pour les relier à leur disque dur et parfois appelée interface IDE (*Integrated Drive Electronics*). L'interface ATAPI est une interface standard ATA conçue entre autres pour les lecteurs de CD/DVD. Cette interface de niveau logiciel adapte les commandes SCSI/ASPI pour l'interface ATA. À partir de Windows 9x, les extensions de CD-ROM se trouvent dans le pilote CDFS VxD (*CD File System Virtual Device*).

Les lecteurs ATA/ATAPI sont parfois aussi appelés EIDE (*Enhanced IDE,* IDE amélioré), puisque ce standard est une extension de l'interface IDE (techniquement ATA). Sur des systèmes équipés de deux adaptateurs hôtes ATA/IDE ou plus, un lecteur CD ou DVD ATA se connecte à l'ordinateur par l'intermédiaire d'un second canal et connecteur d'interface ATA, laissant l'exclusivité du premier aux disques durs. En effet, l'interface ATA ne parvient pas à partager correctement un même canal entre plusieurs périphériques : le disque dur risquerait de devoir attendre que le lecteur de CD/DVD ait exécuté ses commandes et *vice versa*. L'interface SCSI ne présente pas ce problème; elle permet d'envoyer des commandes à différents périphériques sans attendre que chacune des commandes déjà envoyées ait été exécutée.

Si votre système ne prend pas en charge ATA, l'interface ATA est l'interface de CD-ROM et de DVD qui offre le meilleur rapport qualité/prix pour les meilleures performances.

Quasiment tous les PC disponibles sur le marché peuvent utiliser un lecteur de CD-ROM/DVD ATA/ATAPI comme lecteur d'amorçage, ce qui permet aux fabricants de proposer des CD-ROM de restauration susceptibles de réinitialiser un PC avec ses paramètres d'usine. Vous verrez plus loin en quoi un CD-ROM d'amorçage diffère d'un CD-ROM ordinaire et comment utiliser des lecteurs CD-R/RW bon marché couplés à des logiciels de mastérisation et de traitement d'images pour créer un CD-ROM d'amorçage avec la configuration de votre choix.

Interface USB

L'interface USB (*Universal Serial Bus*) est très souple et utilisée aussi bien pour les claviers et les manettes de jeu que pour les lecteurs de CD/DVD de plusieurs fabricants.

Les taux de transfert en lecture et en écriture des lecteurs équipés d'une interface USB 1.1 et versions antérieures correspondent aux taux les plus élevés proposés avec le port parallèle IEEE-1284. Les vitesses de lecture habituelles des modèles 6× s'étendent de 1145 Ko/s à 1200 Ko/s. L'interface USB 2.0 (et version ultérieure) offre un taux de transfert allant jusqu'à 60 Mo/s, soit quarante fois plus que l'USB 1.1, ainsi qu'une pleine compatibilité descendante.

Comparée au port parallèle, l'interface USB présente bien des avantages, par exemple l'échange à chaud, c'est-à-dire la possibilité de brancher et débrancher un périphérique sans avoir à éteindre puis redémarrer le PC. En outre, les lecteurs équipés de cette interface prennent en charge le Plug

and Play (PnP), ce qui permet à l'ordinateur de reconnaître le lecteur et de charger automatiquement les pilotes.

Pour les PC sous Windows 98/Me ou Windows 2000/XP/Vista équipés de ports USB, les graveurs de DVD USB représentent une excellente solution pour effectuer de l'archivage à bas prix sur des supports optiques.

FireWire

Plus récemment, des lecteurs externes de CD/DVD ont été commercialisés avec une interface FireWire (appelée également IEEE-1394 ou i.LINK). Cette interface hautes performances est essentiellement conçue pour la vidéo. Elle est devenue un standard Apple et est employée principalement sur les Macintosh. Étant donné que peu de PC sont équipés de ports FireWire – alors que tous sont dotés de ports USB – nous recommandons de lui préférer l'interface USB, plus universellement reconnue pour les lecteurs externes de CD/DVD. USB 2.0 (également connue sous le nom de Hi-Speed USB) est plus rapide et plus répandue que les implémentations FireWire actuelles. Les lecteurs FireWire peuvent présenter un intérêt si vous travaillez dans un environnement à double plate-forme (par exemple des PC et des Mac). Néanmoins, comme la plupart des Mac prennent en charge USB (et il est très facile d'ajouter une interface USB aux autres), si votre plate-forme principale est PC, il vaut mieux faire appel à USB qu'à FireWire.

Si vous souhaitez utiliser un lecteur FireWire et si la carte mère de votre système n'intègre pas FireWire, sachez qu'il est très facile d'ajouter une carte d'interface au PC. Il existe également certaines cartes vidéo ou son offrant en option un port FireWire.

✔ Voir la section "IEEE-1394", p. 813.

Mécanismes de chargement

Les lecteurs de CD-ROM/DVD-ROM peuvent utiliser trois types de mécanismes, qui présentent chacun des avantages et des inconvénients, pour charger les disques :

- le mécanisme à caddy;
- le mécanisme à tiroir;
- le mécanisme à fente.

Mécanisme à tiroir

La plupart des lecteurs SATA, ATA/ATPI et de CD/DVD SCSI utilisent un mécanisme de chargement à tiroir identique à celui qui est implanté dans les chaînes stéréo. Son prix de revient est faible, mais il est nécessaire de manipuler le disque pour l'introduire et l'enlever.

Le mécanisme de chargement à tiroir est moins coûteux que le système à caddy (voir la section suivante, "Mécanisme à caddy") parce qu'il ne nécessite pas l'emploi d'un caddy. Il est également plus pratique, à moins de disposer d'un caddy pour chaque disque. Son maniement peut cependant se révéler plus difficile pour les enfants, qui auront quelque peine à utiliser ce procédé sans salir ou endommager les disques.

Le plateau lui-même est fragile. Les tiroirs peuvent se casser sous l'effet d'un choc ou si un objet tombe dessus alors qu'ils sont ouverts. D'autre part, toutes les saletés susceptibles de tomber sur le tiroir ou sur le disque arrivent directement dans le lecteur lorsque le tiroir se referme. Les lecteurs à chargement par tiroir sont donc à proscrire dans un environnement particulièrement difficile (magasin ou usine, par exemple). Lorsque vous utilisez un lecteur à tiroir, assurez-vous que le tiroir et la surface du disque sont propres.

Le mécanisme de chargement à tiroir ne maintient pas les disques aussi fermement que le mécanisme à caddy et, si un disque n'a pas été placé convenablement dans le tiroir, l'un ou l'autre risque d'être endommagé. Un mauvais alignement peut empêcher le lecteur de lire le disque correctement, ce qui oblige à rouvrir le tiroir et à repositionner le disque.

Certains lecteurs à tiroir ne peuvent pas fonctionner verticalement (sur le côté) à cause de la gravité qui entrave le chargement du disque et le fonctionnement du lecteur. Si vous observez sur votre lecteur à tiroir la présence de petits onglets de fixation sur le bord externe de la zone de contact avec le moyeu, ou encore de petites rondelles qui pivotent au niveau du bord extérieur du disque, l'appareil peut être installé aussi bien horizontalement que verticalement.

Le véritable avantage du mécanisme à tiroir par rapport au mécanisme à caddy est son faible coût, et c'est un facteur déterminant. Ce mécanisme est d'ailleurs le plus répandu actuellement.

Mécanisme à caddy

Il fut un temps où le mécanisme à caddy était utilisé sur la plupart des lecteurs de CD-ROM haut de gamme ainsi que sur les premiers lecteurs CD-R et DVD-RAM. Avec ce système, l'utilisateur doit placer le disque dans un étui spécial fermé par un volet métallique suspendu : le caddy. Ce volet permet d'insérer le disque et demeure ensuite fermé. Lorsque le caddy est inséré dans le lecteur, ce dernier fait basculer le volet métallique et permet au rayon laser d'accéder au disque.

Le caddy n'est pas nécessairement le mécanisme de chargement le plus pratique, sauf si tous les disques sont rangés dans des caddies. L'utilisateur n'a qu'à saisir le caddy contenant le disque de son choix et à l'insérer dans le lecteur pour le faire lire. Ce procédé fait fonctionner les CD-ROM à la manière d'une disquette 3 pouces 1/2. Le caddy peut être saisi entre les doigts sans risque d'endommager le disque, ce qui fait aussi que ce système de chargement est le plus précis et le plus solide.

Les caddies étant scellés, les disques sont protégés contre tout endommagement susceptible d'être provoqué par les manipulations.

Les véritables inconvénients du système à caddy sont son prix et le fait qu'il est préférable de placer tous les disques dans des caddies respectifs. Les lecteurs de CD-ROM sont livrés avec un seul caddy, de sorte qu'il est nécessaire d'en acheter beaucoup d'autres. Un caddy coûtant entre 5 et 10 euros, la dépense supplémentaire peut donc être significative si vous disposez d'un nombre important de disques.

Les lecteurs à caddy conviennent particulièrement aux environnements tels que les ateliers, les usines ou tout autre endroit qui implique de manipuler les disques avec des gants maculés ou des mains sales.

Lorsque les premiers DVD-RAM ont fait leur apparition, le disque devait demeurer dans un caddy du fait de la fragilité de la surface enregistrable. Entre-temps, ces caddies ont disparu, mais, pour les disques double face, les informations risquent d'être endommagées à chaque manipulation. Le système à caddy n'est plus utilisé dans les lecteurs de CD et DVD en raison de la commodité du tiroir. Même si la conception d'origine du Blu-ray employait un caddy, un revêtement de protection amélioré sur la zone de données a permis aux concepteurs de lecteurs et supports Blu-ray d'éliminer le caddy.

Mange-disques (slot-in)

Certains lecteurs, appelés slot-in, sont des mange-disques semblables à ceux utilisés dans la fabrication des lecteurs pour voitures. Ce mécanisme est très pratique, car il suffit de glisser le disque dans la fente et le système saisit le support et "l'avale". Certains lecteurs peuvent charger plusieurs disques en même temps et les garder à l'intérieur, basculant d'un disque à l'autre à la demande.

Le principal inconvénient réside dans le risque de blocage. En effet, il est bien plus difficile de réparer ces lecteurs, car il faut les extraire pour dégager le disque. Ces appareils ne gèrent pas les disques de 80 mm, les minidisques conçus pour les voitures ni les autres formats de disques, comme DualDisc.

Juke-box de CD et DVD

Il y a plusieurs années, certains fabricants de lecteurs CD produisaient des chargeurs internes de CD. Ils sont aujourd'hui obsolètes, mais l'idée d'avoir plusieurs CD et DVD à disposition est passée de l'intérieur du PC (les limites de taille empêchant la prise en charge de plus de six disques par lecteur) vers des dispositifs externes pouvant contenir des centaines de disques.

Pour une utilisation en réseau, où l'on partage plus volontiers des CD et DVD de données, les meilleures performances s'obtiennent avec des serveurs de DVD ou CD-ROM. Ceux-ci comprennent plusieurs lecteurs de DVD-ROM ou CD-ROM et un adaptateur réseau Fast Ethernet, offrant l'accès depuis toute autre station du réseau. Pour accéder à plus de CD ou DVD entrant dans une tour (et autres supports non protégés contre la copie), un serveur de mise en cache de disque copie les CD ou DVD sur le disque dur, puis offre un accès à son image vers d'autres stations sur le réseau. Les tours de DVD et CD-ROM sont disponibles chez CD Dimensions (**www.cddimensions.com**), Kintronics (**www.kintronics.com**), JES Hardware Solutions (**www.jescdrom.com**) et d'autres. Les serveurs de DVD et de CD sont disponibles en version tour ou armoire.

Autres caractéristiques

Les caractéristiques des lecteurs sont certes très importantes, mais elles ne sont pas suffisantes pour faire un choix intelligent. Outre la qualité de fabrication, les critères suivants vous aideront à effectuer votre choix :

- étanchéité à la poussière ;
- lentilles autonettoyantes ;
- lecteur interne ou externe.

Étanchéité à la poussière

La poussière est le pire ennemi des CD/DVD. La poussière et la saleté qui s'accumulent sur les lentilles du mécanisme peuvent provoquer des erreurs de lecture ou diminuer considérablement les performances du lecteur. Nombre de fabricants logent la lentille et les composants internes de leurs lecteurs dans des compartiments étanches à l'air qui provient de la baie du lecteur. Quoique non étanches, d'autres modèles de lecteurs possèdent deux portes antipoussière – l'une située à l'extérieur, l'autre à l'intérieur. Toutes ces caractéristiques contribuent à prolonger la durée de vie du lecteur.

Certains lecteurs sont étanches, ce qui signifie que l'air ne circule pas dans le compartiment qui abrite le laser et la lentille. Dans un magasin ou dans une usine, utilisez exclusivement un modèle étanche. Dans un environnement normal, la dépense correspondante n'est sans doute pas nécessaire.

Pour déterminer si un lecteur donné est étanche, vous devrez peut-être consulter la FAQ ou les questions d'assistance traitant du nettoyage ; ces informations ne figurent pas toujours dans les caractéristiques des lecteurs.

Lentilles autonettoyantes

Si la lentille du rayon laser s'encrasse, vos données seront plus difficiles à lire. Le lecteur aura besoin de beaucoup plus de temps pour rechercher les données – et finira peut-être par renoncer. Il existe sur le marché des disques permettant de nettoyer les lentilles, mais la plupart des lecteurs de qualité sont aujourd'hui équipés d'un mécanisme autonettoyant intégré. Il sera sans doute judicieux de choisir un modèle à lentilles autonettoyantes, surtout si vous travaillez dans un environnement exposé ou si vous éprouvez des difficultés à maintenir propre votre bureau, et *a fortiori* la lentille de votre lecteur de CD-ROM. Il est possible de nettoyer celle-ci manuellement mais, pour cette opération délicate, vous devez ouvrir le lecteur. Le mécanisme qui abrite la lentille est très fragile, c'est pourquoi nous déconseillons cette opération.

Infos

Avant d'utiliser un disque de nettoyage, consultez les recommandations du fournisseur pour déterminer s'il préconise cette maintenance. Certains les déconseillent, car les tampons ou les brosses peuvent rayer la lentille laser.

Lecteur interne ou externe

Pour décider si vous devez acheter un lecteur interne ou externe, réfléchissez à l'endroit où vous utiliserez ce périphérique et à l'usage que vous en ferez. Pensez aussi aux extensions que vous serez peut-être appelé à ajouter à votre ordinateur. Les deux types de lecteurs présentent des avantages et des inconvénients :

- **Unité externe.** Les lecteurs externes sont généralement portables, mais volumineux comparés aux modèles internes et "sans fioritures". N'achetez une unité externe que si vous manquez

d'espace disponible dans votre ordinateur. Vous pouvez aussi envisager d'acheter un lecteur externe pour le déplacer d'un ordinateur à l'autre, notamment si vous avez un ordinateur portable. Les lecteurs USB 2.0 (USB Hi-Speed) peuvent être employés sur les systèmes récents.

- **Unité interne.** Les lecteurs internes permettent de libérer de la place sur votre bureau. Achetez un lecteur interne si vous disposez d'une baie libre sur votre ordinateur et d'une alimentation suffisante et si vous prévoyez d'utiliser le lecteur sur un seul ordinateur. Les lecteurs internes présentent l'avantage de relier leur connecteur audio à la carte son, ce qui laisse les connecteurs audio externes du PC libres pour d'autres entrées. Les disques internes sont généralement ATA/ATAPI, même si de nombreux fournisseurs produisent désormais des versions SATA, le secteur s'éloignant toujours plus de l'interface ATA/ATAPI.

CD enregistrables

Quasiment tous les systèmes récents sont équipés de lecteurs CD ou DVD enregistrables (également capables d'écrire sur CD). Même si les DVD enregistrables sont aujourd'hui moins chers (en termes de mégaoctets), les supports CD-R et CD-RW restent utiles pour transférer des données vers d'anciens systèmes. Effectivement, un CD-R enregistré en une seule session est la manière la plus sûre de transférer des données pour un autre usage.

L'enregistrement de CD a parcouru beaucoup de chemin depuis 1988, à l'époque où le premier système d'entregistrement de CD-R est apparu au prix de 50 000 dollars ! Ces premiers graveurs étaient à simple vitesse (1×) et appartenaient à un sous-système d'une taille équivalente à celle d'un lave-linge ! Les disques vierges coûtaient environ 100 dollars, une fortune par rapport à leur coût actuel, qui est de moins de 5 centimes en grosse quantité (vous devez fournir les boîtiers). Initialement, l'enregistrement de CD servait principalement à produire des prototypes destinés à être dupliqués *via* le processus de gravure standard.

En 1991, Philips a lancé le premier graveur 2× (le CDD 521) qui avait à peu près la taille d'un récepteur stéréo et coûtait environ 12 000 dollars. Sony, en 1992, et JVC, en 1993, ont suivi dans cette voie avec leurs graveurs 2×. JVC a été le premier à mettre sur le marché un graveur en demi-hauteur en 5 pouces 1/4, format utilisé actuellement encore par la plupart des systèmes. En 1995, Yamaha a lancé le premier graveur 4× (le CDR 100), vendu à l'époque au prix de 5 000 dollars. La chute des prix est véritablement intervenue à la fin de l'année 1995, lorsque Hewlett-Packard a commercialisé un graveur 2× (le 4020i, fabriqué en fait par Philips) pour moins de 1 000 dollars. C'était exactement le prix convenable pour le marché. Avec le gain de popularité qui s'en est ensuivi, les prix ont rapidement baissé sous la barre de 500 dollars, puis sous celle de 200 dollars. En 1996, Ricoh a introduit le premier lecteur CD-RW.

Aujourd'hui, la plupart des fournisseurs sont passés des CD-RW aux lecteurs DVD réinscriptibles, qui fonctionnent toutefois exactement comme un lecteur de CD-RW (écrivant sur des supports CD-RW et CD-R). Pour créer des sauvegardes de données utilisables sur des systèmes récents ou plus anciens, vous pouvez choisir des CD. Pour un stockage plus volumineux, préférez les DVD.

Il existe deux types de graveurs : les graveurs de CD-R (*recordable*, enregistrable) et les graveurs de CD-RW (*read-write*, réinscriptible). Toutefois, les CD-RW sont au moins deux fois plus chers que les CD-R et deux fois plus lents. En outre, ils ne fonctionnent pas avec tous les lecteurs de CD audio et de CD-ROM, ce qui fait que la plupart des gens préfèrent graver des CD-R, mais avec un graveur de CD-RW.

Infos

La couche réfléchissante du support étant différente, les anciens lecteurs de CD/DVD ne lisent pas les CD-RW, ce qui n'est pas le cas des nouveaux lecteurs conformes à la spécification MultiRead. Aussi, tenez compte de ce facteur et préférez les CD-R par souci de compatibilité.

Les CD-R sont des supports WORM : une fois le disque plein, les données sont stockées de manière permanente et ne peuvent être effacées. La limitation à une écriture unique fait que ce type de disque est loin d'être idéal pour les sauvegardes, pour lesquelles il est intéressant de pouvoir réutiliser continuellement le même support de stockage. Mais, étant donné le faible coût de ce média, vous jugerez peut-être que les sauvegardes permanentes sur CD-R sont économiquement aussi intéressantes que celles sur bande ou sur un autre type de support.

Les disques CD-RW peuvent servir jusqu'à mille fois. Ils conviennent donc à presque tous les types de stockages. Les sections suivantes détaillent ces deux standards et décrivent leur utilisation en fonction de vos besoins en matière de stockage de données.

CD-R

Une fois enregistrés, les CD-R peuvent être lus sur tout lecteur de CD-ROM standard. Les CD-R sont très utiles pour la création d'archives ou de masters susceptibles d'être dupliqués et distribués au sein d'une entreprise.

Le CD-R applique le même principe de fonctionnement qu'un CD-ROM standard, en lisant la lumière réfléchie par un rayon laser balayant la surface du disque à la recherche d'un changement dans le réfléchissement généré par les cavités et les plats. Toutefois, à la place des cavités creusées dans la couche de plastique d'un CD normal, le CD-R contient des sillons gravés de zones sombres, qui reflètent moins de lumière. Comme le réfléchissement des cavités et des plats est le même que sur un disque gravé, les lecteurs de CD audio ou de CD-ROM lisent les CD-R exactement de la même manière.

Le processus d'enregistrement commence bien avant l'insertion du support dans le lecteur. Le CD-R est fabriqué d'une manière très semblable à celle d'un CD standard : on utilise une empreinte pour mouler une base de polycarbonate. Toutefois, au lieu d'imprimer des cavités et des plats, l'empreinte imprime un sillon en forme de spirale (appelé *pre-groove*) sur la surface du disque. Du point de vue du laser de lecture situé sous le disque, ce sillon est perçu comme une crête en spirale et non comme une dépression.

Cette crête n'est pas régulière, elle contient de légères rainures. L'amplitude de ces rainures est très faible comparée à l'espacement entre chaque piste. Chaque sillon est espacé de 1,6 micron, mais la rainure mesure seulement 0,030 micron de bord à bord. La rainure du sillon d'un CD-R se module pour contenir les informations supplémentaires lues par le lecteur. Le signal qu'elle contient s'appelle ATIP (*Absolute Time In Pre-groove*, temps absolu dans la spirale), car il est modulé par le code temps, entre autres données. Le code temps s'exprime dans le même format minutes:secondes que celui du sous-code Q des trames une fois que ces dernières sont écrites sur le disque. L'ATIP permet au lecteur de localiser les emplacements du disque susceptibles d'accueillir les trames avant leur écriture. Techniquement, l'oscillation du signal est combinée par une porteuse de fréquence à 22,05 kHz et une déviation de 1 kHz. La rainure se sert de ces changements de fréquences pour véhiculer les informations.

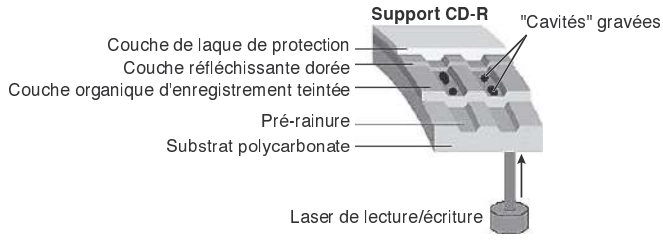
Le CD-R est uniformément recouvert d'une encre organique suivant un processus d'application en spirale. Ensuite, on applique une couche réfléchissante dorée ou argentée (certains premiers supports à bas prix utilisaient de l'aluminium), puis une couche protectrice contenant un vernis anti-UV destinée à protéger les couches réfléchissante et teintée. La couleur or ou argent permet d'obtenir un réfléchissement maximal (l'or sert pour les CD-R d'archivage à long terme). En outre, on a découvert que les encres organiques oxydent l'aluminium. On applique ensuite une sérigraphie sur le vernis à des fins d'identification et de protection des données. Vu du dessous, le laser utilisé pour lire ou écrire sur le disque passe d'abord au travers du polycarbonate transparent et de la couche teintée, heurte la couche dorée où il est à nouveau réfléchi vers la couche teintée et le plastique, pour être enfin détecté par le capteur optique du lecteur.

Les couches teintée et réfléchissante d'un CD-R possèdent les mêmes propriétés réfléchissantes qu'un CD vierge. En d'autres termes, un lecteur de CD lit le sillon d'un CD-R vierge comme un long plat. Pour enregistrer un CD-R, on utilise un rayon laser d'une longueur d'onde équivalant à celle d'un lecteur de CD (780 mm), mais qui va chauffer dix fois plus la couche teintée.

Lorsque le rayon laser d'enregistrement commence à graver les données sur le CD-R, il échauffe la couche dorée et la matrice photosensible située en dessous. L'échauffement de ces zones fait que la matrice et la couche dorée diffusent la lumière exactement de la même manière qu'une cavité sur un disque en verre ou sur un CD produit en masse. Le lecteur croit qu'il existe une cavité, alors qu'il s'agit simplement d'un point du disque moins réfléchissant en raison de la réaction chimique induite par l'échauffement de la matrice et de la couche dorée. Le laser est propulsé au sommet de la crête (sillon), chauffant la couche organique à une température variant de 250 °C à 300 °C. La couche teintée est littéralement brûlée, ce qui la rend opaque. Au moment de la lecture, cette action empêche la lumière de passer au travers de la couche teintée pour atteindre la couche dorée, puis d'être réfléchie, ce qui a le même effet que d'annuler le réfléchissement du laser pour un plat sur un CD pressé normalement.

La Figure 9.13 illustre les couches d'un CD-R et son sillon (crête, vu sous l'angle du laser) avec les cavités gravées.

Figure 9.13
Couches d'un CD-R.



Le lecteur croit qu'il existe une cavité, alors qu'il s'agit simplement d'un point du disque moins réfléchissant. L'utilisation de la chaleur pour créer des cavités explique pourquoi on parle de *gravure* d'un CD pour désigner le processus d'enregistrement. Lorsqu'elles sont chauffées, des parties de la couche des pistes passent d'un état réfléchi à un état non réfléchi. Ce changement d'état est permanent et ne peut être modifié ; c'est pourquoi le CD-R est un support à écriture unique.

Capacité des CD-R

Tous les lecteurs de CD-R fonctionnent avec les supports standard enregistrés de 650 Mio (682 Mo), soit 74 minutes d'équivalent audio, ainsi qu'avec les CD-R vierges d'une capacité de 700 Mio (737 Mo), soit 80 minutes d'équivalent audio. Ces derniers sont à peine plus chers que les premiers. Alors, pourquoi ne pas acheter uniquement des disques de plus grande capacité ? Bien que les 55 Mo supplémentaires puissent être utiles pour une différence de prix négligeable, les disques de 80 minutes sont en fait plus difficiles à lire sur les anciens lecteurs de CD-ROM et de CD audio, en particulier ceux destinés aux voitures. En effet, pour gagner ces 55 Mo (soit 6 minutes de plus), la distance qui sépare les pistes entre chaque tour de spirale est plus faible, ce qui rend le support plus difficile à lire. Si vous prévoyez d'utiliser des disques pour écouter de la musique ou échanger des données susceptibles d'être lues par un équipement plus ancien, préférez les disques de 74 minutes. Sinon, les disques de 80 minutes feront l'affaire.

Certains lecteurs et logiciels de gravure sont capables de réinscrire un CD selon un procédé qui consiste à écrire des données partiellement dans le Lead-out et en étendant la piste de données. Cette méthode est vraiment risquée dans la mesure où elle pose des problèmes de compatibilité. Bon nombre de lecteurs, en particulier les plus anciens, n'arrivent pas à lire les données inscrites à la fin d'un disque réenregistré. Il est préférable de considérer ce bidouillage comme expérimental. Réservez cette méthode à un usage personnel, car elle ne convient pas à l'échange de données.

Certains distributeurs vendent des médias de 90 minutes (790 Mio) ou 99 minutes (7870 Mio). Bien que les expérimentations présentées sur le site web Tom's hardware (**www.tomshardware.com**) montrent que la plupart des lecteurs CD-RW sont en mesure de graver sans problème jusqu'à 89 minutes et 59 secondes de musique sur un média de 90 minutes et que le média peut être lu sur un vaste éventail de lecteurs de salon ou pour voitures, rares sont les lecteurs qui sont véritablement capables de graver 90 minutes ou plus de musique (ou le volume équivalent de données informatiques) sur ce média.

Astuces

Désireux de savoir si votre lecteur peut gérer des médias de 90 minutes ou 99 minutes ? Le constructeur de votre lecteur vous affirmera probablement que non, mais la liste de compatibilité des médias élaborée par DVD-Supply.com vous livrera une réponse testée sur le terrain : **http://www.dvd-supply.com/90-min-compatibility.chart.html**. Vérifiez cette compatibilité avant d'acheter le média plus long.

Notez que Roxio (l'éditeur d'Easy Media Creator et autres programmes de gravure et de mastering de CD) affirme qu'essayer de graver un média de 90 minutes ou plus occasionne des dommages aux lecteurs tentant de graver ou de lire ce média.

Couleur du support

Une controverse partage les utilisateurs quant à l'influence de la couleur des CD-R sur les performances de ces derniers. Le Tableau 9.25 indique les combinaisons de couleurs les plus courantes, les marques qui les emploient et présente quelques remarques techniques.

Tableau 9.25 : Couleurs des CD-R et influence sur la qualité d'enregistrement

Couleur du support (première couleur : couche réfléchissante ; seconde couleur : couche teintée)	Marque	Notes techniques
Or-or	Mitsui, Kodak, Maxell, Ricoh	Encre à la phtalocyanine. Moindre tolérance aux variations de puissance. Procédé mis au point par Mitsui Toatsu Chemicals. Fonctionne mieux avec les lecteurs utilisant un long faisceau laser pour graver le support (*Long Write Strategy*).
Or-vert	Imation (née 3M), Memorex, Kodak, BASF, TDK, Verbatim	Encre à la cyanite. Moins sensible aux variations de lecture et d'écriture. Durée de vie estimée de dix ans. Combinaison de couleurs développée par Taiyo Yuden. Procédé utilisé dans le développement des CD-R d'origine. Standard de l'industrie du CD-R. Combinaison utilisée pour le développement de la technologie des CD-R. Fonctionne mieux avec les lecteurs qui utilisent un faisceau laser court pour graver le support (*Short Write Strategy*).
Argent-bleu	Verbatim, DataLifePlus, HiVal, Maxell, TDK	Procédé développé par Verbatim. Encre Azo. Performances semblables à celles des supports verts, avec toutefois une durée de vie estimée à cent ans. Bon choix pour de l'archivage à long terme.

Certaines marques ont en catalogue plusieurs combinaisons correspondant à des gammes de produits différentes. Pensez à vérifier la couleur des CD-R avant d'acheter si vous avez constaté qu'une teinte donnait de meilleurs résultats qu'une autre avec votre PC.

Infos

À l'origine, les jeux pour Playstation étaient livrés sur des CD teintés en noir pour l'apparence. Rapidement, des CD-R vierges dont le polycarbonate était teinté en noir sont également apparus sur le marché. La couleur noire ne joue qu'un rôle esthétique. Elle est invisible pour le laser infrarouge qui lit et écrit sur le disque. En d'autres termes, les CD-R noirs sont identiques, fonctionnellement parlant, aux disques transparents. Pour les fabriquer, il suffit de placer des pigments dans la couche qui sert à enregistrer. La teinte noire masque visuellement la couche d'enregistrement, mais le laser la traverse sans problème. Elle empêche simplement d'observer directement la couleur utilisée pour la couche d'enregistrement.

Bien que les différentes combinaisons de couleurs aient leurs avantages respectifs, la meilleure façon de choisir un support consiste à le tester sur votre lecteur de CD ou DVD en gravure complète et partielle, puis à essayer les CD gravés sur le plus grand échantillon possible de lecteurs fonctionnant à des vitesses différentes.

Infos

Si vous envisagez d'enregistrer des mélanges de musiques à écouter sur des autoradios CD ou des lecteurs de CD portables, n'oubliez pas de tester également leur compatibilité.

Le support parfait sera celui qui offrira :

- une haute fiabilité en écriture (vérifiez la liste des modèles de médias recommandés pour votre lecteur);
- une protection des différentes surfaces du CD (évitant les zones où le média n'enregistre pas correctement);
- une bonne durée de vie en utilisation normale (revêtement résistant aux rayures);
- une compatibilité avec le plus grand nombre de lecteurs de CD-ROM;
- un coût unitaire raisonnable.

Si vous rencontrez des problèmes pour graver certains types de médias ou si vous estimez que certaines marques sont plus lentes, à vitesse annoncée, que d'autres, contactez votre distributeur pour obtenir une mise à jour du microcode. Cette mise à jour permettra également à votre lecteur de reconnaître les nouveaux types de médias rapides des autres fabricants.

Choix du meilleur support

Une fois que vous aurez déterminé le support le plus adapté à votre lecteur, il restera encore un certain nombre de choix à effectuer entre surface conventionnelle et surface imprimable, boîtier cristal et conditionnement sous enveloppe, sans oublier les CD sans marque :

- **Surface conventionnelle.** Choisissez ce type de support si vous souhaitez utiliser un marqueur pour identifier vos CD et non des étiquettes papier. Ces CD présentent en général des zones destinées à leur identification (nom du CD, date de création, etc.) et une zone d'identification de marque saillante. En raison du marquage de surface, il n'est pas possible d'apposer de nouvelles étiquettes, à moins d'utiliser des étiquettes très opaques. Ces supports constituent un bon choix pour effectuer des sauvegardes internes et pour stocker des données puisque, dans ce cas, l'étiquetage n'est pas très important.
- **Surface imprimable.** Choisissez ce type de support si vous disposez d'une imprimante à CD (imprimante jet d'encre spéciale qui permet d'imprimer directement sur la face d'un CD ou d'un DVD). Les imprimantes jet d'encre R-Series d'Epson proposent cette capacité, de même que certains systèmes de copie de CD et de DVD. Comme l'impression des marques est peu contrastée, voire inexistante (pour permettre une surimpression), ce type de support fonctionne également avec les kits d'étiquetage NEATO et d'autres.

- **CD sans marque.** Ces CD sont généralement vendus en gros et leur choix est avant tout d'ordre économique. Ils peuvent être utilisés avec des kits d'étiquetage.
- **Boîtier cristal.** Tous les types de CD précédemment cités peuvent être conditionnés sous boîtier cristal (les boîtiers utilisés pour les logiciels sur CD-ROM et les CD audio). Ce choix est intéressant si vous envisagez de distribuer vos CD sous ce type de conditionnement; en revanche, le coût sera accru si vous prévoyez de distribuer ou de stocker le support dans une pochette papier ou sous une protection en Tyvek ou en plastique.

Astuces

Achetez de nouveaux boîtiers pour remplacer les boîtiers de vos logiciels sur CD ou ceux de votre collection de disques.

- **Boîtier mince.** Cette déclinaison du boîtier cristal contient le CD et une page d'informations dans un boîtier plus fin. En réalité, deux boîtiers minces donnent un boîtier cristal. Les boîtiers minces sont souvent plus difficiles à casser, mais pas suffisamment épais pour une jaquette.
- **Conditionnement sous enveloppe.** Ces CD sont conditionnés sans pochette ni boîtier. Ce sont sans doute les moins chers. Ce choix convient particulièrement à la duplication de masse et à ceux qui n'utilisent pas de boîtiers cristal ni de boîtiers minces pour distribuer leur support.

Vitesse d'enregistrement du support CD-R

La vitesse de gravure des CD varie entre 1× (pour les premières générations de graveurs maintenant supprimées) et 12×, et peut même atteindre 48×/52× pour des graveurs haut de gamme. Il est important de vérifier la vitesse (×) d'enregistrement de vos supports CD-R.

La plupart des CD de marque disponibles sur le marché sont optimisés pour des gravures en 52×. Certaines marques affichent la vitesse de gravure optimale sur les boîtiers; pour d'autres, vous devrez consulter le site web du fabricant. Au besoin, installez la dernière version du microcode pour atteindre une vitesse d'enregistrement maximale.

Infos

La vitesse actuelle de 52× des CD-R est la vitesse la plus rapide pour les lecteurs CD-RW ou DVD réinscriptibles. Les constructeurs sont d'avis que le risque de dommage (pour le média et le lecteur) lié à des vitesses de rotation plus élevées et les difficultés techniques associées à l'enregistrement de données à plus grande vitesse – combinées à la popularité grandissante des DVD réinscriptibles – marquent la fin des CD-RW.

Si le CD ne porte aucune indication, on est en droit de penser qu'il fonctionnera en écriture 32× ou moins. Si vous gravez des CD audio, vous constaterez que certains appareils fonctionnent mieux avec des CD créés en 8× ou moins.

Astuces

Certains lecteurs et logiciels de mastérisation prennent en charge une option qui détermine automatiquement la meilleure vitesse à employer pour graver un CD-R. Des logiciels acceptant ce type de fonction analysent le média et ajustent les méthodes et les vitesses d'écriture durant le processus de création du média. L'emploi de cette fonction avec des médias n'indiquant pas leur vitesse permet un résultat correct en toutes circonstances.

CD-RW

En 1996, un consortium industriel composé des sociétés Ricoh, Philips, Sony, Yamaha, Hewlett-Packard et Mitsubishi Chemical Corporation a donné naissance au format CD-RW. La conception en revient largement à Ricoh, qui a été le premier fabricant à introduire un graveur de CD-RW en mai 1996. Il s'agissait du modèle MP6200S, qui était une unité 2/2/6 (2× en enregistrement, 2× en réécriture, 6× en lecture). Au même moment, la partie III du Livre orange définissait officiellement le standard CD-RW.

Les lecteurs CD-RW ont rapidement remplacé la plupart des lecteurs uniquement CD-R. Bien que les lecteurs de DVD réinscriptibles aient largement remplacé les graveurs de CD-R, n'importe quel lecteur de DVD réinscriptible fonctionne donc avec un lecteur de CD-R/CD-RW. Il est possible de graver ou d'écrire sur des CD-RW exactement comme sur des CD-R à la différence que ces supports sont effaçables et peuvent être gravés maintes fois. Très utiles pour élaborer les prototypes des disques destinés à être ensuite dupliqués sur des CD-R moins chers, ou même sur des CD pressés, les CD-RW peuvent être réécrits au minimum mille fois. En outre, avec les logiciels d'écriture par paquets, ils sont même en mesure de servir de disquette géante d'où l'on glisse-dépose, copie ou supprime simplement des fichiers à volonté. Bien que de 1,5 à deux fois plus onéreux que les disques CD-R, les CD-RW sont moins chers que les cartouches optiques et les autres supports de stockage amovibles. Cela fait du CD-RW une technologie idéale pour les sauvegardes système, l'archivage de fichiers et les autres tâches de stockage de données, lorsque les DVD réinscriptibles ne conviennent pas.

Infos

Les CD-RW sont quelquefois appelés CD-E (erasable, effaçable).

On compte essentiellement quatre différences entre les CD-RW et les CD-R. Brièvement, les disques CD-RW sont :

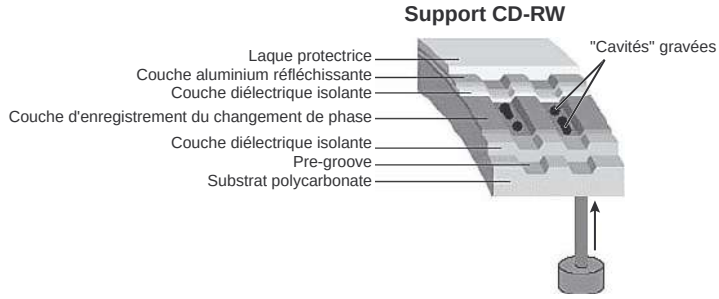
- réinscriptibles ;
- plus onéreux ;
- plus lents en écriture ;
- moins réfléchissants.

Avec les CD-RW, le laser a besoin de plus de temps pour exploiter un point particulier du disque lors de l'écriture. Le réfléchissement moins fort limite leur lisibilité sur des lecteurs plus anciens. Bon nombre de lecteurs de CD-ROM et de graveurs de CD-R parmi les moins récents ne lisent pas les CD-RW. Toutefois, quasiment tous les lecteurs de CD-ROM d'une vitesse de 24× ou plus sont équipés de la fonction MultiRead, qui leur permet de lire les CD-RW sans aucun problème. En règle générale, les lecteurs de CD audio, et notamment les lecteurs pour voitures, semblent avoir plus de mal. Par conséquent, pour les enregistrements musicaux ou pour une écoute sur des lecteurs plus anciens, préférez les CD-R. Le logo MultiRead apposé sur un lecteur de CD-ROM indique la capacité de ce dernier à lire les CD-RW.

Les lecteurs de CD-RW utilisent le processus de changement de phase pour créer l'illusion de plats sur le disque. Comme le CD-R, le disque possède au départ la même base de polycarbonate où est moulé un sillon doté de rainures qui contiennent les informations ATIP. Cette base est recouverte d'une couche en spirale diélectrique (isolante), suivie de la couche d'enregistrement du changement de phase, qui est également diélectrique, puis d'une couche réfléchissante en aluminium et, enfin, d'un vernis protecteur anti-UV (et autres sérigraphies). Les couches diélectriques au-dessus et en dessous de la couche d'enregistrement sont conçues pour isoler le polycarbonate et les couches réfléchissantes de la forte chaleur qui se dégage au cours du processus de changement de phase.

La Figure 9.14 illustre les couches du support CD-RW, ainsi que le sillon (crête, vu sous l'angle du laser) avec ses plats "brûlés" dans la couche de changement de phase.

Figure 9.14
Couches du support CD-RW.



La méthode employée ne consiste plus à brûler une encre organique comme sur un CD-R. La couche d'enregistrement d'un CD-RW est faite d'un alliage à changement de phase composé d'argent, d'indium, d'antimoine et de tellure (Ag-In-Sb-Te). La partie réfléchissante de la couche d'enregistrement est un alliage d'aluminium, le même que sur les CD ordinaires pressés. Le laser de lecture/écriture est orienté sous le disque, où le sillon apparaît comme une crête. La lecture s'effectue dans la couche de changement de phase au sommet de la crête.

La couche d'enregistrement possède une structure polycristalline dotée d'une valeur de réflexion d'environ 20 %. Lors de l'écriture des données sur un CD-RW, le laser alterne entre deux paramètres de puissance appelés P-write et P-erase (puissance d'écriture et d'effacement). Le laser utilise sa puissance maximale pour chauffer le matériau actif à une température oscillant entre 500 °C et 700 °C, entraînant la liquéfaction de celui-ci. À l'état liquide, les molécules du matériau actif se déplacent librement, perdent leur structure polycristalline et adoptent un état amorphe. Lorsque le matériau se solidifie à l'état amorphe, il perd environ 5 % de ses propriétés réfléchissantes. Au moment de la lecture, ces zones faiblement réfléchies simulent les plats que l'on trouve sur un CD-ROM pressé.

L'histoire s'achèverait là si les disques CD-RW étaient des supports en lecture seule. Comme ils sont réinscriptibles, il doit bien exister un moyen de repasser à l'état polycristallin. À cet effet, le laser agit à un degré de puissance inférieur (*P-erase*) et chauffe le matériau actif à environ 200 °C, bien en dessous de sa température de liquéfaction, mais bien assez pour le ramollir. Du fait d'un

refroidissement plus lent, les molécules repassent d'un état amorphe (aux propriétés réfléchissantes de 5 %) à un état polycristallin doté d'un pouvoir réfléchissant de 20 %.

Malgré le terme de laser P-erase, il ne se produit pas d'effacement explicite. Le CD-RW utilise une technique appelée réécriture directe (*direct overwrite*), où un point n'a pas besoin d'être effacé pour être réécrit. En d'autres termes, pour enregistrer des données, le laser est propulsé au degré de puissance approprié à la production de zones polycristallines et amorphes au pouvoir réfléchissant bas ou élevé, quel que soit l'état précédent de ces emplacements. Ce procédé ressemble beaucoup à celui que l'on utilise pour écrire des données sur un disque magnétique qui emploie également la réécriture directe. Les données de chaque secteur sont déjà configurées; il ne reste plus qu'à écrire un nouveau schéma de données. Les secteurs ne sont jamais réellement effacés, ils sont simplement réécrits. Les disques CD-RW peuvent être écrits et réécrits plus de mille fois.

Vitesse de lecture des CD-RW

Dans le volume I, partie III du Livre orange d'origine (spécification CD-RW), l'écriture est définie à une vitesse de 4×. Les lecteurs et les supports ont été développés pour prendre en charge des vitesses plus élevées. Ainsi, en mai 2000, le volume II de la partie III a été publié, spécifiant l'enregistrement des CD-RW entre 4× et 10×. Cette nouvelle révision du standard CD-RW est appelée *High-Speed Rewritable* (réécriture à haute vitesse). Les lecteurs et les supports capables de vitesses supérieures à 4× portent un logo spécifique. Le volume I, partie III, publié en septembre 2002, décrit les lecteurs Ultra-Speed, c'est-à-dire des lecteurs CD-RW capables d'enregistrer à des vitesses de 8×/24×.

En raison des spécificités des supports High-Speed, ceux-ci ne peuvent être lus que par des graveurs de CD-RW High-Speed et Ultra-Speed. Les deux sont en mesure d'utiliser des médias standard 2×/4×, ce qui permet d'échanger des données avec des ordinateurs équipés de lecteurs CD-RW standard. Cela dit, le choix d'un média erroné en vue d'échanger des données avec d'autres systèmes peut empêcher ces derniers de lire le média. Si vous ne connaissez pas la vitesse du média CD-RW prise en charge par l'ordinateur cible, nous conseillons de faire appel à des médias 2×/4× standard ou de créer des CD-R.

Du fait des différences entre les standards UDF utilisés par les logiciels d'enregistrement par paquets qui autorisent le "glisser-déplacer" des fichiers, de la nécessité d'installer un lecteur UDF sur les systèmes équipés d'un lecteur de CD-ROM et de l'incapacité des anciens lecteurs de CD-ROM et des lecteurs de DVD-ROM de première génération à lire des CD-RW, il est préférable d'utiliser des médias CD-RW pour les sauvegardes personnelles et les transferts de données entre vos propres ordinateurs. Par contre, pour envoyer des données à un autre utilisateur, le CD-R est le meilleur choix, car il est lisible universellement.

Spécifications MultiRead

Les standards du Livre rouge et du Livre jaune d'origine spécifient que, sur un disque compact, les plats doivent avoir une valeur minimale de réflexion de 70 %, ce qui signifie qu'une zone de disque formant un plat est tenue de réfléchir au minimum 70 % de la lumière qui lui parvient. Les cavités, quant à elles, doivent avoir une valeur minimale de 28 %. Au début des années quatre-vingt, lorsque ces standards ont été établis, les photodiodes utilisées dans les lecteurs de CD étaient relativement peu sensibles et ces exigences visaient à s'assurer que le contraste et la luminosité entre les cavités et les plats étaient suffisants.

Sur un disque CD-RW, la réflexion d'un plat est approximativement de 20 % (plus ou moins 5 %), ce qui est nettement inférieur aux exigences minimales d'origine. Heureusement, si on ajoute un simple circuit AGC, le ratio d'amplification des circuits de détection peut être modifié de manière dynamique pour permettre la lecture des disques CD-RW les moins réfléchissants. Ainsi, il n'a pas été très difficile de modifier la conception des lecteurs de CD-ROM pour leur permettre de lire les disques CD-RW, chose qu'ils n'acceptaient pas au départ. Vous risquez de rencontrer des problèmes de lecture avec les lecteurs de CD auto, en particulier les plus anciens. Comme les CD-RW ont fait leur apparition en 1996 (il a fallu attendre une année, voire plus, pour qu'ils soient largement distribués), bon nombre de lecteurs de CD-ROM fabriqués en 1997 (ou avant) ont du mal à lire les disques CD-RW. L'indice de réfléchissement est aussi un problème pour les lecteurs de DVD vidéo et de DVD-ROM, dont le laser utilise une fréquence différente. Ils lisent donc moins bien les CD-R que les CD-RW.

Les DVD posent également des problèmes de compatibilité. Il s'agit moins d'un problème de réflexion que d'une incompatibilité inhérente à la longueur d'onde du laser utilisé pour les DVD et les CD-R/RW. La difficulté vient des encres de la couche d'enregistrement des disques CD-R et CD-RW, qui sont très sensibles à la longueur d'onde de la lumière qui les lit. Avec une longueur d'onde adéquate de 780 nm, ces supports sont très réfléchissants. Mais avec d'autres longueurs d'onde, l'indice de réflexion chute de façon sensible. Normalement, les lecteurs de CD-ROM utilisent un laser (infrarouge) de 780 nm pour lire les données, tandis que les lecteurs de DVD font appel à un laser (rouge) dont la longueur d'onde est plus courte (650 nm). Bien qu'un laser doté d'une longueur d'onde plus courte fonctionne bien avec les CD-ROM commercialisés en raison de leur couche réfléchissante d'aluminium qui est également réfléchissante lorsqu'elle est exposée à des rayons laser de longueur d'onde courte, ce n'est pas le cas des disques CD-R/RW.

Heureusement, Sony a été le premier à introduire une solution, suivi par tous les fabricants de lecteurs de DVD. Celle-ci repose sur un capteur à double laser qui incorpore un rayon de 650 nm pour lire les DVD et de 780 nm pour lire les CD. Certains lecteurs font appel à deux capteurs distincts avec des optiques séparées montées sur le même assemblage. Toutefois, cette unité à double laser a été finalement modifiée et utilise maintenant la même optique pour les deux lasers, ce qui réduit la taille et le coût du capteur. Comme beaucoup de fabricants ont voulu créer plusieurs types de lecteurs, y compris des modèles meilleur marché dépourvus de capteur à double rayon laser, il est devenu nécessaire de créer un standard de manière que tout acheteur d'un lecteur puisse avoir connaissance de ses capacités.

Comment faire alors pour savoir si votre lecteur de CD ou DVD-ROM est compatible avec les disques CD-R et CD-RW ? À la fin des années 1990, l'OSTA (*Optical Storage Technology Association*, l'Association pour les technologies de stockage optique) a créé les spécifications MultiRead pour garantir des niveaux spécifiques de compatibilité :

- **MultiRead.** Pour les lecteurs de CD-ROM.
- **MultiRead2.** Pour les lecteurs de DVD-ROM.

De plus, un standard similaire, appelé MultiPlay, est destiné aux lecteurs de DVD vidéo ou de CD audio grand public.

Le Tableau 9.26 présente les deux niveaux MultiRead que l'on peut associer aux lecteurs et les types de support compatibles avec ces lecteurs.

Tableau 9.26 : Standards de compatibilité MultiRead et MultiRead2 pour lecteurs de CD/DVD

Support	MultiRead (lecteurs de CD-ROM)	MultiRead2 (lecteurs de DVD-ROM)
CD-DA	×	×
CD-ROM	×	×
CD-R	×	×
CD-RW	×	×
DVD-ROM	–	×
DVD vidéo	–	×
DVD audio	–	×
DVD-RAM	–	×

La mention MultiRead indique également que le lecteur possède la capacité de lire les disques en mode écriture par paquets, qui est devenu plus courant pour les CD-R et les DVD réinscriptibles.

Si vous utilisez des lecteurs de CD ou DVD réinscriptibles, ne vous préoccupez pas de la compatibilité. Toutefois, si vous continuez à utiliser des lecteurs de CD-ROM, DVD-ROM ou des combinés de DVD-ROM/CD-RW, vérifiez la compatibilité avec d'autres types de supports. Même si le logo MultiRead ou MultiRead2, que vous trouverez à la Figure 9.15, ne sont pas largement utilisés aujourd'hui, vous pouvez déterminer la compatibilité d'un lecteur avec un type de support donné en consultant la fiche technique.

La spécification MultiRead (révision 1.11, 23 octobre 1997) et MultiRead2 (révision 1.06, décembre 1999) sont sur le site web OSTA.

Figure 9.15
Logos MultiRead et MultiRead2. La présence de ces logos garantit un certain niveau de compatibilité.

Comment graver un CD de façon fiable

Cinq facteurs influent sur la création d'un CD-R : le type d'interface, la taille de la mémoire tampon, l'emplacement et le type des données à enregistrer, la vitesse de gravure et l'occupation éventuelle de l'ordinateur à d'autres tâches simultanées.

Les lecteurs de DVD réinscriptibles et CD-RW actuels peuvent normalement graver des disques CD-R sans difficulté. Si vous rencontrez des problèmes, vérifiez les aspects suivants :

- **Vérifiez que le lecteur possède une protection contre l'absence de données dans la mémoire tampon.** La mémoire tampon contient les informations lues depuis la source de données. Ainsi, en cas de pause au cours de la lecture, la probabilité d'une absence de données est moindre, car ce problème ne peut advenir que si la mémoire tampon intégrée au lecteur est vide. Les lecteurs les plus récents équipés d'une protection contre l'absence de données ont pratiquement éradiqué ce problème et ce, quelle que soit la taille de leur mémoire tampon. Certains programmes de mastérisation de CD et DVD permettent de désactiver la protection contre l'absence de données du tampon. Laissez-la toutefois activée en permanence, à moins que vous n'utilisiez un ancien lecteur n'acceptant pas cette fonctionnalité.
- **La prise en charge des modes UDMA.** Vous avez déjà vu que les modes UDMA permettent de transférer les données plus rapidement et sollicitent moins le processeur que les anciennes versions ATA. Pour utiliser cette fonction, vous devez disposer d'une carte mère dotée d'une interface UDMA avec bus mastering ainsi que des pilotes appropriés.

Astuces

Si vous avez du mal à créer des CD-R fiables en employant la vitesse maximale du graveur, essayez d'utiliser une vitesse inférieure (24 × au lieu de 52 ×, par exemple). Votre travail sera deux fois plus long, mais vous ne gâcherez pas un CD vierge.

Une autre solution consiste à utiliser un programme d'écriture par paquets pour créer votre CD-R. Tous les modèles récents acceptent l'écriture par paquets, ce qui permet de faire glisser des fichiers individuellement par glisser-déplacer au lieu de transférer tous les fichiers en une seule fois. Cette approche "pas à pas" permet de gérer moins de données à chaque écriture et de distinguer les écritures réussies et les échecs. Si votre lecteur prend en charge cette fonctionnalité, il est probablement livré avec un programme d'écriture par paquets. Notez que les CD écrits par paquets peuvent être lus sous Windows 9x/98, Me, NT, 2000 et Vista. Mais pas sous Windows 3.1 ni MS-DOS, car ces systèmes d'exploitation ne disposent pas des pilotes requis. Certains logiciels de mastérisation

acceptent l'écriture par paquets pour les CD-R, d'autres non. À titre d'exemple, les programmes DirectCD et Drag-to-Disc accompagnant Roxio Easy CD Creator sont en mesure d'enregistrer par paquets aussi bien des CD-R que des CD-RW et de clore les médias CD-R pour en permettre la lecture sur n'importe quel lecteur. À l'inverse, le logiciel InCD de Nero ne prend pas en charge l'écriture par paquets des CD-R.

Infos

Les logiciels, tels que Norton Chest ou Acronis True Image, travaillent au niveau de l'invite du DOS mais utilisent l'enregistrement par paquets pour copier des données sur un média CD-R. Comme la sauvegarde ainsi créée doit être restaurée depuis l'invite du DOS dans certaines versions du programme, ces programmes ont inclus un pilote d'enregistrement par paquets spécial, compatible DOS, qui est chargé au cours du démarrage.

Buffer Underrun

Dès qu'un graveur de CD-R est en phase d'écriture, il crée une longue piste en spirale sur le CD, gravant le motif dans le support de stockage brut. Au départ, un lecteur ne pouvait pas se réaligner comme un disque dur; il était nécessaire, une fois la phase d'écriture commencée, de poursuivre jusqu'à ce que la piste soit terminée, au risque d'endommager le CD-R ou de faire échouer la gravure, donnant un disque inutilisable. Pour éviter ce problème, il faut que le programme d'enregistrement du CD-R, en combinaison avec le PC, soit à même de délivrer un flux constant de données au graveur de CD-R.

Même si les fournisseurs ont apporté des tampons plus volumineux (jusqu'à 8 Mo) sur des lecteurs CD-RW et que l'on rappelait souvent aux utilisateurs de ne réaliser aucune autre tâche lors de la gravure d'un CD, les buffers underrun et les supports inutilisables continuent malgré tout à survenir.

Protection contre l'absence de données dans la mémoire tampon

Sanyo a été la première entreprise à développer une technologie permettant d'éradiquer une fois pour toutes les problèmes liés à l'absence de données dans la mémoire tampon. Il s'agit du procédé BurnProof (*buffer underrun proof*). D'autres technologies ont été développées par divers fabricants, comme JustLink de Ricoh, Waste-Proof et Safeburn de Yamaha, SMART-Burn de Lite-On et Superlink de Mediatek, notamment. Pendant de nombreuses années, tous les CD-RW et combinés DVD-ROM/CD-RW ainsi que les lecteurs de DVD enregistrables comprenaient un type de protection contre les buffers underrun.

Les lecteurs équipés de ces technologies possèdent un chipset spécial qui contrôle la mémoire tampon du lecteur. Lorsqu'il détecte une absence de données (la mémoire tampon se vide de ses données), le chipset suspend temporairement l'enregistrement jusqu'à ce que d'autres données viennent la remplir. Lorsque la mémoire tampon est suffisamment alimentée, le lecteur localise alors exactement l'emplacement où l'enregistrement s'est arrêté et reprend immédiatement à la suite.

D'après la spécification du Livre orange, les écarts entre les données d'un enregistrement sur CD ne doivent pas excéder 100 ms. La technologie de prévention d'absence de données dans la mémoire tampon reprend l'enregistrement avec un écart de 40 ms à 45 ms, voire moins, à partir de l'endroit

où l'enregistrement s'est arrêté, ce qui entre bien dans la spécification. Ces petits écarts sont aisément compensés par le code de correction d'erreurs intégré à l'enregistrement, l'ensemble prévenant la perte de données.

Notez que, s'il est important que le lecteur inclue cette technologie, le logiciel de gravure doit également la prendre en charge pour que tout fonctionne correctement. Bien heureusement, c'est le cas de tous les logiciels de gravure sur CD et DVD les plus répandus.

Si votre logiciel est équipé de cette fonctionnalité, vous avez la possibilité de graver des CD et d'effectuer d'autres tâches simultanément sans crainte d'un mauvais enregistrement.

Infos

Une autre méthode permettant de produire un enregistrement de grande qualité est la gravure intelligente. Quasiment tous les lecteurs de CD et DVD réinscriptibles comprennent cette fonction, qui détermine le type de support à utiliser et la meilleure stratégie de gravure. Si vous ne connaissez pas le type du support, les lecteurs peuvent utiliser un utilitaire pour tester un échantillon représentatif du support pour définir la meilleure stratégie possible.

Les problèmes de gravure des CD (et des DVD) peuvent aussi être dus à des alimentations électriques inadaptées et à des défaillances du laser du CD ou du DVD. Si vous utilisez un lecteur de CD ou DVD récent et que vous rencontriez des problèmes de supports illisibles ou de buffer underrun, vous devez découvrir s'ils ne surviennent qu'avec les CD, qu'avec les DVD ou avec les deux. Si le problème est inhérent aux CD ou aux DVD uniquement, remplacez le lecteur (c'est que l'un des lasers ne fonctionne plus). Toutefois, si le lecteur ne grave aucun des supports, il est possible que la responsabilité en revienne à l'alimentation électrique. Souvent, le remplacement de l'alimentation par un modèle plus puissant de bonne qualité suffit à les résoudre. Nous l'avons déjà souligné à maintes reprises, l'alimentation joue un rôle crucial dans un PC et elle est souvent source de problèmes.

Logiciels de gravure

Les lecteurs de CD-R/RW utilisent un programme spécifique de gravure. Bon nombre de lecteurs de bandes ou d'autres supports de stockage amovibles sont montés dans l'ordinateur comme des périphériques standard et sont accessibles de la même manière qu'un disque dur. Par contre, le graveur de CD-RW et la plupart des graveurs de DVD font appel à un logiciel de gravure spécial pour écrire sur le disque (les graveurs DVD-RAM n'ont pas besoin d'un logiciel spécifique pour graver des médias DVD-RAM). Ce programme gère les différences entre le stockage des enregistrements sur un CD et sur un disque dur. Comme vous l'avez appris, il existe plusieurs standards de CD-ROM pour le stockage des données. Le logiciel de gravure organise les données d'après l'un de ces formats afin que le CD puisse être lu ensuite par un lecteur de CD-ROM. Windows XP est la première version de Windows à intégrer la prise en charge native pour la gravure de CD-R et CD-RW (Windows Vista permet également la gravure sur DVD+R/RW et DVD-R/RW). Même si Windows XP et Vista gravent les CD, la méthode est lente et peu pratique. Vous pourriez utiliser un programme de mastérisation de CD/DVD pour créer vos disques. Certaines des applications les plus populaires comprennent Nero Premium et Roxio Easy Media Creator. Ces programmes et d'autres sont aujourd'hui considérés comme les meilleurs et les plus simples à utiliser.

Infos

La plupart des fabricants de lecteurs de CD et DVD enregistrables incluent dans leurs produits un logiciel quelconque de mastérisation de CD/DVD et d'écriture de paquets. Ces programmes ne sont toutefois pas toujours compatibles avec la sauvegarde, la création de DVD ou d'autres caractéristiques avancées. Si ces applications intégrées ne vous satisfont pas, vous trouverez certainement une autre application proposant les caractéristiques souhaitées.

Il fut un temps où, pour enregistrer un CD, il était nécessaire de dupliquer son contenu sur un disque dur local. Certains programmes exigeaient même une partition distincte spécialement dédiée à l'opération. Il fallait copier tous les fichiers à l'emplacement prévu sur le disque dur, créant ainsi la structure de répertoires du CD. Le programme se chargeait ensuite de générer une réplique exacte de chaque secteur du CD-ROM – chaque fichier, l'ensemble des informations de répertoire et les informations relatives au volume – avant de les copier vers le graveur de CD-R. Il fallait en conséquence environ 1,5 Gio d'espace de stockage disponible pour graver un simple CD (650 Mio par CD × 2 = 1,3 Gio + le Lead-in = 1,5 Gio). Cette contrainte n'est plus d'actualité, car la plupart des logiciels prennent en charge les images virtuelles. Vous sélectionnez sur votre disque dur les fichiers et les répertoires que vous souhaitez copier sur le CD, puis vous créez dans le programme une structure de répertoire virtuelle pour le CD-ROM. Il est donc possible de sélectionner des fichiers dans plusieurs répertoires de différents disques durs, voire des fichiers en réseau ou lus dans un autre graveur de CD-ROM, et de les combiner ensuite à votre guise sur le CD-R. Cela fonctionne bien, à condition que les disques aient la vitesse adéquate et que votre graveur soit doté d'une fonction de protection en cas d'interruption momentanée du flux de données dans la mémoire tampon.

Le logiciel assemble les informations relatives aux répertoires et les grave sur le CD, puis il ouvre chaque fichier du CD et y copie directement les données depuis la source de données. Ce processus fonctionne généralement bien, mais il faut être attentif au temps d'accès pour le lecteur sélectionné comme source de données. Si vous sélectionnez par exemple des répertoires sur un disque dur lent ou sur un réseau surchargé, le programme ne sera peut-être pas en mesure de lire les données suffisamment vite pour assurer un flux constant au lecteur. Quand le graveur n'est pas protégé contre le vidage de la mémoire tampon, la procédure d'écriture échoue, et le disque partiellement gravé est perdu.

N'oubliez pas le logiciel !

Si vous rencontrez régulièrement des problèmes pour créer vos CD, il se peut que votre logiciel de gravure soit en cause. Consultez le site web de son concepteur pour y trouver des conseils et télécharger des mises à jour. Assurez-vous que le programme est compatible avec le graveur et son microcode. Vérifiez également qu'il est à jour et compatible avec votre graveur ainsi qu'avec la révision de son firmware.

Certains graveurs ont des microcodes qu'il est possible de mettre à jour en même temps que le logiciel, un peu comme le BIOS flashable de la carte mère. Si tel est le cas, assurez-vous que votre graveur possède le dernier microcode disponible.

Tous les fabricants de graveurs proposent des informations techniques qui peuvent vous aider à réussir vos enregistrements. Vous trouverez aussi des informations intéressantes sur les sites web des fabricants de cartes SCSI et de CD.

Extraction audionumérique

Tous les lecteurs de CD-ROM lisent les CD audio format Livre rouge, mais tous ne lisent pas les CD audio. La différence est subtile, mais lourde de conséquences. Si vous aimez la musique et que vous souhaitiez utiliser votre PC pour gérer votre collection de titres, la fonction qui permet à votre lecteur de CD (et de DVD) de lire des données audio numériquement est primordiale. Grâce à elle, vous pouvez facilement stocker, manipuler et même écrire sur des pistes audio extraites numériquement avec précision.

Les lecteurs de CD-ROM qui équipent les PC lisent les disques audio. Cette fonction est simple : il suffit d'insérer un disque audio dans votre lecteur de CD-ROM et de le lire exactement comme sur une platine CD standard à l'aide d'un logiciel de lecture (comme le Lecteur Windows Media, livré avec Windows). Lors de la lecture, les ondes son analogiques sont relayées par un câble stéréo très mince (appelé habituellement câble audio CD) qui relie le lecteur de CD-ROM à la carte son du PC. En règle générale, ces mêmes ondes analogiques sont également envoyées vers la prise jack du casque du lecteur (ou de la carte son). Cette dernière amplifie alors le signal analogique. Le son est restitué au niveau des haut-parleurs connectés à votre carte son ou *via* un casque connecté au lecteur ou à la carte son.

Pour enregistrer une chanson d'un CD sur votre disque dur, il fallait auparavant lire le disque à vitesse normale et capturer la sortie audio au format analogique, d'où le besoin d'une connexion câblée de son analogique à quatre fils partant de l'arrière des lecteurs de CD et DVD vers votre carte son. Heureusement, pendant plusieurs années, des lecteurs ont pris en charge la fonction d'extraction audionumérique (DAE, *Digital Audio Extraction*). Ce procédé permet de lire directement des secteurs audionumériques et, plutôt que de les décoder en signaux analogiques, de passer chaque secteur de 2352 octets de données audionumériques brutes (dont les erreurs ont été corrigées) au processeur du PC *via* le câble de l'interface (ATA, SATA, SCSI, USB ou FireWire) du lecteur. Ainsi, il n'est plus nécessaire de convertir les données numériques en données analogiques (et *vice versa*). Les données audio extraites de la sorte sont exactement celles qui sont enregistrées au départ sur le disque (dans la limite des standards de correction d'erreurs des CD audio).

La plupart des lecteurs n'effectuent pas de DAE à leur vitesse maximale. Bien qu'il en existe des plus rapides ou des plus lents, ils accomplissent la DAE à des vitesses situées entre la moitié et les deux tiers de leur vitesse de lecture CD annoncée. Ainsi, sur un lecteur 40×, la vitesse d'extraction est de 28×. Toutefois, c'est toujours mieux que la vitesse de 1× d'un lecteur ne prenant pas en charge la DAE (sans parler de ceux qui convertissent les données analogiques en données numériques et la perte d'informations qui en résulte).

Quasiment tous les lecteurs de CD/DVD récents sont capables d'extraire les données audionumériques des disques musicaux. Leur vitesse et leur précision varient selon les modèles. Vous pensez

peut-être que n'importe quelle extraction (copie numérique) d'une piste donnée (chanson) se ressemble, dans la mesure où il s'agit de la copie numérique de l'original : ce n'est pas toujours le cas. Le format CD-DA a été conçu pour lire de la musique et non pas pour transférer des données avec un taux de réussite de 100 %. Si les erreurs excèdent la capacité du CIRC du format CD-DA, le microprogramme du lecteur est amené à effectuer une interpolation ou une approximation des données. En outre, nul n'est à l'abri des problèmes de temps d'accès dus à des imprécisions de l'horloge, ce qui peut entraîner un léger déphasage au cours de la lecture des trames du secteur (ce que l'on appelle un *gigue*). Les différences entre le logiciel interne (microprogramme) du lecteur et les lecteurs utilisés sont également sources de problèmes.

Le lecteur peut également rencontrer des problèmes de positionnement, car le format CD-DA a été conçu pour être lu en continu et non pas secteur par secteur. Les secteurs d'un CD-ROM représentent 2353 octets, dont 2048 octets de données et 304 octets de synchronisation, de Lead-in et d'informations ECC destinés à contrôler le positionnement et à garantir la fiabilité des lectures. Or, les 2352 octets des secteurs des CD audio contiennent uniquement des données audio. Pour aborder ces secteurs, on fait appel aux informations de sous-code Q (voir section "Sous-code", précédemment dans ce chapitre). Bon nombre de lecteurs audio se positionnent sur 75 secteurs seulement (1 seconde) à l'aide des informations de sous-code Q. Les lecteurs de CD-ROM capables d'extraction audionumérique sont en règle générale bien plus précis mais, en raison du mode de fonctionnement du sous-code (ainsi que de la manière dont sont entrelacées les données audio), concevoir un lecteur capable de se positionner toujours avec précision sur le secteur audio du début de la piste n'est pas chose facile.

Tous ces facteurs expliquent les imprécisions, et les légères différences qui existent entre plusieurs extractions d'une même piste audio. Bien qu'il ne soit pas impossible de réaliser des extractions parfaites, de nombreux facteurs peuvent poser problème. Par exemple, il est important de s'assurer que le support est propre, car une petite poussière ou une rayure peuvent nuire à la qualité de l'extraction. Testez les capacités de votre lecteur en extrayant une même piste à plusieurs reprises à partir d'un disque neuf, propre et dépourvu de rayures et en leur attribuant un nom de fichier différent. Ensuite, tapez `FC` (*File Compare*, comparaison de fichiers) à l'invite de commande afin de comparer les fichiers les uns aux autres. Si la comparaison est probante, vous possédez alors la combinaison matérielle et logicielle capable d'extractions parfaites ou presque.

Si vous avez l'intention d'effectuer beaucoup d'extractions, renseignez-vous auprès d'autres utilisateurs sur le matériel et les logiciels qu'ils emploient. Des sites web comme Tom's Hardware (**www.tomshardware.com**) et Anandtech (**www.anandtech.com**) comprennent généralement la DAE ou des tests similaires pour les lecteurs de DVD (ou de CD). Enfin, le mode DAE permet d'extraire des pistes de données audio directement de votre PC sous forme de fichiers .WAV. Une fois ces fichiers enregistrés, vous pouvez les lire en l'état ou les convertir en d'autres formats (avec un taux de compression supérieur) tels que MP3 (MPEG-1/2 Layer III) pour les utiliser sur les lecteurs MP3 que l'on trouve sur le marché.

Infos

Dans la mesure où les fichiers .WAV extraits utilisent le même taux d'échantillonnage que sur un CD (44,1 kHz), vous disposez de 176 400 octets/s de son, ce qui signifie qu'une minute de musique consomme presque 10,6 Mo d'espace sur votre disque dur ! La compression MP3 divise ce chiffre par 6, voire plus, avec peu de perte en termes de qualité.

Vous pouvez également utiliser un graveur de CD-R/RW capable d'extraction audionumérique pour effectuer des copies de vos CD audio (uniquement à des fins de sauvegarde) ou pour créer une compilation de chansons destinée à votre collection de titres. Vous aurez ensuite la possibilité de graver cette sélection de morceaux pour réaliser des disques personnalisés.

CD-R/RW pour la musique

Selon la loi sur les enregistrements audio domestiques, les lecteurs de CD enregistrables grand public *et leurs supports* commercialisés spécialement pour l'enregistrement de musique doivent présenter des garanties spécifiques contre le piratage des disques. Par conséquent, un graveur peut uniquement réaliser des copies numériques à partir d'un disque préenregistré original. Il est possible de copier une copie, mais, dans ce cas, les données qui s'y trouvent passent d'un état numérique à un état analogique, puis de nouveau à un état numérique sur la seconde copie, ce qui altère la qualité de l'enregistrement.

Ces lecteurs utilisent également des supports spéciaux. Les disques portent la mention spéciale "For Music Use" (à usage musical) ou "For Consumer" (destiné aux consommateurs), assortie du logo standard du disque compact audionumérique enregistrable que tout le monde connaît. Ces disques contiennent une piste spéciale préenregistrée qui est recherchée par le lecteur. Le prix des supports compatibles avec l'AHRA (*Audio Home Recording Act*) intègre déjà les royalties destinées à l'industrie du disque afin de préserver les droits d'auteurs. Il est environ six fois supérieur à celui d'un CD-R/RW normal. Si vous essayez d'utiliser des supports incompatibles dans votre lecteur, ce dernier refusera de les reconnaître. Ces périphériques musicaux ne permettent pas de copier des CD-ROM ni des disques de données.

Notez que cela ne s'applique pas aux lecteurs de CD-R/RW que vous avez installés ou reliés à votre PC. Ceux-ci n'ont pas à être compatibles avec la norme AHRA, leurs supports ne doivent pas porter la mention "For Music Use" et ce, même si vous copiez ou enregistrez des disques musicaux. En outre, il est même possible d'effectuer des copies de copies numériques (le SCMS ne leur est pas appliqué non plus). Enfin, il n'est pas nécessaire d'acheter des disques compatibles AHRA pour votre lecteur de CD-R/RW sur PC. Si vous disposez de tels disques, en dépit de la mention "For Music Use Only", vous pourrez les utiliser dans votre lecteur comme des CD-R/RW normaux et y stocker des données. Les informations concernant la compatibilité AHRA sont tout simplement ignorées.

Protection contre la copie des CD

Aux tout débuts du CD, à la fin de l'année 1982, les fabricants ne s'étaient pas souciés des problèmes de copie, car les CD étaient en lecture seule et ne pouvaient être produits qu'à l'aide d'un équipement de pressage à grande échelle. Même dix ans plus tard, quand les graveurs de CD sont

apparus, le problème ne s'est pas fait sentir, car ces appareils étaient extrêmement difficiles à utiliser et pouvaient coûter plus de 10000 dollars. Les CD vierges eux-mêmes coûtaient environ 40 dollars pièce, ce qui les rendait plus coûteux que les originaux copiés !

Plus de dix années supplémentaires se sont écoulées depuis et la situation a changé considérablement. Il est aujourd'hui très facile d'enregistrer des CD et l'opération ne coûte pas cher. Malheureusement, les acteurs du monde de l'enregistrement se sont aperçu trop tard des risques qu'ils prenaient, et les systèmes de protection ajoutés par la suite aux jeux se sont toujours révélés problématiques. C'est pour cette raison que le DVD a été prévu dès le départ pour incorporer un système de protection. Les grandes sociétés du secteur du divertissement avaient insisté sur ce point avant d'accepter d'employer ce format pour distribuer leurs produits. Néanmoins, une parade a été trouvée à chaque système de protection contre les copies, ce qui permet à l'utilisateur de jouir de son droit d'effectuer des copies de sauvegarde des supports qu'il achète.

La vague de piratage qui a déferlé dans le domaine des CD de musique et de logiciels a conduit les éditeurs à développer de nouvelles techniques de protection afin de rendre leurs disques impossibles à copier. Les méthodes employées sont différentes suivant que le disque à protéger contient de la musique ou des logiciels, mais le résultat est le même : l'utilisateur ne peut pas effectuer des copies normales, ou bien ces copies ne fonctionnent pas correctement. Dans le cas des CD audio, la protection contre la copie est parfois discrète. Elle peut consister à ajouter du bruit à l'enregistrement et, dans les cas extrêmes, à empêcher de lire le disque dans un lecteur de PC.

Plusieurs systèmes anticopie sont disponibles pour les disques CD-DA (audionumérique), des plus simples aux plus complexes. Le plus répandu est le système SafeAudio, de Macrovision. Macrovision a évidemment toujours refusé d'expliquer comment son système fonctionnait, mais cette société a racheté la technologie d'un partenaire appelé TTR Technologies, et le brevet déposé par cette société décrit de manière détaillée le fonctionnement du système. D'après le brevet, le disque est enregistré délibérément avec des valeurs erronées (des rafales de bruit) à la fois dans les données audio et dans les codes. Lors de la lecture du disque, le système de correction d'erreurs classique échoue et laisse apparaître des blancs dans la musique.

Quand ce phénomène se produit sur une platine CD audio classique, les blancs sont automatiquement comblés par les circuits ou le code de la platine, qui examinent les données de part et d'autre du blanc et interpolent les informations manquantes. Le lecteur de CD d'un PC peut faire la même chose, mais l'interpolation n'a lieu qu'en mode Audio. Toutefois, le lecteur de CD n'effectue pas cette même interpolation quand il extrait les données vers le disque dur, un autre CD ou tout autre support. Dans pareil cas, les blancs sont bel et bien audibles ; ils se présentent sous forme de craquements, de cliquetis et de bruit. TTR et Macrovision affirment que l'interpolation qui a lieu pendant la lecture d'un disque SafeAudio n'est pas perceptible pour l'oreille humaine, mais de nombreux spécialistes du son ne sont pas d'accord. Pour un audiophile, l'ajout de distorsion ou de bruit au signal audio est inacceptable.

Il existe des systèmes de protection plus rigoureux encore qui empêchent purement et simplement de lire un CD audio sur un PC et qui peuvent même poser des problèmes sur une platine audio. Bien entendu, le résultat est que l'utilisateur ne peut pas effectuer des copies de sauvegarde de ses enregistrements, ce qui est pourtant autorisé par la loi.

Pour les logiciels, différents systèmes de protection sont employés. Ils sont assez semblables. Là encore, le plus répandu est celui de Macrovision, qui s'appelle SafeDisc pour les CD-ROM. Comme cela s'est passé pour SafeAudio, Macrovision a racheté la technologie d'un partenaire, C-Dilla.

Le système SafeDisc commence par crypter l'ensemble du code de logiciel présent sur le disque, puis il ajoute à ce code une routine qui recherche une signature d'authentification unique placée sur le disque pendant la mastérisation. Quand le disque est exécuté, la routine recherche la signature d'authentification. Si elle la trouve, elle décrypte le logiciel, qui s'exécute. Sinon, le logiciel refuse de s'exécuter. Étant donné que la signature d'authentification ne se conforme pas aux structures habituellement présentes sur un CD, la plupart des graveurs sont incapables de la dupliquer.

Le processus d'authentification nécessite que le CD original soit présent dans le lecteur chaque fois que le programme s'exécute. Il peut toutefois être configuré pour exiger que le CD original soit présent uniquement pendant l'installation du programme, ou encore pendant son exécution, même si celle-ci se fait à partir du disque dur. Cette dernière possibilité est peu pratique puisqu'elle nécessite que le CD original soit présent en permanence dans le lecteur quand le programme fonctionne.

Pour contourner ce type de protection, des développeurs ont mis au point des logiciels capables de faire croire à la routine d'authentification que la signature est présente. Certains sont même capables de supprimer la routine d'authentification du logiciel. D'autres peuvent copier la signature d'authentification de telle sorte qu'elle apparaisse sur toutes les copies du CD original. À l'instar des autres formes de protection contre la copie, le système SafeDisc a donc été déjoué facilement, et il représente une entrave plus pour l'utilisateur légitime que pour le pirate.

Ces formes de protection constituent une nuisance pour le logiciel ou pour la musique enregistrée, si bien que nous déconseillons l'achat de disques protégés. La parade consiste tout simplement à préférer des produits qui ne sont pas protégés. Les systèmes anticopie avaient déjà été essayés en informatique à l'époque des disquettes et ils avaient subi un échec. Il y a fort à parier que le scénario se répète avec les CD.

Soulignons que pratiquement tous les systèmes anticopie ont été déjoués. On trouve sur le marché un grand nombre de programmes (dont certains peuvent être téléchargés gratuitement) capables de copier des disques protégés. Si vous faites une recherche avec les mots clés "CD protection anticopie", vous trouverez de nombreux liens vers des sites web expliquant comment effectuer des copies de disques protégés et indiquant où trouver le logiciel à employer à cet effet.

En France, le propriétaire légitime d'une œuvre protégée par copyright est autorisé à effectuer une sauvegarde du produit qu'il a acheté pour son usage personnel. Les systèmes de protection contre la copie sont donc une entrave à ce principe.

Gestion des droits numériques des CD

La gestion des droits numériques (DRM) va au-delà de la protection standard contre la copie, en précisant ce que vous pouvez faire ou non avec un CD enregistré ou un autre type de support commercial. Lorsqu'on l'applique à la musique téléchargée, par exemple, les caractéristiques de DRM sur les pistes audio peuvent vous empêcher de graver une chanson sur CD un nombre illimité de fois, lire une chanson après une date donnée ou peuvent restreindre le nombre de fois où vous pouvez copier une chanson d'un PC à un autre.

Même s'il est rare d'utiliser les DRM sur CD (par rapport aux pistes audio à télécharger), le scandale Sony de 2005 est une affaire à garder en tête.

Le scandale Rootkit de Sony

Sony BMG, l'un des plus gros distributeurs de CD musicaux, a créé une méthode controversée de protection contre la copie et de gestion des droits numériques (DRM) à l'automne 2005, en les intégrant à certains de ses CD musicaux. Les CD concernés utilisaient le système XCP (*Extended Copy Protection*, protection étendue contre la copie, développé par First 4 Internet, aujourd'hui Fortium Technologies, Inc.) ou MediaMax CD-3 (développé par SunnComm).

Ces programmes ont restreint la capacité des utilisateurs à travailler librement sur les chansons (au contraire des CD musicaux normaux) et, pire encore, ont été installés sur les PC sans que l'utilisateur en soit averti. Sony utilisait un programme d'installation appelé «rootkit», qui masque sa présence au système d'exploitation et favorise les attaques de vers et autres logiciels malveillants du système.

Lorsque les défenseurs de la sécurité et de la confidentialité ont attaqué l'emploi fait par Sony des DRM et de Rootkit, sans préavis adéquat adressé aux acheteurs de musique, Sony a produit un outil de retrait de Rootkit et a fini par rappeler tous les albums en 2006, mettant ainsi fin à un procès avec la Federal Trade Commission. Et même si la tentative de Sony d'utiliser la DRM a avorté du fait de l'absence d'information apportée aux clients sur le logiciel DRM installé sur les CD et de l'absence de moyen de blocage, il est possible que les caractéristiques de DRM, évitant les erreurs de Sony, puissent être utilisées sur des CD et d'autres types de supports à l'avenir.

Standards de DVD enregistrables

L'histoire des lecteurs de DVD aura été pour le moins tourmentée. Elle remonte à avril 1997, lorsque les sociétés qui constituaient le Forum DVD ont mis la touche finale aux spécifications des DVD enregistrables et réinscriptibles, des DVD-RAM et des DVD-R. Par la suite, le DVD-RW est venu s'ajouter à la liste. Toutefois, déçues par ces standards, un certain nombre d'entreprises phares des lecteurs et de l'enregistrement optiques ont formé leur propre groupe, l'Alliance DVD+RW, et créé deux autres standards : le DVD+R et le DVD+RW. Pendant plusieurs années, les lecteurs fondés sur

une famille de standards ne pouvaient pas librement échanger des supports avec des lecteurs en utilisant l'autre famille de standards.

Heureusement, tous les lecteurs récents acceptent à la fois les supports DVD-R/RW et DVD+R/RW, notamment les supports DVD+R double couche et la plupart acceptent également les DVD-RAM. L'avancée permettant de prendre en charge plusieurs standards dans un seul lecteur implique que le secteur des DVD enregistrables/réinscriptibles ne vous oblige plus à choisir entre les lecteurs. Vous pouvez maintenant choisir le support pour une tâche supplémentaire.

Le Tableau 9.27 compare les standards de DVD enregistrables, et le Tableau 9.28 étudie la compatibilité des lecteurs et de leurs supports.

Tableau 9.27 : Standards de DVD enregistrables

Format	Date de lancement	Capacité	Compatibilité
DVD-RAM	Juillet 1997	Jusqu'à 4,7 Go par face	Incompatible avec les lecteurs de DVD existants à moins qu'ils ne prennent en charge le standard MultiRead2.
DVD-R/RW	Juillet 1997/novembre 1999	4,7 Go par face	Lisible par la plupart des lecteurs/graveurs de DVD.
DVD+R/RW	Mars 2001/mai 2001	4,7 Go par face	Lisible par la plupart des lecteurs/graveurs de DVD, avec des améliorations pour les enregistrements vidéo et informatique.
DVD+R DL	Octobre 2003	8,5 Go	Les anciens lecteurs DVD peuvent nécessiter des mises à jour des microgiciels pour lire les supports double couche.
DVD-R DL	Février 2005	8,5 Go	Pour la compatibilité avec les anciens lecteurs de DVD, utilisez la méthode Layer Jump Recording. Les anciens lecteurs de DVD exigent également des mises à jour de microgiciels pour lire les supports double couche.

Les DVD+R/RW semblent s'imposer comme le standard de l'industrie, car ils sont moins chers (ainsi que leurs médias), ils offrent une meilleure compatibilité avec les formats actuels et précédents et ils sont parfaits aussi bien pour l'enregistrement vidéo que pour le stockage des données sur PC. Toutefois, avec les lecteurs récents, vous pouvez maintenant choisir le meilleur support pour une tâche donnée.

Deux organisations, le Forum DVD (DVD-RW) et l'Alliance DVD+RW (DVD+RW) annoncent que leur format est le meilleur choix pour les lecteurs DVD-ROM et les platines DVD indépendantes. Si le DVD+RW est en principe le format le plus compatible (voir **www.dvdrw.com/intellikey.html***), il est vrai que la compatibilité peut varier selon les périphériques. Voici quelques ressources vous permettant de déterminer la compatibilité de votre système :*

Bases de données de compatibilité spécifiques à des graveurs et des médias, par exemple :

- **www.dvdrw.com/compatibility.html** (compatibilité DVD+R/RW)

Tableau 9.28 : Compatibilité des lecteurs de DVD et de leurs supports

	Support (disque)									
Lecteur	**CD-ROM**	**CD-R**	**CD-RW**	**DVD vidéo**	**DVD-ROM**	**DVD-R**	**DVD-RAM**	**DVD-RW**	**DVD+RW**	**DVD+R**
Platine DVD vidéo	L	?	?	L	–	L	?	L	L	L
Lecteur DVD-ROM	L	L	L	L	L	L	?	L	L[1]	L
Lecteur DVD-R	R	L/E	L/E	L	L	L/E	–	–	L	L
Lecteur DVD-RAM	L	L	L	L	L	L[6]	L/E	L	L	L
Lecteur DVD-RW	L	L/E	L/E	L	L	L/E	–	L/E	L	L
Lecteur DVD+R/RW	L	L/E	L/E	L	L	L	L[3]	L	L/E	L/E[2]
Lecteur DVD-Multidrive[4]	L	L/E	L/E	L	L	L	L/E	L/E	L[1]	L
Lecteur DVD±R/RW	L	L/E	L/E	L	L	L/E	L[5]	L/E	L/E	L/E
DVD Super Multi Drive[7]	L	L/E	L/E	L	L	L/E[8]	L/E	L/E	L/E	L/E[9]

L = lit
– = n'écrit pas et ne lit pas
E = écrit
? = lu par les lecteurs MultiRead/MultiPlay
1. Peut nécessiter de changer le bit de compatibilité du média (Type 2).
2. Certains lecteurs DVD+RW de première génération n'écrivent pas sur les disques DVD+R. Contactez le constructeur pour une mise à jour.
3. La compatibilité en lecture avec DVD-RAM dépend du lecteur. Vérifiez la documentation.
4. Spécification du Forum DVD pour les lecteurs compatibles avec tous les standards du Forum DVD (DVD+R/RW n'est pas un standard du Forum DVD).
5. Certains de ces lecteurs sont également en mesure d'écrire sur des médias DVD-RAM.
6. Certains de ces lecteurs sont également susceptibles d'écrire sur des médias DVD-R.
7. Identifie les lecteurs fonctionnant avec les DVD+R/RW, DVD-R/RW, DVD+R DL et DVD-RAM.
8. Certains de ces lecteurs fonctionnent également avec un support double couche (DL).
9. Accepte également les supports double couche (DL).

- **www.dvdplusrw.org/resources/compatibilitylist_dvdvideo.html** (compatibilité DVD+R/RW)
- **www.dvdplusrw.org/resources/compatibilitylist_dvdrom.html** (compatibilité DVD+R/RW)
- **www.vcdhelp.com/dvdplayers** (tout type de médias CD/DVD)

- **www.vchhelp.com/dvdwriters** (tout type de médias CD/DVD)
- **www.hp.com/cposupport/information_storage/support_doc/lpg41401.html** (compatibilité pour platines et lecteurs DVD+R/RW)
- **www.apple.com/dvd/compatibility/** (compatibilité DVD-R)

Informations livrées par les constructeurs de matériels ou de médias. Visitez les sites web des fabricants ou lisez leurs documentations techniques.

Certains médias DVD+RW doivent être émulés en médias DVD+R avant de pouvoir être lus par certains graveurs. Voir la section "Compatibilité du lecteur de DVD+RW", page 626.

DVD-RAM

Le DVD-RAM est le standard de DVD réinscriptible approuvé par Panasonic, Hitachi et Toshiba. Le DVD-RAM utilise une technique de changement de phase semblable à celle du CD-RW. Malheureusement, les DVD-RAM ne peuvent être lus par la plupart des lecteurs de DVD-ROM standard, car leur réfléchissement et le format de données sont différents. À titre comparatif, le DVD-R assure une compatibilité descendante avec le DVD-ROM. Les lecteurs de DVD-ROM qui lisent les DVD-RAM sont arrivés sur le marché au début de l'année 1999. Ils suivent la spécification MultiRead2. Les lecteurs de DVD-ROM et les platines de DVD vidéo compatibles MultiRead2 sont en mesure de lire les DVD-RAM. Pour plus d'informations, reportez-vous à la section "Spécifications MultiRead", précédemment dans ce chapitre. Même si le logo MultiRead2 n'est pas utilisé sur les produits actuels, certains lecteurs récents et actuels de DVD-ROM peuvent lire des supports de DVD-RAM; consultez la fiche technique d'un lecteur donné pour en vérifier la compatibilité.

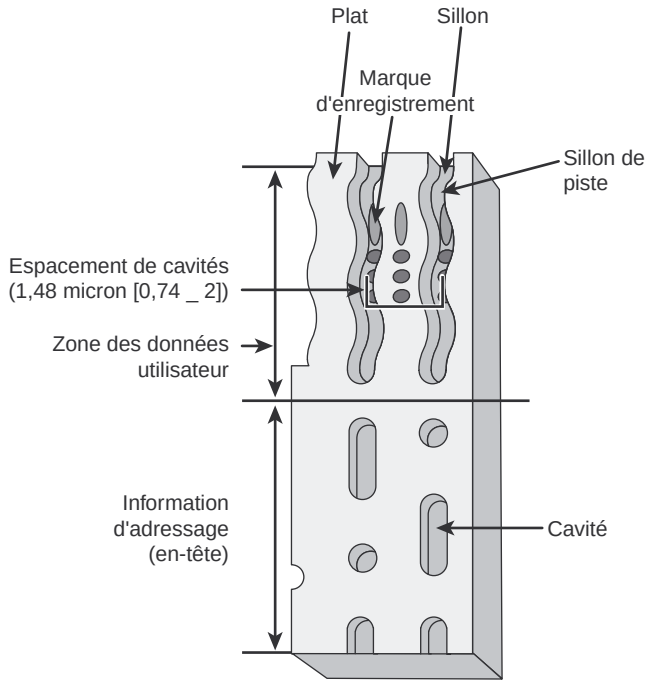
Les premiers lecteurs de DVD-RAM ont été introduits au printemps 1998. Ils étaient dotés d'une capacité de 2,6 Go (pour les disques simple face) ou de 5,2 Go (pour les disques double face). Les DVD-RAM Version 2 d'une capacité de 4,7 Go sont apparus à la fin de l'année 1999 et les double face de 9,4 Go en 2000. Les lecteurs de DVD-RAM lisent habituellement les DVD vidéo, les DVD-ROM et les CD. Même si les lecteurs de DVD-ROM, les anciens lecteurs de DVD+R/RW et DVD-R/RW et de platines DVD vidéo ne peuvent pas lire les DVD-RAM, les DVD Multi et DVD Super Multi peuvent aussi lire et écrire sur DVD-RAM.

Avec un DVD-RAM, l'enregistrement s'effectue dans des plats et dans des cavités en forme de sillons sinueux. Les signaux sont enregistrés à la fois dans les plats (situés entre les sillons) et dans les sillons préformés sur le disque. Les pistes sinuent, fournissant ainsi des données de temporisation au lecteur. Des cavités spéciales de Lead-in de secteurs sont pressées préalablement sur le disque au cours du processus de fabrication. La Figure 9.16 illustre les pistes, qui contiennent des données enregistrées à la fois dans les plats et dans les cavités, contrairement aux CD-R et aux CD-RW où les données sont enregistrées uniquement dans les cavités.

Le disque est enregistré suivant la technique du changement de phase où les données sont écrites en isolant de manière sélective des points dans les sillons (cavités) ou dans les plats à l'aide d'un laser à haute puissance. Le laser d'écriture du lecteur de DVD-RAM transforme le film du revêtement (qui passe de l'état cristallin à l'état amorphe) par échauffement du point, qui devient alors moins réfléchissant que les portions cristallines restantes. Le signal lu correspond à la différence de réflé-

Figure 9.16

L'enregistrement s'effectue dans les plats et dans les cavités du sillon de piste du DVD-RAM.



chissement entre les états cristallins et amorphes. La modulation et les codes de correction d'erreurs sont les mêmes sur un DVD vidéo et sur un DVD-ROM, ce qui garantit leur compatibilité avec les autres formats de DVD. Pour la réécriture, un laser de faible puissance échauffe le point (qui se recristallise) à une température inférieure.

Les cartouches ou les caddies étaient au départ nécessaires à la fois pour les disques simple face et double face. Ils sont maintenant optionnels pour les disques simple face. Les disques double face doivent toujours rester dans le caddy pour être protégés ; par contre, il est possible de retirer les disques simple face de la cartouche si nécessaire.

Le Tableau 9.29 indique les spécifications du DVD-RAM version 2.

Tableau 9.29 : Spécifications du DVD-RAM

Capacité de stockage	4,7 Go disque simple face ; 9,4 Go disque double face
Diamètre du disque	80 mm-120 mm
Epaisseur du disque	1,2 mm (0,6 mm × 2 : structure assemblée)
Méthode d'enregistrement	Changement de phase

Tableau 9.29 : Spécifications du DVD-RAM (*suite*)

Longueur d'onde du laser	650 nm
Longueur du bit de donnée	0,28 micron
Espacement des pistes d'enregistrement	0,615 micron
Format de la piste	Plats et sillons

Par le passé, nous étions opposés aux DVD-RAM du fait de l'absence de compatibilité avec d'autres types de lecteurs. Toutefois, si vous utilisez des lecteurs acceptant la norme DVD Super Multi, vous pouvez lire et écrire des DVD-RAM ainsi que d'autres formats de DVD enregistrables. Avec la capacité de lire, écrire et effacer des données sans avoir à utiliser le logiciel d'écriture de paquets UDF, les DVD-RAM peuvent être une alternative utile à d'autres types de DVD enregistrables, en supposant que tous vos lecteurs puissent l'utiliser.

DVD-R

Le DVD-R est un support non réinscriptible très proche du CD-R. Conçu par Pioneer, il a été présenté par le Forum DVD au mois de juillet 1997. Les DVD-R sont lus par les lecteurs de DVD-ROM standard. Certains graveurs DVD-RAM sont également en mesure d'enregistrer des médias DVD-R.

Les DVD-R simple face possèdent une capacité de stockage de 4,7 Go (soit environ sept fois celle d'un CD-R) et le double pour un support double face. Ils utilisent une couche d'enregistrement composée de vernis organique. À l'instar des CD-R, ils constituent un support bon marché.

Pour permettre un positionnement précis, les DVD-R enregistrent dans des pistes spéciales prégravées au cours du processus de fabrication. Les données sont enregistrées uniquement dans les sillons (Figure 9.17), qui sont plus rapprochés que sur un DVD-RAM. Ces sillons sinuent légèrement de gauche à droite ; la fréquence de ces sinusoïdes contient des données de temporisation lues par le lecteur.

Le Tableau 9.30 répertorie les spécifications de base des lecteurs de DVD-R.

Les DVD-R sont actuellement disponibles à des vitesses allant jusqu'à 16×, même si certains lecteurs gravent à des vitesses plus rapides. Certains fabricants produisent désormais des DVD-R monocouches double face, avec des capacités de 9,4 Go. Ces supports sont principalement destinés aux juke-box DVD, même s'ils peuvent aussi servir aux lecteurs de DVD enregistrables standard.

DVD-R DL

Le DVD-R DL (double couche) est apparu en février 2005. Il est parfois baptisé DVD-R for Dual Layer ou DVD-R9. Le DVD-R DL est, pour l'essentiel, une version double couche du DVD-R, il emploie le même procédé d'enregistrement, la même longueur d'onde laser et d'autres spécifications identiques. Cependant, les disques DVD-R DL possèdent deux couches d'enregistrement, la surface réfléchissante de la couche supérieure étant semi-transparente, afin de permettre l'enregistrement sur la seconde couche. Du fait de la réflectivité moindre de la couche supérieure, certains lecteurs de DVD-ROM ne parviennent pas à lire les DVD-R DL.

Figure 9.17
L'enregistrement s'effectue dans les sillons du DVD-R.

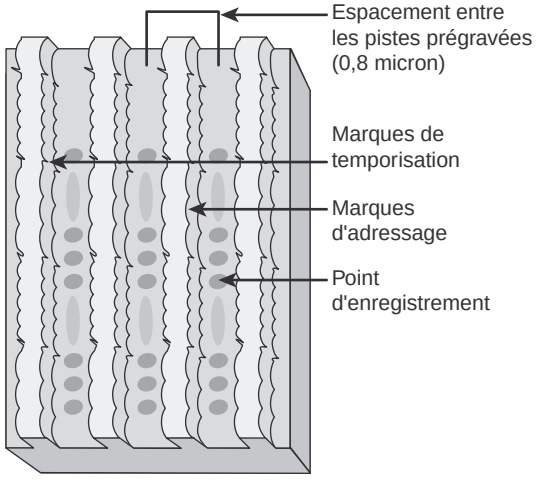


Tableau 9.30 : Spécifications du DVD-R

Capacité de stockage	4,7 Go disque simple face ; 9,4 Go disque double face
Diamètre du disque	80 mm-120 mm
Epaisseur du disque	1,2 mm (0,6 mm × 2 : structure assemblée)
Méthode d'enregistrement	Couche de vernis organique
Longueur du bit de données	0,293 micron
Espacement des pistes d'enregistrement	0,80 micron
Format de piste	Sillons

Infos

Si vous ne parvenez pas à lire un DVD-R DL avec un lecteur de DVD-ROM, essayez d'utiliser le procédé d'enregistrement Layer Jump Recording (LJR) de votre logiciel de mastérisation de DVD si votre lecteur et votre logiciel l'acceptent. LJR alterne entre les couches d'enregistrement lors de la procédure d'écriture, au lieu de remplir une couche avant d'écrire sur l'autre. Ainsi, un disque peut accepter l'enregistrement multisession, ce qui simplifie la lecture de supports double couche par les lecteurs de DVD-ROM.

Les supports DVD-R DL sont actuellement disponibles avec une vitesse de 4×, même si certains lecteurs de DVD enregistrables acceptent des vitesses d'écriture supérieures.

DVD-RW

Le Forum DVD a lancé le DVD-RW en novembre 1999. Créé et promu principalement par Pioneer, le DVD-RW n'est en fait qu'une extension du DVD-R, de la même manière que le CD-RW est une extension du CD-R. Il utilise également la technique du changement de phase. Il est en quelque

sorte plus compatible avec les lecteurs de DVD-ROM standard que le DVD-RAM. Les lecteurs fondés sur cette technologie sont arrivés sur le marché à la fin de l'année 1999, mais ils n'ont remporté qu'un succès modéré du fait des performances trop limitées. Les DVD-RW sont actuellement disponibles dans des vitesses allant jusqu'à 6×, même s'il existe aussi des supports à 1×, 2× et 4×. Les lecteurs acceptant des vitesses de 2×/4× et plus présentent de nombreux avantages sur les lecteurs DVD-RW 1×/2× initiaux, notamment :

- **Formatage rapide.** Les graveurs 1×/2× supposent un formatage complet du disque DVD-RW avant que ce média soit utilisable, un processus pouvant durer près d'une heure. Les modèles 2×/4× et plus peuvent utiliser les médias DVD-RW après quelques secondes seulement, le formatage étant entrepris en tâche de fond. Le principe est semblable à celui d'un graveur DVD+RW.
- **Croissance rapide.** Au lieu d'effacer le média pour y ajouter des fichiers, comme c'est le cas des modèles 1×/2×, le graveur 2×/4× et plus DVD-RW ajoute des fichiers sans supprimer le contenu précédent.
- **Clôture rapide.** Le graveur 2×/4× clôt des médias n'ayant qu'un contenu limité de données (moins de 1 Go) plus rapidement que les modèles 1×/2×.

Néanmoins, la plupart des graveurs DVD-RW ne prennent pas en charge les liaisons sans perte, Mount Rainier ou la suppression sélective de fichiers, c'est-à-dire les principales caractéristiques des DVD+RW.

Infos

La technologie Zero Link de Plextor accepte l'effacement sélectif des fichiers sur DVD-RW. Pour l'essentiel, Zero Link assure l'équivalent de la fonction de liaison sans perte du DVD+RW, permettant ainsi aux lecteurs de DVD vidéo qui acceptent les supports DVD-RW de lire des disques édités.

DVD+RW et DVD+R

Le DVD+RW, également appelé DVD *Phase Change Rewritable* (DVD réinscriptible à changement de phase), est devenu le premier standard de DVD enregistrable, car il est le moins cher, le plus simple à utiliser, le plus rapide et le plus compatible avec les formats existants. Il a été développé et est pris en charge par Philips, Sony, Hewlett-Packard, Mitsubishi Chemical, Ricoh, Yamaha, Verbatim et Thomson, qui se sont regroupés au sein de l'Alliance DVD+RW (**www.dvdrw.com**) pour travailler sur ce standard. Microsoft a rejoint cette alliance en février 2003. Le DVD+RW est également pris en charge par les principaux vendeurs de logiciels de création de CD/DVD et par les constructeurs de graveurs, dont Philips, Ricoh et les fabricants de mécanismes de lecteur OEM. Comme la popularité du DVD+RW a fortement cru avec l'avènement de temps de gravure plus courts, le DVD+RW est à l'heure actuelle le format DVD réinscriptible le plus populaire.

Le Tableau 9.31 liste les spécifications de base des graveurs DVD+RW.

Il est à noter que le DVD+R, la version inscriptible une fois seulement du DVD+RW, a été introduit *après* le DVD+RW. Cette situation est l'inverse de ce qui s'est passé pour le DVD-RW et le DVD-R. Le développement du DVD+R est principalement dû au fait qu'il offre une méthode économique d'archivage permanent des données avec des graveurs DVD+RW et une solution aux problèmes de

Tableau 9.31 : Les spécifications des graveurs DVD+RW

Capacité de stockage	4,7 Go en simple face ; 9,4 Go en double face (produit à venir)
Diamètre du disque	120 mm
Epaisseur du disque	1,2 mm (0,6 mm × 2 : structure assemblée)
Méthode d'enregistrement	Changement de phase
Longueur d'onde du laser	650 nm (enregistrement/lecture)
Longueur du bit de données	0,4 micron
Espacement des pistes d'enregistrement	0,74 micron
Format de piste	Sillons

compatibilité avec les lecteurs DVD-ROM et DVD vidéo, incapables de lire les médias créés avec les graveurs DVD+RW

✔ Voir la section "Compatibilité du lecteur de DVD+RW", p. 626.

La structure de base des disques DVD+RW ou DVD+R ressemble à celle des disques DVD-R, avec des données écrites uniquement dans un sillon (voir Figure 9.17), mais ce dernier sinue à une fréquence différente de celle des DVD-R/RW ou DVD-RAM. Ce sillon contient également des informations de positionnement. Ces différences montrent que le média DVD+R/RW offre un positionnement plus précis pour les liaisons sans perte, mais que les graveurs DVD+R/RW uniquement ne sont pas en mesure d'écrire sur d'autres types de médias réinscriptibles ou enregistrables.

Si la première génération de graveurs DVD+RW ne travaillait qu'avec des médias réinscriptibles, tous les modèles actuels et futurs sont conçus pour fonctionner à la fois avec les médias DVD+R (inscriptibles) et les médias DVD+RW (réinscriptibles). Les disques +R ne peuvent être enregistrés qu'une seule fois et sont moins chers que les disques +RW.

Voici quelques caractéristiques des DVD+RW :

- Disques simple face (4,7 Go).
- Disques double face (9,4 Go).
- Jusqu'à 4 heures d'enregistrement vidéo (disques simple face).
- Jusqu'à 8 heures d'enregistrement vidéo (disques double face).
- Support nu (il n'est pas nécessaire d'avoir recours à un caddy).
- Laser de 650 nm (le même que pour les DVD vidéo).
- Densité de données linéaire constante.
- Enregistrement CLV et CAV.
- Vitesse d'écriture de 1× à 4× au minimum.

- Taux de transfert des DVD vidéo.
- Système de fichiers UDF (*Universal Disk Format*).
- Gestion des erreurs intégrée au lecteur.
- Formatage rapide.
- Utilise la modulation 8-16 et les codes de correction d'erreurs des DVD-ROM.
- Enregistrement séquentiel et aléatoire.
- Liaison sans perte (les sessions d'enregistrements multiples n'entraînent pas de perte d'espace).
- Piste en spirale formée de sillons sinusoïdaux.
- Après l'enregistrement, tous les paramètres physiques sont conformes à la spécification DVD-ROM.

La technologie du DVD+RW ressemble beaucoup à celle du CD-RW. En outre, les lecteurs de DVD+RW lisent les DVD-ROM et tous les formats de CD, y compris les CD-R et les CD-RW.

Avec les DVD+RW, il est possible de suspendre le processus d'écriture et de le reprendre sans perdre d'espace grâce à la liaison des sessions d'enregistrement. L'efficacité de l'écriture aléatoire et des applications vidéo s'en trouve accrue. Les liaisons sans perte permettent également de remplacer de manière sélective tout bloc de données individuel de 32 Ko (l'unité minimale d'enregistrement) par un nouveau bloc et de réaliser un positionnement avec une précision de 1 µm. Pour permettre cette rigueur dans le placement des données sur la piste, le sillon forme des courbes plus rapprochées. Les informations de temporisation et d'adressage lues dans le sillon sont très précises.

La fonction de formatage rapide permet de placer un DVD+R ou un DVD+RW vierge dans le graveur et de le graver presque instantanément. Le véritable formatage s'effectue à l'arrière-plan, quand aucune opération d'écriture n'a lieu.

Infos

Les lecteurs de décodeurs DVD actuels sont conçus pour fonctionner avec divers types de DVD. Si vous n'êtes pas certain de la compatibilité d'un périphérique particulier et que votre lecteur utilise des supports DVD+R/RW, vous pourrez plutôt créer un disque DVD+R pour améliorer la probabilité de fonctionnement du disque dans de nombreux périphériques.

Le DVD+RW est notre format préféré et ce sera certainement aussi à terme le favori de la majorité des utilisateurs. Toutefois, les lecteurs multiformats actuels acceptent DVD+R/RW et DVD-R/RW (et les lecteurs Super Multi acceptent aussi les DVD-RAM), et vous pouvez donc choisir le support adapté à chaque tâche.

Compatibilité du lecteur de DVD+RW

Lorsque les premiers lecteurs de DVD+RW ont fait leur apparition sur le marché, en 2001, certains utilisateurs de DVD-ROM et de platines DVD autonomes se sont trouvés dans l'incapacité de lire les médias DVD+RW, même si d'autres y parvenaient. Les premiers lecteurs à prendre en charge les médias inscriptibles DVD+R (qui fonctionnent avec une palette plus large de lecteurs anciens) n'ont été mis sur le marché qu'au milieu de l'année 2002, d'où l'importance du problème.

La cause la plus courante de ce problème semblait être le contenu du champ *Book Type*, placé dans la section de Lead-in de tous les disques DVD. Pour certains lecteurs, ce champ devait impérativement indiquer qu'il s'agissait d'un média DVD-ROM pour que le disque puisse être lu. Néanmoins, par défaut, les graveurs DVD+RW écrivent comme type DVD+RW dans ce champ en cas d'utilisation d'un média DVD+RW.

Voici les trois solutions possibles :

- Mettre à jour le microcode de l'enregistreur DVD+RW pour qu'il complète automatiquement et correctement le champ *Book Type*.
- Modifier le champ *Book Type* lors de la création d'un disque avec un programme de mastérisation de DVD.
- Utiliser un utilitaire de compatibilité pour modifier le contenu du champ pour un disque DVD+RW donné, si besoin en est. Ces utilitaires peuvent être fournis par le fabricant (une mise à niveau du microgiciel est parfois aussi nécessaire) ou par un utilitaire tiers.

La modification du champ *Book Type* s'appelle la bidéfinition.

DVD+R DL

Le DVD+R DL, aussi appelé DVD-R9, est une version double couche du standard DVD+R ; il est apparu en octobre 2003. Le DVD+R DL est, pour l'essentiel, une version double couche du DVD+R, il utilise le même procédé d'enregistrement, la même longueur d'onde du laser et d'autres spécifications identiques. Toutefois, les disques DVD+R DL disposent de deux couches d'enregistrement, la surface réfléchissante de la couche supérieure étant semi-transparente pour permettre l'enregistrement sur la seconde couche. Du fait de la réflectivité moindre de la couche supérieure, certains lecteurs de DVD-ROM ne parviennent pas à lire les DVD+R DL.

Les DVD+R DL actuels sont disponibles dans des vitesses allant jusqu'à 8×, même si les lecteurs acceptent des vitesses de gravure allant jusqu'à 10×.

Lecteurs de DVD multiformats réinscriptibles

Le DVD Multi est une spécification du Forum DVD, développée pour des lecteurs et des platines compatibles avec tous les autres standards du forum, notamment DVD-R/RW, DVD-RAM, DVD-ROM, DVD vidéo et éventuellement DVD audio (DVD+R/RW n'est pas une spécification du Forum DVD et n'est pas pris en charge). La version originale de DVD Multi a été publiée en février 2001, la version actuelle portant le numéro 1.01. Cette dernière a été approuvée par le Forum DVD et publiée en décembre 2001. Les premiers produits DVD Multi pour ordinateurs sont arrivés sur le marché au début de l'année 2003.

Pour assurer la prise en charge des différents types de DVD sur un seul lecteur, tous les fabricants de lecteurs DVD réinscriptibles vendent maintenant des lecteurs compatibles avec des médias

DVD+R/RW et DVD-R/RW. Ces lecteurs sont généralement appelés DVD±R/RW. La série Super Multi Drive de LG a été la première à proposer une compatibilité avec les DVD-RAM et la plupart des lecteurs DVD±R/RW actuels des autres fabricants sont également compatibles avec les DVD-RAM. De nombreux lecteurs actuels, mais pas tous, acceptent également les DVD-R DL ; vous pouvez donc maintenant acheter un seul lecteur acceptant tous les formats les plus courants soutenus par le Forum DVD et l'Alliance DVD+RW.

Installation des logiciels et des pilotes de CD/DVD

Les lecteurs de CD/DVD s'installent et se configurent de la même façon que n'importe quel autre lecteur doté de la même interface.

Dès que vous avez installé physiquement votre lecteur de CD-ROM ou de DVD-ROM, vous êtes prêt à passer à l'installation des pilotes et des autres logiciels fournis avec. Comme à l'accoutumée, ce processus est très simple avec un système d'exploitation Plug and Play tel que Windows 9x (ou une version ultérieure). Toutefois, les choses peuvent se compliquer si vous avez besoin d'accéder au lecteur après avoir démarré à partir d'une disquette, pour effectuer des diagnostics ou pour travailler sous DOS.

Création d'une disquette d'amorçage prenant en charge le CD-ROM

Même si les systèmes d'exploitation modernes (Windows XP et Vista notamment) sont distribués sur des CD ou DVD de démarrage, vous pourriez avoir à démarrer depuis le lecteur de disquettes pour lancer une procédure de restauration depuis un utilitaire d'imagerie de disque ou pour installer un ancien système d'exploitation, comme Windows 9x ou Me. Et même si vous installez Windows 9x ou Me dans un environnement virtualisé, tels que ceux créés avec Microsoft Virtual PC ou VMware, vous devrez démarrer la machine virtuelle à partir d'une disquette contenant la prise en charge des CD-ROM avant d'installer le système d'exploitation dans la machine virtuelle.

Pour qu'un lecteur de CD ou de DVD fonctionne quand l'ordinateur démarre à partir d'une disquette (ou d'un CD), différents pilotes doivent être présents :

- **Un pilote de carte contrôleur ATAPI (inutile pour les lecteurs de CD-ROM SCSI).** Ce pilote est fourni avec la carte mère, mais vous pouvez aussi employer les pilotes ATAPI génériques figurant sur la disquette de démarrage de Windows 98 (et des versions ultérieures).
- **Un pilote de carte SCSI (inutile pour les lecteurs ATAPI).** Ce pilote est fourni avec la plupart des cartes SCSI, mais vous pouvez aussi employer les pilotes SCSI figurant sur la disquette de démarrage de Windows 98 (et des versions ultérieures).
- **MSCDEX (extensions de CD pour MS-DOS).** Ce fichier est inclus dans la version 6.0 et dans les versions ultérieures de DOS. Il figure également dans le fichier CDFS.VXD sous Windows 9x.

Si vous avez à démarrer un PC à partir d'une disquette amorçable, cette dernière doit contenir non seulement un système d'exploitation amorçable, mais également les pilotes mentionnés précédemment, faute de quoi le CD-ROM reste inaccessible.

Vous devez disposer de l'un des deux premiers pilotes (ATAPI ou SCSI) ainsi que du troisième pour pouvoir accéder au lecteur après avoir démarré à partir d'une disquette (ou d'un CD). À partir de Windows 98, la disquette de démarrage contient des pilotes génériques ATAPI et SCSI. Plutôt que de perdre du temps à personnaliser les fichiers CONFIG.SYS et AUTOEXEC.BAT, démarrez tout simplement à partir d'une disquette amorçable Windows (version 98 ou ultérieure). En effet, avec une telle disquette, l'ordinateur charge les pilotes appropriés et détecte automatiquement les lecteurs de CD/DVD, qui deviennent alors accessibles. Cette disquette peut être générée sur n'importe quel système exécutant Windows 98/Me. À défaut, téléchargez un équivalent depuis le site web **www.bootdisk.com**.

Après démarrage à partir d'une disquette Windows 98/Me, un menu vous demandera si vous souhaitez profiter de la prise en charge CD-ROM (et DVD). Si vous répondez par l'affirmative, vous devriez être en mesure d'accéder au lecteur de CD ou de DVD à la fin du chargement de la disquette.

Une autre opération possible, et souvent bien utile, consiste à installer n'importe quelle version de Windows dans une situation où le CD d'installation n'est pas amorçable (comme c'est le cas dans la plupart des versions de Windows 9x/Me) ou lorsque le système date d'avant 1998 et ne peut donc pas démarrer à partir d'un CD. Dans ce cas, tout ce dont vous avez besoin pour installer n'importe quelle version de Windows est votre CD Windows et votre disquette amorçable Windows 98/Me. Le fait que la disquette ait été produite par Windows 98 ou Me n'a aucune espèce d'importance, cette disquette permet d'installer *toutes* les versions de Windows.

À titre d'exemple, pour installer Windows 9x/Me sur un système, suivez ces étapes :

1. Démarrez depuis la disquette Windows 98/Me puis choisissez le démarrage de l'ordinateur avec prise en charge CD-ROM. Attendez l'affichage de l'invite A:.
2. Insérez le CD du système d'exploitation que vous souhaitez installer (Windows 95, 98 ou Me) dans le lecteur de CD/DVD.
3. Saisissez D:SETUP et appuyez sur Entrée. Veillez à bien utiliser la lettre de lecteur correspondant au lecteur de CD/DVD.
4. Le programme SETUP est exécuté à partir du CD et commence l'installation du système d'exploitation.

Pour installer Windows NT, 2000 ou XP sur un système, voici comment faire :

1. Démarrez depuis la disquette Windows 98/Me puis choisissez le démarrage de l'ordinateur avec prise en charge CD-ROM. Attendez l'affichage de l'invite A:.

2. Insérez le CD du système d'exploitation que vous souhaitez installer (Windows NT, 2000 ou XP) dans le lecteur de CD/DVD.
3. Saisissez D:\i386\WINNT et appuyez sur Entrée. Veillez à bien utiliser la lettre de lecteur correspondant au lecteur de CD/DVD.
4. Le programme WINNT est exécuté à partir du CD et commence l'installation du système d'exploitation.

Infos

Vous pouvez également créer des disques de démarrage pour Windows 2000 à l'aide de fichiers dans le dossier \bootdisk. Pour plus d'informations, consultez l'article de la base de connaissances de Microsoft 197063 sur **http://support.microsoft.com**.

Autre fonction utile réalisable avec une disquette de démarrage Windows 98/Me : formater un disque dur d'une capacité supérieure à 32 Gio en FAT32, pour une utilisation sous Windows 2000 ou XP. Le programme Format de Windows 2000 et XP est intentionnellement limité par Microsoft au formatage de disques inférieurs à 32 Gio même si Windows 2000 et XP prennent en charge des volumes FAT32 jusqu'à 2 Gio. En général, il est recommandé d'utiliser NTFS sur les systèmes sous Windows 2000 ou XP, mais si vous créez un environnement à double démarrage permettant d'exécuter d'autres systèmes d'exploitation ne prenant pas en charge NTFS, le système de fichiers FAT32 est le bon choix. La restriction apportée à la commande Format de Windows 2000 et XP étant un handicap dans une telle situation, la seule solution est d'employer la commande Format de Windows 98/Me.

Windows Vista ne peut être installé que sur un lecteur NTFS. Ainsi, si vous voulez disposer d'un environnement avec démarrage double, utilisant un lecteur FAT32, préparez une partie du disque dur en FAT32, laissez l'autre sans formatage, puis utilisez le système d'installation de Windows Vista pour préparer la section non formatée en NTFS.

Sachez également que Microsoft propose sur son site web des disquettes de démarrage officielles à télécharger. Pour trouver les fichiers adaptés à votre version de Windows XP, visitez la base de connaissances de Microsoft à l'adresse **http://support.microsoft.com/** et cherchez l'article 310994.

L'utilisation d'un lecteur de CD-ROM ou de DVD-ROM conforme à la spécification ATAPI sous Windows ne demande rien de votre part. Tous les pilotes de ces lecteurs sont intégrés à Windows 9x et les versions ultérieures, y compris les pilotes ATAPI et le pilote CDFS VxD.

Si vous utilisez un lecteur de CD-ROM SCSI sous Windows 9x, vous aurez besoin de son pilote ASPI. Ce pilote est en principe conçu par le fabricant du lecteur et livré avec ce dernier. En concertation avec les fabricants de matériel, Windows 9x inclut le pilote ASPI de la plupart des cartes adaptateur hôtes SCSI et charge automatiquement le pilote de lecteur virtuel CDFS VxD. Dans de rares cas, vous devrez installer un pilote actualisé que vous aurez obtenu auprès du fabricant.

Lorsque vous installez une carte contrôleur SCSI Plug and Play dans un PC sous Windows, le simple fait de démarrer la machine doit permettre au système d'exploitation de détecter et d'identifier le périphérique, puis d'installer les pilotes requis. Une fois que le pilote relatif à la carte contrôleur est

activé, le PC repère les périphériques SCSI raccordés à la carte et charge de nouveau automatiquement les pilotes appropriés.

CD et DVD amorçables – El Torito

Si votre BIOS date de 1998 ou s'il est plus récent, il prend probablement en charge "El Torito". Ce nom provient du standard Phoenix Software/IBM qui a vu le jour dans le restaurant d'El Torito, près des bureaux de Phoenix Software. La mention El Torito signifie qu'il est possible d'amorcer le PC à partir d'un CD ou d'un DVD, ce qui offre de nombreuses possibilités, telles que la création de disques d'amorçage pour les urgences et les tests, le démarrage à partir de disques de système d'exploitation plus récents lors de l'installation de nouveaux systèmes, etc.

Pour créer un CD d'amorçage, il faut dans le cas idéal une application de gravure capable de créer des CD/DVD amorçables. En complément, vous aurez besoin d'une disquette d'amorçage qui contienne les pilotes permettant de prendre en charge votre lecteur de CD ou de DVD sous DOS (appelés parfois pilotes en mode réel). La meilleure source pour ces pilotes est la disquette de démarrage Windows 98/Me sur laquelle la prise en charge du lecteur de CD-ROM au niveau du DOS est déjà configurée et installée. Si vous n'avez pas accès à un tel système pour générer la disquette, vous pouvez la télécharger depuis le site **www.bootdisk.com**.

Démarrez votre PC à partir de cette disquette (contenant les pilotes du lecteur de CD-ROM) pour la tester. Ensuite, placez un CD ou un DVD renfermant des fichiers dans le lecteur et voyez s'il est possible de basculer sur le lecteur et de lire un répertoire de fichiers (essayez par exemple la commande `DIR`). Le lecteur de CD/DVD prend généralement comme nom la prochaine lettre de lecteur après celle du disque dur. Par exemple, si cette dernière est C:, celle du lecteur de CD-ROM sera D:.

Si vous pouvez afficher une liste de répertoires du CD après avoir amorcé à partir de la disquette, cela signifie que les pilotes du lecteur de CD-ROM sont correctement chargés.

Pour créer un CD ou un DVD amorçable, suivez tout simplement les indications de votre programme de gravure. Des logiciels tels qu'Easy Media Creator de Roxio ou Nero de Nero AG font de cette opération un jeu d'enfant.

Création d'un CD de restauration

On trouve sur le marché plusieurs programmes permettant de réaliser un fichier image compressé du contenu d'un lecteur. Ces programmes, par exemple Norton Ghost, vendu par Symantec, ou True Image d'Acronis, permettent de sauvegarder en l'état tout lecteur à un moment donné sous la forme d'un seul fichier (volumineux !).

Vous pouvez ainsi créer un fichier image de votre système en cours d'utilisation et utiliser la fonction de restauration pour réinstaller ce dernier à l'identique en cas de panne.

Le CD-R (pour les anciens systèmes d'exploitation) ou le DVD+R (pour Windows XP ou Vista) est le support idéal pour stocker ce fichier image compressé. Votre disque de secours doit contenir au minimum le fichier image compressé (un CD-RW 80 minutes de 737 Mo possède une capacité équivalant au contenu normal d'un lecteur de 1,5 Go si l'on a recours à l'option de compression maximale). Il est également préférable de placer une copie du programme de restauration de l'image sur un CD. La création d'un CD de ce type est exactement la même que celle d'un CD conventionnel. Pour l'utiliser, amorcez votre système avec des pilotes qui permettent au lecteur de CD ou DVD de fonctionner, exécutez le programme de restauration pour lire les données stockées sur le support et écrasez le contenu existant.

Si vous cherchez une solution sans disquette d'amorçage, gravez un CD auto-amorçable.

Création d'un CD d'amorçage pour les urgences

Rares sont les utilisateurs de PC qui savent qu'il leur est possible de créer leurs propres versions de ce qui est devenu standard pour la plupart des ordinateurs : un CD-ROM amorçable, qui servira à démarrer un système et à le restaurer dans son état antérieur.

Les exigences minimales pour constituer un CD amorçable sont :

- **Un ordinateur acceptant le standard El Torito.** Dans ces conditions, le lecteur de CD/DVD peut être choisi comme lecteur de démarrage. Pour savoir si c'est le cas de votre machine, consultez la section Advanced setup (ou une section portant un nom semblable) du Setup de votre BIOS. Les BIOS récents fournis par AMI, Award Software et Phoenix Technologies reconnaissent le CD-ROM comme lecteur de démarrage.
- **Un graveur de CD-R ou de CD-RW, ainsi qu'un CD-R ou un CD-RW.**
- **Un logiciel de gravure pour créer le CD.** La plupart des logiciels de gravure modernes, tels que Nero et Easy Media Creator (Roxio), prennent en charge la création de CD amorçables. Si votre logiciel de création de CD ne propose pas cette option, envisagez de le mettre à jour ou d'en changer.
- Une disquette contenant les fichiers de démarrage de votre système d'exploitation.

Les lecteurs ATAPI sont amorçables

La plupart des lecteurs ATAPI connectés à l'interface ATA de la carte mère peuvent faire office de lecteurs de démarrage si le BIOS est configuré pour utiliser le lecteur comme dispositif amorçable. De même, vous pouvez démarrer à partir des lecteurs DVD enregistrables SATA raccordés à la carte mère. Si votre CD-ROM est relié à une interface SCSI, vous devrez disposer d'une interface SCSI dont le BIOS permette de démarrer sur le lecteur de CD-ROM.

Vérifiez dans le Setup du BIOS si le vôtre prend en charge le lecteur de CD-ROM comme lecteur de démarrage.

La procédure effective varie d'un logiciel de gravure à l'autre, aussi vaut-il mieux suivre les instructions accompagnant le programme pour créer un CD ou un DVD amorçable.

LightScribe et autres systèmes d'étiquetage de disque

Le système d'étiquetage LightScribe, directement sur disque, a été développé par Hewlett-Packard (HP) en 2005. Il s'agissait d'un procédé pour étiqueter des CD (puis des DVD) sans avoir à imprimer d'étiquettes ni à utiliser une imprimante à jet d'encre équipée pour imprimer sur des CD ou DVD.

La surface supérieure d'un disque LightScribe est revêtue d'une teinte réactive qui change de couleur lorsqu'elle est exposée à la lumière laser. LightScribe emploie le laser d'enregistrement pour graver du texte et des images sur la surface supérieure du support LightScribe spécial. Une fois le disque enregistré, l'utilisateur retourne le disque et exécute un programme LightScribe pour transférer la conception souhaitée sur le dessus du disque. Pour éviter que la surface ne s'affadisse ou ne soit endommagée, les disques LightScribe doivent être conservés à l'abri de la lumière.

Et même si HP était le premier développeur de LightScribe, la société a cédé sous licence sa technologie aux principaux fabricants de lecteurs de DVD enregistrables et à Verbatim, Imation, TDK et autres fabricants de disques. Les supports LightScribe sont actuellement disponibles aux formats CD-R, DVD+R et DVD-R. De nombreux programmes d'étiquetage et de mastérisation de DVD acceptent LightScribe, et des logiciels et utilitaires LightScribe sont disponibles pour Windows, Linux et Mac OS. Pour obtenir une liste à jour des produits acceptant LightScribe et les pilotes et utilitaires, visitez le site web de LightScribe à l'adresse **www.lightscribe.com**.

Les disques et supports LightScribe sont reconnaissables au logo LightScribe.

Une technologie concurrente, Labelflash, a été annoncée en octobre 2005 par Yamaha et Fujifilm. Labelflash s'appuie sur la technologie DiscT@2 ("disk tatoo"), créée initialement par Yamaha pour écrire du texte et des graphiques dans la partie inutilisée du côté des données d'un CD-R. Toutefois, comme avec LightScribe, Labelflash peut écrire sur le côté supérieur du support en retournant le disque. La face supérieure du support Labelflash doit mieux résister aux dommages et donner une meilleure qualité d'image que LightScribe, car sa surface d'enregistrement est située à 0,6 mm sous la surface, le même éloignement qu'entre la couche d'enregistrement de données et la surface de la face arrière.

Labelflash n'est pas aussi largement accepté que LightScribe. Les supports ne sont proposés par Fujifilm (DVD-R) que depuis le second semestre 2007 et les produits compatibles avec Labelflash n'ont été proposés aux États-Unis que lorsque Toshiba a commercialisé deux gammes de portables, les séries P205 et A205, équipés de lecteurs activés pour Labelflash en avril 2007. Les logiciels d'étiquetage acceptant Labelflash n'acceptent pas toujours la fonction d'étiquetage de la surface de données DiscT@2. Vérifiez avant d'acheter ou de télécharger.

Les disques et supports Labelflash sont identifiés par le logo Labelflash. Pour en savoir plus, consultez le site officiel à l'adresse **http://labelflash.jp**.

10 L'installation et la configuration de lecteurs physiques

Au sommaire de ce chapitre

- Installation d'un disque dur
- Effectuer le formatage
- Remplacement d'un disque dur
- Problèmes de disque dur et réparation
- Installation d'un lecteur optique
- Installation d'un lecteur de disquettes interne

Ce chapitre traite de l'installation des disques durs, des lecteurs optiques (CD/DVD) et des lecteurs de disquettes. La préparation des composants, comme la configuration des cavaliers ou le câblage, et l'installation physique seront évoquées. La configuration de la partie logicielle sera également traitée. Les étapes suivantes dépendront du système d'exploitation avec lequel vous travaillez.

Pour plus d'informations sur les interfaces de lecteur, sur le stockage, sur le fonctionnement des lecteurs et sur les systèmes d'exploitation, référez-vous aux chapitres suivants :

- Chapitre 6, "L'interface ATA"
- Chapitre 7, "Le stockage sur disque dur"
- Chapitre 8, "Le stockage amovible"
- Chapitre 9, "Le stockage optique"
- Chapitre 13, "Les interfaces d'entrées/sorties"

Bien que ce chapitre concerne la plupart des lecteurs que vous êtes susceptible d'installer sur un PC, nous avons pris le parti de vous parler essentiellement de l'installation des disques durs internes et des autres périphériques utilisant des interfaces ATA série (SATA) ou ATA parallèle (PATA, ATA ou IDE). D'autres interfaces comme SCSI (*Small Computer System Interface*) ou SAS (*Serial Attached SCSI*) servent souvent pour les serveurs. Pour les périphériques USB externes et FireWire (IEEE-1394), voyez plus particulièrement le Chapitre 13.

Installation d'un disque dur

Nous allons parler ici de l'installation d'un disque dur, et approfondir l'étude de la configuration, de l'installation physique et du formatage des disques durs.

Pour installer un disque dur dans un PC, vous aurez à effectuer tout ou partie des opérations suivantes :

- configuration du lecteur ;
- configuration de la carte hôte ;
- installation physique du lecteur ;
- configuration du système pour la reconnaissance du disque ;
- initialisation et partition du lecteur ;
- formatage de haut niveau des partitions ou des volumes.

Lors de ces procédures de configuration, il vous faut disposer de quelques informations sur le lecteur, la carte hôte et le BIOS système. Vous les trouverez en principe dans les manuels et documents de référence accompagnant les périphériques.

✔ Ces procédures sont traitées au Chapitre 6, "L'interface ATA", p. 395.

Pour obtenir le maximum d'informations techniques, le plus simple est de s'adresser directement au constructeur et de voir si vous pouvez télécharger des fiches techniques précises ou des manuels. Ainsi, si vous achetez un PC équipé d'un disque dur SATA d'une marque donnée, le fabricant du système risque de ne vous livrer que des documentations limitées sur le disque, alors que le constructeur pourra vous fournir l'ensemble des spécifications techniques. Il en va de même de tous les périphériques de votre PC. Pour vous procurer de la documentation supplémentaire, téléchargez celle-ci sur le site web du constructeur.

Configurer le lecteur

Avant d'installer physiquement le lecteur de disques dans le PC, vous devez vous assurer qu'il est correctement configuré. Pour des lecteurs ATA parallèle, cela revient en général à définir un lecteur comme maître ou comme esclave ou à utiliser la fonctionnalité CS (*Cable Select*) avec un câble à 80 conducteurs pour déterminer la relation.

Configurer la carte hôte

Les anciennes interfaces de disques durs faisaient appel à des contrôleurs séparés, sous forme de cartes d'extension à installer dans un connecteur de la carte mère. Les lecteurs PATA et SATA des PC modernes contiennent un contrôleur intégré. Pour les lecteurs ATA, l'interface de la carte hôte est pratiquement toujours incorporée à la carte mère, et il faut configurer l'interface par le biais du Setup du BIOS. Dans ces cas-là, il n'existe pas de carte hôte indépendante. Certains systèmes peuvent utiliser des adaptateurs hôtes basés sur des cartes d'adaptateur à la place des interfaces intégrées ; en effet, certaines interfaces PATA et SATA intégrées à la carte mère ne supportent pas les modes les plus rapides (300 Mo/s pour SATA ou 133 Mo/s pour PATA) que la plupart des disques durs récents sont capables d'atteindre. En général, il est recommandé de mettre à niveau la carte mère plutôt que d'utiliser une carte hôte séparée, car une nouvelle carte mère apporte d'autres avantages et son prix n'est pas prohibitif.

Les adaptateurs hôtes basés sur une carte nécessitent une combinaison des ressources suivantes :

- adresse ROM d'amorçage (optionnel) ;
- requête d'interruption (IRQ) ;
- canal DMA (*Direct Memory Access*, accès direct à la mémoire) ;
- plage d'adresses d'entrées/sorties.

Tous les contrôleurs n'utilisent pas toutes ces ressources, mais certains ont besoin des quatre. Dans la plupart des cas, avec les cartes Plug and Play et les systèmes récents, ces ressources sont automatiquement configurées par le BIOS et par le système d'exploitation. C'est l'ordinateur qui positionne les paramètres des ressources matérielles à des valeurs qui n'entrent pas en conflit avec les autres périphériques installés.

✔ Voir la section "BIOS Plug and Play", p. 324.

Si votre PC ou votre système d'exploitation n'est pas compatible avec la spécification Plug and Play, il vous restera à configurer manuellement l'adaptateur avec les ressources appropriées. Certains adaptateurs sont accompagnés d'un logiciel permettant de reconfigurer ou de modifier les ressources matérielles, d'autres utilisent des cavaliers ou des micro-interrupteurs.

✔ Voir la section "Ressources système", p. 257.

Le pilote de l'interface ATA fait partie intégrante du BIOS du PC, ce qui permet de démarrer à partir de lecteurs PATA ou SATA. Le BIOS fournit la fonction de pilote de périphérique dont le système a besoin pour accéder au lecteur avant même qu'un fichier ne puisse être chargé depuis le disque.

Infos

Bien que les pilotes d'interface ATA soient livrés avec Windows, ceux-ci sont normalement intégrés au composant South Bridge du chipset de la carte mère ou au ICH (I/O *Controller Hub*), ce qui vous oblige à charger des pilotes spécifiques au chipset. Si vous utilisez une carte mère plus récente que la version de votre système d'exploitation (par exemple, une carte mère achetée neuve après 2002 et qui est utilisée avec Windows XP), n'oubliez pas d'installer les pilotes du chipset livrés avec votre carte mère, immédiatement après l'installation de Windows. Si la carte est compatible avec SATA en mode AHCI (*Advanced Host Controller Interface*) ou avec des aspects comme SATA RAID (*Redundant Array of Independent Disks*) et que vous exécutiez Windows XP ou plus, vous devrez souvent soit apporter les pilotes sur disquette au début de l'installation, soit les précharger avec votre disque d'installation Windows. Sachez que ces pilotes sont intégrés sur le DVD d'installation de Windows Vista. Si la carte mère est plus ancienne que le système d'exploitation, les pilotes du chipset sont en principe présents sur le CD d'installation du système d'exploitation. Toutefois, il est conseillé de les mettre à jour dès que l'installation est terminée.

Certains adaptateurs hôtes SATA comprennent un BIOS qui accepte AHCI, RAID, les grands lecteurs ou d'autres caractéristiques. Si le BIOS de votre carte mère standard inclut déjà cette prise en charge ou si vous ne prévoyez pas d'utiliser ces caractéristiques, l'emploi du BIOS accessoire est facultatif. La plupart des contrôleurs hôtes à base de carte sont dotés de micro-interrupteurs permettant l'activation ou la désactivation du BIOS.

Grâce au BIOS d'adaptateur hôte, il est possible de faire démarrer l'ordinateur à partir d'un périphérique SCSI. Il offre bien d'autres fonctions, parmi lesquelles :

- la configuration RAID ;
- la configuration de la carte hôte ;
- le diagnostic.

Si le BIOS de l'adaptateur est activé, il utilise un espace d'adresse mémoire spécifique en mémoire supérieure (*Upper Memory Area*, ou UMA). Cette zone de mémoire correspond aux 384 Ko supérieurs du premier mégaoctet de mémoire centrale. Elle est divisée en trois zones de 64 Ko chacune, dont la première et la dernière sont affectées respectivement aux circuits de la carte graphique et au BIOS de la carte mère. Les segments C000h et D000h sont réservés à la ROM des cartes d'extension, comme les cartes vidéo ou les adaptateurs hôtes.

Infos

Assurez-vous que les adaptateurs utilisant ces segments de la mémoire haute (*Upper Memory Area,* ou UMA) n'entrent pas en conflit avec d'autres cartes d'extension faisant appel à cet espace. Aucun partage n'est possible. En principe, les cartes d'extension sont équipées de cavaliers ou de micro-interrupteurs, ou bien elles sont accompagnées d'un logiciel permettant d'adapter la configuration de la carte et de modifier les adresses standard.

Effectuer l'installation physique

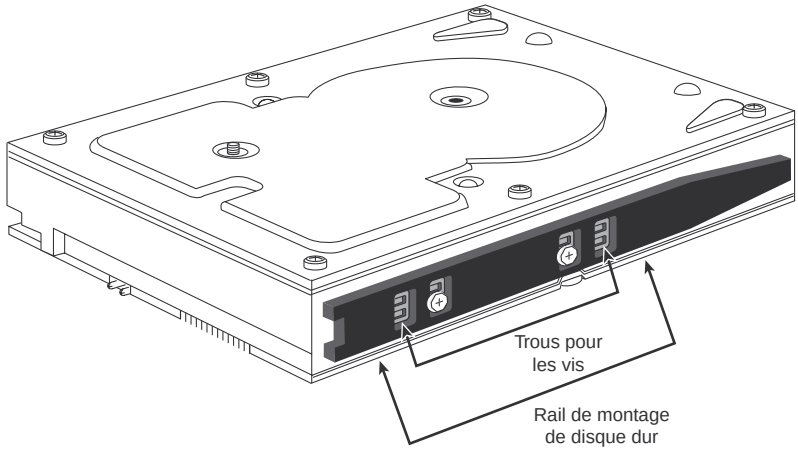
La procédure d'installation d'un disque dur est sensiblement la même que celle d'un lecteur de disquettes. Il vous faut les vis, les rails ou le cadre et le panneau de façade adaptés au lecteur et au PC avant de vous lancer dans l'opération.

D'une manière générale, les disques durs sont montés sur des baies qui acceptent directement le lecteur au moyen de vis passant au travers des supports latéraux. Aucun autre matériel n'est alors nécessaire. Cependant, certains lecteurs font appel à une cage intermédiaire ; vous commencez alors par installer le lecteur sur cette cage, puis vous insérez l'ensemble dans le boîtier (voir Figure 10.1). Si votre boîtier accepte le montage au moyen d'une cage, celle-ci est normalement livrée avec le boîtier. Si le boîtier intègre le bon mécanisme de montage, il ne vous manque plus que le lecteur nu pour assembler le tout.

Étant donné que le type de nappe peut varier pour l'interface PATA comme pour l'interface SATA, vérifiez que vous disposez de la bonne nappe pour le lecteur et le contrôleur. Par exemple, pour utiliser les modes PATA 66 Mo/s et plus (jusqu'à 133 Mo/s), il faut une nappe à 80 fils. Cette nappe est également recommandée, même pour le mode 33 Mo/s et les modes plus lents. Pour savoir si votre nappe possède 40 ou 80 fils, il suffit de les compter. Autre indice : la nappe à 80 fils voit généralement sa contrepartie sur la carte mère identifiée par la couleur bleue, tandis que les connecteurs des lecteurs maître et esclave sont respectivement identifiés par le noir et le gris.

Si vous avez besoin de vous procurer des pièces supplémentaires pour monter votre disque dur et que celles-ci ne soient pas livrées avec le boîtier ou le lecteur, sachez qu'il existe de nombreuses sociétés spécialisées dans la fourniture des accessoires, câbles, rails, cadres et autres éléments nécessaires au montage des lecteurs. Si vous avez l'intention d'installer un disque dur de 3 pouces

Figure 10.1
Un disque dur standard avec des rails de montage pour une baie 3 pouces 1/2.



1/2 dans une baie de 5 pouces 1/4, vous devez vous procurer un autre type de cadre de montage (voir Figure 10.2). De nombreux disques durs de 3 pouces 1/2 sont livrés avec ces cadres et il se peut que votre boîtier en comprenne déjà.

Figure 10.2
Le disque dur est vissé dans un cadre.

Infos

Si vous envisagez d'ajouter un disque supplémentaire à votre PC, vérifiez la longueur de la nappe. Il est très désagréable d'installer le lecteur et de ne s'apercevoir qu'ensuite que la nappe est trop courte. Il faut alors soit déplacer le lecteur, soit installer une nappe plus longue. La longueur des nappes PATA est techniquement limitée à 45 cm. Toutefois,

dans la plupart des cas, vous pouvez tout à fait employer des câbles allant jusqu'à 27 pouces de longueur, à condition qu'ils soient de type 80 fils. Les longueurs de câbles supérieures de même que les types "ronds" ne sont généralement pas recommandés. C'est particulièrement vrai si vous envisagez d'utiliser le mode à 133 Mo/s plus rapide. En effet, une nappe trop longue peut provoquer des erreurs de synchronisation et une dégradation du signal, qui peuvent corrompre les données de votre disque. De nombreux systèmes sont malgré tout équipés de nappes de 60 cm ; c'est une hérésie et nous vous conseillons vivement de ne pas aller au-delà de la norme des 45 cm.

Divers caches frontaux sont proposés sur le marché. Assurez-vous d'avoir le modèle requis par votre PC. Certains systèmes n'ont pas besoin de cache : si votre lecteur en est équipé, retirer le cache avant l'installation du disque est un jeu d'enfant.

Attention

Utilisez exclusivement les vis fournies avec votre disque dur. En principe, ces vis ont une longueur spécialement adaptée au disque dur. N'en prenez pas d'autres : si vous employez des vis trop longues, vous risquez d'endommager le disque dur, voire de le détruire.

Après avoir déballé un disque interne neuf, vous devez disposer des pièces suivantes :

- le lecteur ;
- le câble audio du CD interne (facultatif) ;
- le logiciel (facultatif) ;
- les rails et vis de montage du lecteur.

Les lecteurs vendus comme lecteurs nus ou provenant d'équipementiers peuvent n'inclure que le lecteur et vous devrez apporter les câbles, les vis et le logiciel.

Installation d'un disque dur ATA parallèle (PATA)

Voici les étapes à suivre pour installer un disque dur :

1. Cherchez un connecteur ATA/IDE 40 broches inutilisé sur votre ordinateur. Les PC ont en général un ou deux de ces connecteurs, ce qui permet de connecter jusqu'à quatre lecteurs PATA.

   Vous aurez peut-être besoin d'une nappe supplémentaire si les connecteurs maître et esclave sont utilisés sur la nappe principale et que vous ajoutiez un troisième périphérique.

Astuces

Pour de meilleures performances, il est préférable d'installer les périphériques qui seront actifs ensemble, tels que les disques durs et les lecteurs optiques, sur des nappes distinctes.

2. Vérifiez attentivement le positionnement des broches et le type des nappes. La bande colorée de la nappe correspond à la broche 1 du connecteur du disque. La plupart des nappes et des connecteurs sont protégés contre les inversions, mais ce n'est pas systématique. Cette protection peut prendre la forme de broches manquantes ou blindées et/ou d'un détrompeur placé d'un côté du connecteur. Une petite astuce : la broche 1 du côté du connecteur du lecteur est presque toujours orientée au plus près du connecteur d'alimentation quatre broches.

Astuces

Les nouveaux lecteurs ATA qui fonctionnent dans les modes Ultra-DMA (66 Mo/s à 133 Mo/) doivent obligatoirement être reliés à des nappes à 80 fils, tandis que les lecteurs à 33 Mo/s et moins peuvent se contenter d'une nappe à

40 fils. Toutefois, puisque les nappes plus évoluées, à 80 fils, fonctionnent aussi pour les disques plus lents, nous en recommandons l'emploi systématique. De même, avec les nappes à 80 fils, vous pourrez régler tous les lecteurs sur CS (sélection de câble) au lieu d'employer les réglages maître/esclave indépendants.

3. Configurez les cavaliers du lecteur. Si le lecteur est de type PATA/IDE et que vous utilisiez un câble à 80 fils (compatible CS), vous devriez activer les cavaliers sur CS sur tous les lecteurs connectés à ce câble. Dans le cas contraire, configurez les lecteurs sur le câble séparément en tant que maître ou esclave. Remarquez bien que certains lecteurs anciens exigeaient la configuration d'un cavalier esclave présent si le lecteur était configuré en tant que maître avec un lecteur esclave sur le même câble.
4. Faites glisser le disque dans son emplacement disponible de 3 pouces 1/2 et fixez-le à l'aide des vis, rails ou pattes fournis avec le lecteur ou le châssis. Si vous ne disposez plus de baies de 9 cm libres pour votre disque dur, vous pouvez utiliser un kit adaptateur afin de l'insérer dans une baie de 13 cm (voir Figure 10.3). Dans certains cas, vous devrez attacher des rails de fixation au disque dur. Dans ce cas, utilisez exclusivement les vis fournies avec votre disque dur. Si vous employez des vis plus longues que l'orifice ou si elles butent contre le HDA (l'ensemble de tête de disque) scellé, vous risquez d'endommager le lecteur. Faites glisser le disque dur dans son logement.

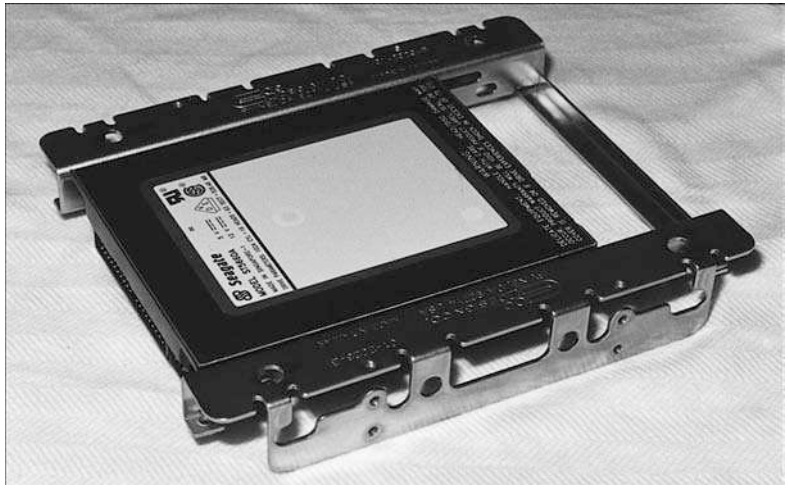
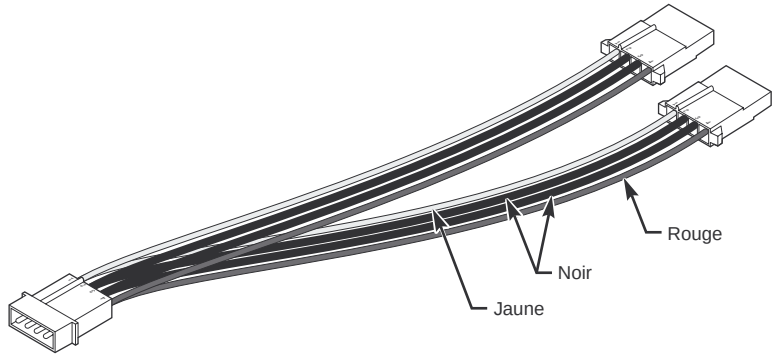


Figure 10.3
Un disque dur de 3 pouces 1/2 équipé d'adaptateurs permettant de l'installer dans une baie de 5 pouces 1/4. Les adaptateurs sont vissés sur le disque dur et l'ensemble est monté dans le boîtier à l'aide de vis ou de rails.

5. Enfichez la nappe entre le lecteur et l'adaptateur hôte (généralement la carte mère). Si vous utilisez une nappe à 80 fils, le connecteur bleu se fixe à l'adaptateur hôte, le noir au lecteur qui sera maître et le gris (généralement au milieu) au lecteur qui sera esclave.

6. Reliez l'alimentation au lecteur. Si nécessaire, vous pouvez utiliser un câble en Y (voir Figure 10.4) pour diviser un câble d'alimentation en deux (de nombreux ordinateurs ont moins de câbles d'alimentation que de baies de lecteur).

Figure 10.4
Le câble en Y et le connecteur.



Installation d'un disque dur ATA série (SATA)

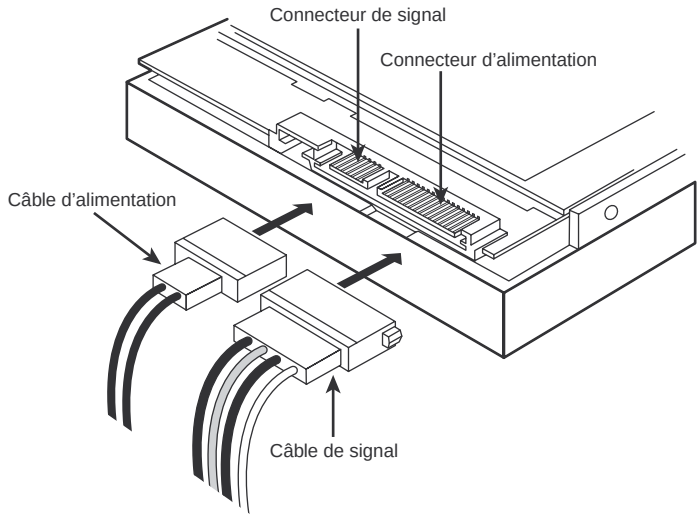
Cette procédure permet d'installer un disque dur SATA :

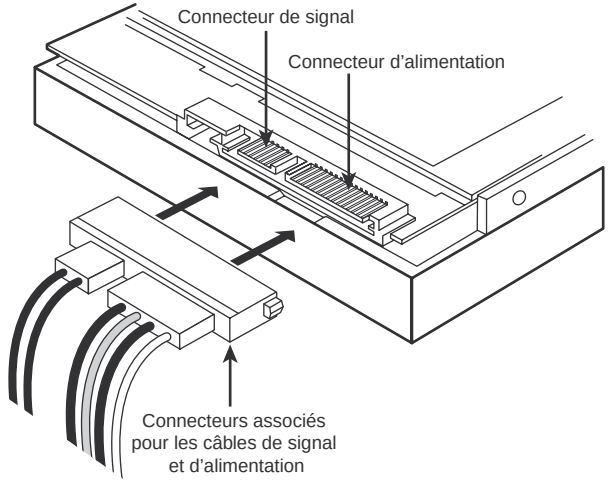
1. Recherchez un connecteur d'adaptateur hôte SATA inutilisé sur votre ordinateur (généralement sur la carte mère). La plupart des cartes mères disposent de deux à six connecteurs SATA. Pour les plus anciennes qui n'en sont pas équipées, vous devrez peut-être installer un adaptateur hôte SATA séparé. Dans ce cas, consultez la documentation de la carte.
2. Faites glisser le lecteur dans une baie disponible de 3 pouces 1/2 et fixez-le avec des vis, des rails ou des pattes fournis avec le lecteur ou le châssis.
3. Branchez un câble SATA entre le lecteur et l'adaptateur hôte SATA. Dans certains cas, les câbles de données SATA peuvent être associés au câble d'alimentation SATA. Si le câble de données SATA est distinct du câble d'alimentation SATA, l'une ou l'autre extrémité du câble peut servir pour le lecteur ou l'adaptateur hôte (voir Figure 10.5).
4. Fixez un connecteur d'alimentation au lecteur. Certains lecteurs SATA disposent de connecteurs d'alimentation périphériques traditionnels à quatre broches et de connecteurs d'alimentation SATA à 15 broches, auquel cas vous pouvez utiliser l'un ou l'autre, mais pas les deux simultanément. Si votre lecteur ne dispose que d'un connecteur d'alimentation SATA et que votre alimentation électrique ne dispose pas de connecteurs d'alimentation SATA, vous devrez peut-être acheter un adaptateur de câble d'alimentation périphérique/SATA si le lecteur n'en est pas équipé. Ce type d'adaptateur transforme un connecteur d'alimentation périphérique standard quatre broches en connecteur d'alimentation SATA 15 broches.

Attention

Si un lecteur possède des connecteurs d'alimentation conventionnels et de type SATA, vous ne devez pas brancher les deux connecteurs d'alimentation en même temps, faute de quoi vous risquez d'endommager le lecteur !

Figure 10.5
Les câbles de données et d'alimentation SATA peuvent être distincts (en haut) ou associés en un ensemble moulé (en bas).





Configurer le système

Une fois le disque dur installé physiquement dans le PC, vous aurez à fournir à votre PC les informations relatives au disque dur de manière à ce que le système puisse y accéder ou démarrer à partir de lui.

La façon de définir et de stocker ces informations dépend du type de disque dur et du système. Les procédures ATA habituelles s'appliquent en principe à tous les disques durs sauf aux modèles SCSI. Ces derniers suivent une procédure personnalisée qui varie en fonction du contrôleur. Si vous venez d'installer un disque dur SCSI, suivez les instructions accompagnant le contrôleur pour configurer le disque dur.

Détection automatique du disque dur

Pour les disques PATA et SATA, quasiment tous les nouveaux BIOS des PC modernes disposent de la détection automatique des paramètres. Le BIOS envoie une commande spéciale, Identify Drive (identifier le lecteur), à tous les périphériques connectés durant la séquence de démarrage. Les périphériques sont suffisamment "intelligents" pour répondre en livrant les paramètres corrects. Ensuite, le BIOS entre automatiquement les informations retournées par les périphériques. Cette procédure évite toute erreur ou confusion dans les paramètres.

1. Démarrez l'ordinateur et appuyez sur la touche permettant d'accéder au BIOS, afin de configurer le lecteur. Si le BIOS est équipé d'un paramètre de détection automatique ou de définition automatique du type, utilisez-le car il configurera automatiquement les paramètres optimaux. Avec des lecteurs SATA, il existe peut-être également des options pour configurer la prise en charge AHCI (*Advanced Host Controller Interface*) ou définir plusieurs lecteurs dans une configuration RAID (*Redundant Array of Independent Disks*). Une fois les paramètres réalisés, enregistrez les paramètres de configuration du BIOS et quittez le programme pour poursuivre.
2. Redémarrez le système. Si le lecteur que vous installez n'était pas le lecteur d'amorçage et que vous utilisiez Windows 9x ou plus, le système d'exploitation devrait automatiquement détecter le nouveau lecteur dès le chargement, puis installer les pilotes nécessaires. Sachez que le lecteur n'est pas visible pour le système d'exploitation sous forme de volume (autrement dit, avec une lettre) tant qu'il n'est pas partitionné et formaté. Si le lecteur est celui qui assure l'amorçage, vous pouvez poursuivre en démarrant à partir d'un disque d'installation de système d'exploitation afin de partitionner, formater et installer le système d'exploitation sur le lecteur d'amorçage. Si la carte mère accepte SATA en mode AHCI ou des caractéristiques telles que le RAID SATA, et que vous exécutiez Windows XP ou moins, vous aurez généralement besoin de fournir les pilotes de l'adaptateur hôte sur disquette, dès le début de l'installation, ou de les précharger sur votre disque d'installation Windows. Sachez que ces pilotes sont intégrés sur le DVD d'installation de Windows Vista.

Définir manuellement le type de disque dur

Si votre carte mère ne prend pas en charge la détection automatique, vous devez entrer manuellement les informations relatives au disque dur. Le BIOS offre une sélection de types de disques durs préconfigurés mais, en général, elle est largement dépassée et ne concerne que d'anciens modèles de disques durs. En principe, vous devrez opter pour un type de disque dur personnalisé et fournir les paramètres suivants :

- le nombre de cylindres ;

- le nombre de têtes ;
- le nombre de secteurs par piste.

Les valeurs à spécifier pour ces paramètres sont fournies par la documentation du disque dur. Elles peuvent même être indiquées sur le disque dur. Pensez à recopier ces paramètres s'ils sont portés sur le disque dur car, lorsque celui-ci sera installé, les indications ne seront plus visibles. Pensez à coller à l'intérieur du boîtier du PC un document répertoriant tous les paramètres importants de l'ordinateur.

Au cas où vous ne parviendriez pas à déterminer les paramètres de votre disque dur à l'aide de la documentation, il existe des utilitaires en téléchargement sur Internet qui servent à récupérer ces informations.

En fonction du constructeur et de la version de votre BIOS, d'autres paramètres peuvent être nécessaires, par exemple indiquer le mode de transfert à employer ou s'il y a lieu d'activer l'adressage logique des blocs.

✔ Voir la section "Limitations de capacité des lecteurs ATA", p. 428.

Effectuer le formatage

Si la configuration du lecteur est importante pour ses performances et sa fiabilité futures, le formatage ne l'est pas moins. Nous allons voir maintenant la procédure à mettre en œuvre pour partitionner et formater correctement un disque dur. Appliquez-la chaque fois que vous aurez à installer un disque ou après un gros problème sur le lecteur.

Cette phase se compose de trois étapes :

1. Le formatage de bas niveau.
2. Le partitionnement.
3. Le formatage de haut niveau.

L'option de formatage de bas niveau (LLF) n'est pas considérée comme un élément normal d'une nouvelle installation, elle permet toutefois de ressusciter un lecteur défaillant. Lors des procédures d'installation et de configuration normales de lecteurs, il vous suffira de partitionner le lecteur en volumes, puis de formater chaque volume à haut niveau. Vous verrez ces procédures dans les sections à venir.

Partitionner un disque dur

Partitionner un disque dur consiste à définir les zones du disque que le système d'exploitation doit utiliser en tant que volumes.

Lors de l'opération, le logiciel de partitionnement écrit un secteur de démarrage de partition primaire en cylindre 0, tête 0, secteur 1, c'est-à-dire le premier secteur du disque dur. Ce secteur contient les données décrivant les partitions à partir de la localisation de secteurs de départ et de fin. La table de partition indique aussi les partitions amorçables et où chercher le système d'exploitation.

Le programme FDISK est le standard universel en matière de partitionnement de disques durs : il est utilisé avec tous les systèmes d'exploitation jusqu'à Windows Me. Windows 2000, XP et Vista emploient un programme analogue, appelé DISKPART. Toutes les versions de Windows (depuis la version 95) sont également capables de partitionner et de formater un disque dur par l'intermédiaire de leur programme d'installation, SETUP. Bien que le nom et les fonctions de base de cet outil de partitionnement soient parfois les mêmes d'un système d'exploitation à l'autre, utilisez celui qui a été inclus dans le vôtre. Le partitionnement prépare le secteur d'amorçage du disque, de manière à ce que le programme FORMAT ou l'utilitaire de formatage de Windows puisse travailler correctement. Le partitionnement rend aussi possible la coexistence de plusieurs systèmes d'exploitation sur un même disque dur. Quel que soit le système d'exploitation utilisé, il doit être livré avec un programme FDISK, DISKPART ou SETUP utilisable pour partitionner le disque.

Infos

Étant donné que FDISK, DISKPART, Disk Management et SETUP utilisent les informations que le BIOS stocke à propos du disque dur pour déterminer la taille et l'architecture des disques, il est indispensable que les paramètres du BIOS soient corrects pour que ces programmes s'exécutent avec succès. Si un disque dur de 10 Go est défini dans le BIOS comme faisant 100 Mo, ces programmes ne prépareront qu'un disque de 100 Mo. Pour éviter la confusion et une définition incorrecte, mieux vaut définir les types de lecteurs du Setup du BIOS sur Auto ou Autodect. L'architecture sera ainsi lue directement à partir des disques et devrait toujours être correcte.

Les deux types de partitions pour les systèmes DOS ou Windows sont la partition principale et la partition étendue. La partition principale est amorçable, la partition étendue ne l'est pas. Si votre système ne comprend qu'un disque, une partie au moins de ce disque doit être configurée en partition principale si vous voulez faire démarrer votre ordinateur sur le disque dur (ce qui est le cas de tous les utilisateurs). La partition principale équivaut à un seul volume ou lettre de lecteur (C: sur les systèmes à un disque), alors que la partition étendue est une sorte de conteneur logique pour des volumes supplémentaires ou d'autres lettres de lecteur (D: et au-delà). Une partition étendue unique peut contenir un seul volume (également identifié par FDISK comme un *lecteur logique DOS*) ou plusieurs volumes (lecteurs DOS logiques) de tailles différentes.

Ne vous focalisez pas sur le fait que FDISK appelle les partitions "partitions DOS" ou "lecteurs DOS". Les partitions restent des partitions, que vous travailliez sous Windows 95, 98, Me, NT, 2000, XP, Vista, Linux, etc.

En fonction de la version de Windows que vous utilisez (et de la version du DOS correspondante), il peut être nécessaire de subdiviser un disque *via* FDISK. La version d'origine de Windows 95 et toutes les versions de MS-DOS emploient un système de fichiers, appelé FAT16, qui ne permet pas d'avoir plus de 65 536 fichiers par lecteur et avec lequel chaque lettre de lecteur ou taille de volume ne peut correspondre à un espace supérieur à 2,1 Go. Ainsi, un lecteur de 10 Go sous DOS ou sous

la version d'origine de Windows 95 (ou 95A) devra correspondre à cinq lettres de lecteur au minimum (voir Figure 10.6).

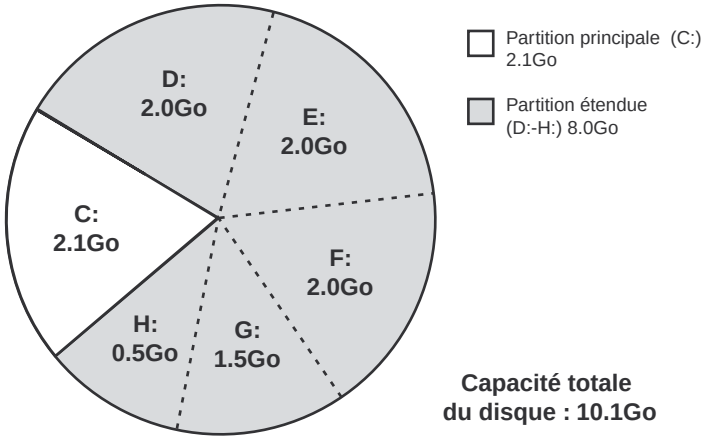


Figure 10.6
L'installation d'un disque dur de plus de 2,1 Go sous DOS ou sous la version d'origine de Windows 95A oblige l'utilisateur à créer plusieurs lettres de lecteur pour pouvoir employer toute la capacité du disque. Les lecteurs logiques DOS sont référencés comme n'importe quel autre lecteur, bien qu'ils constituent des sous-parties d'un même lecteur logique.

Une meilleure sécurité des données est une raison supplémentaire pour subdiviser un lecteur unique en plusieurs volumes. À titre d'exemple, un schéma de partitionnement commun en deux volumes serait le suivant :

- C: pour le système d'exploitation et les applications ;
- D: pour les données.

Dans cet exemple, les partitions principale et étendue sont assignées de la façon suivante :

- C: partition principale ;
- D: dans la partition étendue comme lecteurs logiques (volumes).

FDISK est artificiellement limité pour ne créer qu'une seule partition principale par lecteur. D'autres programmes de partitionnement peuvent créer plusieurs partitions principales, avec une limite de quatre par lecteur. Généralement, nous préférons nous limiter aux partitions principales, à moins qu'il ne faille plus de quatre volumes sur un seul lecteur.

Avec deux partitions, la gestion des sauvegardes est simplifiée car, généralement, vous voulez simplement sauvegarder vos données, et non le système d'exploitation ou les applications.

Support des disques durs de grande capacité

Si vous utilisez les versions de FDISK de Windows 95B ou plus (Win95 OSR 2.x), 98, Me ou 2000 avec un disque dur d'une capacité supérieure à 512 Mo, l'utilitaire permet d'activer le support des disques durs de grande capacité. Voici les quelques avantages que comporte cette caractéristique :

- Vous pouvez utiliser un seul disque dur de grande capacité (au-delà de 2,1 Go) comme lettre de lecteur unique. En fait, vous pouvez aller jusqu'à 2 To et être toujours identifié sous une seule lettre de lecteur. En effet, le système de fichiers FAT32 autorise un nombre de fichiers par lecteur plus important que son prédécesseur, FAT16.
- Les méthodes de stockage du système FAT32 sont plus efficaces et, dans l'ensemble, vos fichiers utilisent moins d'espace disque.

Cependant, n'oubliez pas que toutes les opérations sur les disques durs doivent être effectuées au moyen d'un système d'exploitation supportant FAT32 (Windows 95B ou plus, 98, Me ou 2000). Si vous possédez d'anciens jeux MS-DOS ou des logiciels amorçables, vous ne pourrez pas accéder à un volume FAT32 à moins de remplacer la version DOS du disque par le DOS inclus dans Windows 95B ou 98. Normalement, vous y parviendrez en employant la commande `SYS A:` à partir du dossier \Windows\Command. Une autre solution consiste à passer par le menu de démarrage de Windows 95B ou 98 (appuyez sur F8 pendant le chargement du système d'exploitation) et à sélectionner l'invite de commande pour obtenir un DOS activé pour FAT32. Enfin, vous pouvez également choisir Démarrer, Arrêter, Redémarrer en mode MS-DOS si vous êtes dans le bureau Windows.

Un lecteur pour lequel vous avez activé l'option FAT32 (support des disques durs de grande capacité) peut malgré tout être partitionné en partitions principale et secondaire avec FDISK, comme avec FAT16 et pour les raisons de protection des données déjà évoquées.

Il existe également un système de fichiers nommé NTFS, supporté uniquement par Windows NT, 2000, XP et Vista. Ce système de fichiers à hautes performances inclut des fonctionnalités supplémentaires de sécurité et de réseaux. Il faut également savoir que Windows 9x ne peut pas lire les partitions NTFS et que Windows NT ne peut pas lire les partitions FAT32. Par contre, Windows 2000, XP et Vista savent gérer ces deux types de partitions.

Attribution de lettres de lecteur avec FDISK

Il y a de nombreuses façons d'utiliser FDISK, en fonction du nombre de disques durs de votre système et du nombre de lettres de lecteur que vous souhaitez créer.

Avec un seul lecteur, la création d'une partition principale (C:) et d'une partition étendue avec deux lecteurs logiques DOS donnera le schéma d'affectation de lettres de lecteur suivant :

Type de partition	Lettre de lecteur
Principale	C:
Volumes étendus	D: et E:

La plupart des gens penseront que, si on ajoute un second lecteur physique à ce système, il se verra attribuer la lettre qui suit E:.

Vous devez comprendre la façon dont les lettres de lecteur sont allouées pour utiliser FDISK correctement. Le Tableau 10.1 montre comment FDISK attribue les lettres de lecteur par disque et par type de partition.

Tableau 10.1 : Affectation des lettres de lecteur par lecteur et par type de partition

Lecteur	Partition	Ordre de partitionnement	Lettre de lecteur
1er	Principale	1er	C:
1er	Étendue	3e	E:
2e	Principale	2e	D:
2e	Étendue	4e	F:

Comment ce schéma affecte-t-il l'ajout d'un second disque ? Si vous préparez le second disque dur avec une partition principale et que le premier disque dur possède une partition étendue, la partition principale du second disque prendra la lettre D:. Cela décale d'une lettre toutes les lettres de lecteur de la partition étendue du premier disque.

Dans l'exemple précédent, on avait un disque avec C: (partition principale), D: et E: (volumes de la partition étendue) comme lettres de lecteur (D: et E: étant dans la partition étendue). Le Tableau 10.2 indique ce qui se passe si un second lecteur est ajouté, avec une partition principale et une partition étendue composée de deux volumes (même configuration que le premier disque).

Tableau 10.2 : Changement d'affectation des lettres de lecteur causé par l'ajout d'un second disque avec une partition principale

Lecteur	Type de partition	Ordre	Lettre de lecteur originale (premier lecteur uniquement)	Lettre de lecteur après l'ajout du second lecteur
1er	Principale	1er	C:	C:
1er	Étendue	3e	D:, E:	E:, F:
2e	Principale	2e		D:
2e	Étendue	4e		G:, H:

Après avoir installé le second disque, les lettres de lecteur d'origine, D: et E:, se transforment en E: et F:. La partition principale du nouveau lecteur devient D: et les volumes de la partition étendue du second lecteur sont G: et H:. Vous commencez à vous y perdre ? Alors soyez vigilant, sinon vous risquez de copier ou d'effacer des données sur le mauvais disque !

Pour agir sur cette situation, vous pouvez partitionner des lecteurs supplémentaires, des partitions étendues uniquement. En d'autres termes, ne créez pas de partitions principales sur ces lecteurs. Ainsi, les partitions du nouveau lecteur ne seront vues que comme des lettres supplémentaires, et les lettres utilisées par les partitions du premier lecteur resteront inchangées.

Si vous ajoutez un lecteur à votre système, vous comprenez maintenant pourquoi le fait de préparer ce disque avec une partition principale est une mauvaise idée. Si vous installez un disque dur supplémentaire, souvenez-vous qu'il est impossible de le rendre amorçable. Dans ce cas, pourquoi y créer une partition principale ? FDISK permet de créer une partition étendue en utilisant 100 % de l'espace de n'importe quel disque. Le Tableau 10.3 montre le même exemple que celui utilisé dans le tableau précédent, mais avec un second disque ne contenant qu'une partition étendue.

Tableau 10.3 : Allocation des lettres de lecteur après ajout d'un second lecteur ne contenant qu'une partition étendue

Lecteur	Type de partition	Ordre	Lettre de lecteur originale (premier lecteur uniquement)	Lettre de lecteur après l'ajout du second lecteur
1er	Principale	1er	C:	C:
1er	Étendue	3e	D:, E:	D:, E:
2e	Principale	2e	–	–
2e	Étendue	4e		F:

Lorsqu'un lecteur ne contenant que des volumes de partition étendue est ajouté, les lettres de lecteur originales ne changent pas. Il est alors plus simple de comprendre la structure des disques, ce qui permet d'éviter des erreurs de manipulation. Ce comportement du système d'exploitation explique également pourquoi certains des premiers ordinateurs équipés de lecteurs Zip Iomega ATA (ATAPI) attribuaient la lettre D: à ces lecteurs, avec un disque dur unique identifié sous C: et E:. Le lecteur Zip était traité comme le deuxième disque dur avec une partition principale. Par la suite, Iomega a modifié le format du lecteur Zip et son pilote de façon que le disque Zip soit reconnu comme une partition étendue à la fin de la chaîne de lettres de lecteurs.

Exécution de FDISK

Lorsque vous exécutez une version récente de FDISK, la première question qui vous est posée est la suivante :

```
Voulez-vous activer la gestion des disques de grande capacité (O/N).? [O]
```

Si vous répondez Oui à cette question, FDISK crée des volumes FAT32 pour tous les volumes créés dont la capacité est supérieure à 512 Mo. En répondant Non, vous obligez FDISK à ne créer que des volumes FAT16, qui sont limités à une capacité maximum de 2 Go et qui occupent plus d'espace disque du fait de la taille plus importante des unités d'allocation.

Donc, sur tout système récent, vous répondez Oui, ce qui active FAT32. Voici le menu qui s'affiche après la validation de votre réponse :

```
Disque dur en cours : 1

    Choisissez une option :

    1. Créer une partition DOS ou un lecteur logique DOS
    2. Activer une partition
    3. Supprimer une partition ou un lecteur logique DOS
    4. Afficher les informations de partition
    5. Modifier le lecteur en cours

    Entrez votre choix : [1]
```

L'option 5 n'apparaît que si FDISK a détecté plusieurs lecteurs sur votre système (si plusieurs lecteurs ont été déclarés dans le Setup du BIOS). Dans ce cas, FDISK se positionne par défaut sur le premier lecteur. L'option 5 vous permet ensuite de forcer FDISK à travailler avec l'un des autres disques durs de l'ordinateur.

Pour créer des partitions, sélectionnez l'option 1. Si le lecteur est déjà partitionné, vous pouvez employer l'option 4 pour afficher les informations de partitionnement du lecteur actif.

Lorsque vous sélectionnez l'option 1, le menu qui apparaît vous permet de créer des partitions principales ou étendues sur un disque. Voici comment :

```
    Disque dur en cours : 1

    Choisissez une option :

    1. Créer une partition DOS principale
    2. Créer une partition DOS étendue
    3. Créer un ou des lecteurs dans la partition DOS étendue

    Entrez votre choix : [1]
```

La règle est que vous devez tout d'abord créer une partition principale sur le lecteur d'amorçage. Par contre, sur un lecteur secondaire ou non amorçable, vous ne pouvez créer qu'une partition étendue. Ainsi, si vous partitionnez le premier lecteur d'un système et que celui-ci soit amorçable, vous choisirez l'option 1.

Le système vous demande si vous souhaitez utiliser la taille maximum possible pour la partition DOS principale. Si vous répondez Oui et que vous soyez en FAT32, la partition principale utilise la totalité du lecteur. À l'inverse, si vous répondez Oui et que vous n'ayez pas activé le support des disques durs de grande capacité (ce qui signifie que vous êtes en FAT16), la partition utilise la totalité du lecteur ou 2 Go, en choisissant la capacité la plus faible.

Si vous décidez de créer une partition principale n'occupant pas toute la capacité du disque, revenez en arrière dans les menus et créez une partition étendue utilisant le reste du lecteur. Ensuite, mettez en place les subdivisions en lecteurs logiques. Il est recommandé de faire en sorte que la partition principale occupe toute la capacité du lecteur, ce qui le place entièrement sous une seule et même lettre. Mais il vous arrivera d'avoir plusieurs bonnes raisons de subdiviser le lecteur en plusieurs partitions : accueillir plusieurs systèmes d'exploitation, différents systèmes de fichiers, des applications, etc.

Une fois que vous avez créé vos partitions, la dernière opération consiste à en rendre une active (amorçable) ; pour ce faire, sélectionnez l'option 2 du menu principal de FDISK. Normalement, la partition principale est la seule à pouvoir être active. Lorsque c'est chose faite, vous en avez terminé avec FDISK et vous pouvez quitter le logiciel.

Lorsque vous quittez FDISK après avoir effectué des changements de partitionnement, vous devez redémarrer le système afin qu'il reconnaisse ces changements. Après le redémarrage, procédez à un formatage de haut niveau de chacun des volumes. Pour ce faire, servez-vous de la commande FORMAT ; par la suite, le système d'exploitation sera habilité à stocker des fichiers sur ces volumes.

Le volume C: doit normalement être formaté avec les fichiers système, bien que, lorsque vous installez Windows *via* la commande Windows Setup, le système d'exploitation soit capable de détecter la présence des fichiers système et qu'il vous propose de les installer.

Partitionner un disque dur avec d'autres utilitaires

Il existe d'autres utilitaires de partitionnement. Ils permettent d'effectuer les manipulations suivantes sur un disque dur, sans risque de perte de données :

- Créer, redimensionner, subdiviser, déplacer et fusionner des partitions sur-le-champ sans perte de données.
- Convertir des systèmes de fichiers sans perte de données (de FAT en FAT32 et NTFS ; de FAT32 en FAT ; de NTFS en FAT et FAT32 ; de lecteur principal en lecteur logique et *vice versa* ; et enfin, de FAT32 en NTFS). Ils supportent souvent les systèmes de fichiers Linux ext2/ext3 et SWAP.
- Déplacer des logiciels d'une partition à l'autre et mettre à jour automatiquement les références des lettres de lecteurs après le partitionnement.
- Restaurer des partitions FAT, FAT32, Linux ext2 et NTFS qui ont été supprimées. Il est possible de restaurer des partitions supprimées du disque tant que l'espace correspondant n'a pas été réattribué ou écrasé.
- Copier ou déplacer une partition vers une autre partition ou un lecteur.

Plusieurs programmes tiers sont proposés, notamment des utilitaires populaires comme PartitionMagic de Symantec et Partition Commander de V-Communications. En outre, il existe de nombreux programmes de partitionnement gratuits ou open source, dont plusieurs sont tout à fait au niveau des produits payants. Voici deux excellentes sources d'applications de partitionnement gratuites :

- Ultimate Boot CD (**www.ultimatebootcd.com**) ;
- Ultimate Boot CD for Windows (**www.ubcd4win.com**).

Ces deux projets proposent des collections étonnantes de programmes de partitionnement open source, auxquels vous pouvez vous connecter et que vous pouvez télécharger individuellement ou sur un CD amorçable.

Astuces

Il reste recommandé d'utiliser FDISK, DISKPART ou SETUP pour créer les partitions initiales et configurer chaque disque. En revanche, ces autres utilitaires de partitionnement peuvent être très pratiques pour reconfigurer un système qui a déjà été partitionné ou pour réaliser des opérations plus complexes, impossibles avec les programmes standard.

Bien que le programme recommande une sauvegarde complète avant de commencer, nous avons utilisé ces utilitaires à plusieurs reprises pour convertir un lecteur unique de grande capacité en plusieurs lecteurs en moins de dix minutes. La réalisation de la même tâche avec un logiciel de sauvegarde et FDISK/FORMAT peut prendre plusieurs heures.

Effectuer le formatage de haut niveau

L'étape finale de l'installation du disque dur est le formatage de haut niveau. Comme le partitionnement, le formatage de haut niveau est spécifique au système de fichiers choisi pour le disque. Sur les PC fonctionnant sous DOS ou Windows 9x, la fonction primaire de ce formatage est la création de la FAT et du système de répertoires sur le disque pour permettre au système d'exploitation de gérer les fichiers. Chaque lettre de lecteur créée avec FDISK doit être formatée pour accueillir des données.

Ce formatage s'effectue généralement avec le programme FORMAT.COM ou avec l'utilitaire de formatage de l'Explorateur de Windows. Voici la syntaxe de la commande `FORMAT` :

```
FORMAT C: /S /V
```

Cette commande formate le lecteur C:, écrit les fichiers cachés du système d'exploitation dans la première partie de la partition, puis attend la saisie d'un nom de volume, qui sera enregistré sur le disque à la fin de l'opération.

Le programme de formatage de haut niveau effectue les fonctions et les procédures suivantes :

1. Il cherche sur le disque (lecture seule) les pistes et les secteurs marqués comme étant défectueux par le formatage de bas niveau, et il note ces pistes comme étant illisibles.
2. Il ramène ensuite les têtes du lecteur sur le premier cylindre de la partition, puis écrit sur ce cylindre (tête 1, secteur 1) un secteur de démarrage de volume DOS.
3. Il écrit une FAT (*File allocation table*, table d'allocation des fichiers) en tête 1, secteur 2. Immédiatement derrière cette table, il écrit une copie de la FAT. Ces deux tables sont en grande partie vides, à part les marques d'unités d'allocation défectueuses correspondant aux zones déclarées illisibles à l'étape 1.

4. Il écrit un répertoire racine vierge.
5. Si le paramètre `/S` est spécifié, le programme copie sur le disque les fichiers système IO.SYS et MSDOS.SYS (ou IBMBIO.COM et IBMDOS.COM, selon la version de DOS utilisée) ainsi que COMMAND.COM.
6. Si le paramètre `/V` est spécifié, le programme demande à l'utilisateur la saisie d'un nom de volume, qui sera écrit en qualité de quatrième entrée de fichier dans le répertoire racine.

Cela fait, le système d'exploitation peut utiliser le disque pour le stockage et la recherche de fichiers ; le disque peut servir de disque de démarrage.

Durant la première phase du formatage de haut niveau, le programme vérifie les zones marquées comme étant défectueuses. Les défauts constatés lors du formatage de bas niveau sont transformés en pistes ou secteurs illisibles. Lorsque le programme de formatage de haut niveau rencontre l'une de ces zones, il essaie à cinq reprises de les lire.

En cas d'échec des cinq tentatives de lecture, le programme DOS FORMAT abandonne la piste ou le secteur et passe à la zone suivante. Les zones qui restent illisibles après la lecture initiale et les cinq tentatives sont notées dans la FAT comme étant des unités d'allocation défectueuses.

Infos

Comme le formatage de haut niveau n'écrase pas les zones de données au-delà du répertoire racine du disque, il est possible d'utiliser un programme comme Norton Utilities pour "déformater" un disque qui contient des données, à condition qu'aucune des données ou aucun des programmes n'ait été copié sur le disque après le formatage de haut niveau. On peut déformater un disque quand les données datant de la précédente utilisation sont toujours présentes.

Si vous créez une partition étendue, le lecteur logique DOS doit juste être formaté au moyen de la commande `FORMAT`, car il n'est pas nécessaire d'ajouter les fichiers système. Utilisez, par exemple, la commande `FORMAT D:/V` pour le lecteur D:, `FORMAT E:/V` pour le lecteur E:, etc.

Limites de FDISK et de FORMAT

Le gros problème posé par FDISK est qu'il s'agit d'une fonction destructive. Si vous changez d'avis sur la structure de votre disque, vous devez sauvegarder votre système et recommencer. Il faut donc utiliser FDISK avec précaution, d'autant plus que cette fonction possède d'autres contraintes, qu'il faut garder à l'esprit :

- FDISK ne propose pas d'aide pour les problèmes de changement de lettres de lecteur.
- FDISK requiert l'utilisation de FORMAT avant que le disque ne soit opérationnel.
- FORMAT doit vérifier l'intégralité du disque avant de le rendre utilisable. Son système de gestion des erreurs est rudimentaire et peut gâcher beaucoup d'espace disque sur de vieux disques contenant des erreurs.
- FDISK et FORMAT sont conçus pour les environnements à un seul système d'exploitation et ne proposent pas d'options pour créer un disque à démarrage multiple (par exemple, Windows 9x et Windows NT, ou Windows 9x et Linux).

- FDISK et FORMAT ne proposent aucun système pour déplacer des données vers une autre lettre de lecteur et la commande XCOPY n'est pas pratique à utiliser.
- FDISK et FORMAT peuvent créer des conflits avec les lecteurs de CD-ROM installés, qui utilisent souvent la première lettre de lecteur disponible après celle du disque dur existant.

Pour ces raisons, de nombreux constructeurs distribuent un logiciel d'installation automatique avec leurs disques. Ils rendent les tâches de migration de disques fiables, rapides et simples.

Les fonctions classiques de ces programmes comprennent :

- **Le remplacement de FDISK et de FORMAT.** Un programme unique exécute ces deux fonctions plus rapidement que FDISK et FORMAT séparément.
- **Une base de données** contenant les divers positionnements de cavaliers de disques pour les différentes marques et les différents modèles de disques.
- **Une fonction de copie ou de migration de lecteur.** Elle permet de copier le contenu d'un lecteur ou d'un volume sur le nouveau lecteur en conservant les noms de fichier longs, les attributs de fichiers, etc. C'est généralement la fonction la plus utile de ces programmes.
- **Un utilitaire de réallocation de la lettre de lecteur pour le CD-ROM.** Il permet de déplacer le lecteur de CD-ROM vers une nouvelle lettre de lecteur (pour libérer une lettre pour le disque dur) et de réinitialiser le Registre Windows et les références des fichiers INI. La réinstallation du lecteur de CD-ROM est ainsi évitée.
- **Le processus d'installation du nouveau disque** guidé par un menu ou un assistant.
- **Gestion des limites du BIOS pour l'installation de disques durs de grande capacité (non recommandé)**.

Des exemples de ce type de programme sont DiskManager (OnTrack), EZ-Drive (StorageSoft), DiscWizard (Seagate), MaxBlast (Maxtor, appartenant maintenant à Seagate) et Data Lifeguard (Western Digital). Il vaut mieux le plus souvent utiliser ces programmes pour leurs fonctions de migration et de copie de lecteurs. Pour l'installation, le partitionnement et le formatage généraux des lecteurs, utilisez plutôt les outils standard du système d'exploitation.

Remplacement d'un disque dur

La section précédente traitait de l'installation d'un premier disque dur ou de l'ajout d'un second disque. Le formatage et le partitionnement d'un lecteur peuvent se révéler assez complexes, mais le remplacement d'un disque existant et la migration des données qu'il contient peuvent l'être plus encore.

Faire migrer un disque sous Windows 9x/Me

Les systèmes d'exploitation Windows 9x/Me utilisent un grand nombre de fichiers et de dossiers cachés (comme \Windows\Inf, où les pilotes matériels de Windows 9x sont stockés). L'utilisation massive de ces fichiers a entraîné la création d'une version améliorée de XCOPY (le programme de migration de disque de MS-DOS) dans Windows 9x/Me, nommée XCOPY32.

Infos

XCOPY32 est automatiquement utilisé à la place de XCOPY lorsque XCOPY est démarré dans une session DOS sous Windows.

XCOPY32 a la faculté de copier les fichiers cachés, de préserver les attributs de fichiers (Caché, Lecture seule ou Archive, par exemple) et de créer automatiquement de nouveaux dossiers, et cet utilitaire est compatible avec les noms de fichiers longs. Il est donc possible de l'utiliser pour dupliquer un disque, mais il faut prendre quelques précautions :

1. Créez une partition sous le nouveau disque dur à l'aide de FDISK.
2. Formatez le nouveau disque à l'aide de la commande `format D: /s`.
3. Une fois le formatage terminé, vous pouvez lancer la commande `XCOPY`.

   Il peut se produire des erreurs durant le processus de copie, car Windows emploie des fichiers temporaires en utilisation normale, mais on peut forcer XCOPY32 à poursuivre malgré tout.

La ligne de commande ci-après appelle XCOPY32 et transfère tous les fichiers et dossiers avec leurs attributs du disque d'origine, C:, vers le nouveau disque, D:. Cependant, elle doit être exécutée depuis une fenêtre d'invite de commande MS-DOS (et non pas en mode MS-DOS) sous Windows 9x/Me, de la façon suivante :

```
Xcopy32 C:\. D:\ /e/c/h/r/k
```

Les arguments de la commande sont :

- `/E`. Copie les dossiers même s'ils sont vides ; copie également tous les dossiers situés sous le premier.
- `/C`. Continue la copie après l'apparition d'erreurs (le fichier d'échange Windows ne peut être copié, car il est en cours d'utilisation).
- `/H`. Copie les fichiers cachés et les fichiers systèmes.
- `/R`. Écrit par-dessus les fichiers en lecture seule.
- `/K`. Préserve les attributs des fichiers.

Répétez cette commande avec les lettres de lecteur appropriées si vous avez d'autres disques à copier.

Une fois le disque d'origine retiré, le nouveau disque doit être configuré comme maître et le système d'exploitation lui attribuera la lettre C:. Vous devrez exécuter FDISK depuis une disquette pour activer la partition principale sur le lecteur C:. Quittez ensuite FDISK et redémarrez.

Notez que vous risquez de rencontrer des problèmes avec cette méthode. Il existe une technique plus simple pour cloner les lecteurs : utiliser un logiciel commercial comme PartitionMagic, DriveCopy ou DriveImage ou encore Norton Ghost, de Symantec.

Faire migrer un disque sous Windows 2000/XP/Vista

Windows 2000 et plus rendent encore plus complexe la copie ou la migration du lecteur système (amorce), car de nombreux fichiers sont ouverts pendant le fonctionnement du système d'exploitation et ceux-ci ne sont généralement pas copiés par les programmes de copie les plus simples. Pour copier le contenu d'un volume amorçable d'un lecteur à l'autre, vous avez plusieurs outils ou procédures à votre disposition.

Notre technique consiste à utiliser le programme de sauvegarde de Windows pour effectuer une copie complète d'un volume, puis restaurer le volume sur l'autre disque. Ceci fonctionnera sous XP et Vista Édition Professionnel, Intégrale et Entreprise mais n'a malheureusement pas été désactivé dans Vista Édition Familiale Basique et Familiale Premium.

Vous pouvez également utiliser n'importe quel programme d'imagerie de disque pour créer une image complète d'un disque ou d'un volume, puis restaurer cette image sur un autre disque ou volume. Les outils du commerce disponibles comprennent Symantec Ghost, Acronis True Image ou Migrate Easy et WinImage. Les outils gratuits sont :

- EaseUS Disk Copy (**www.easeus.com/disk-copy**) ;
- Runtime Software DriveImage XML (**www.runtime.org/dixml.htm**) ;
- Gnome Partition Editor LiveCD (**http://gparted.sourceforge.net**).

Vous disposez peut-être aussi d'outils gratuits sur votre disque, comme Maxtor/Seagate MaxBlast, DiskManager, etc. Ils sont capables de rechercher les types de disques ou fabricants spécifiques, ils risquent donc de ne pas fonctionner sur tous les systèmes.

Grâce à ces outils, vous pouvez soit copier directement un lecteur, une partition ou un volume sur un autre, soit enregistrer une image, que vous pourrez ensuite restaurer.

Problèmes de disque dur et réparation

Si le disque dur connaît un problème dans le module d'assemblage des têtes, toute réparation est normalement inutile. Toutefois, si l'objectif est la récupération de données, au lieu de simplement réparer le disque, il est possible que la valeur des données dépasse de loin le prix d'un disque neuf et justifie la dépense. Si le problème vient de la carte logique, remplacez-la, ce qui revient moins cher que de changer l'ensemble du lecteur.

La plupart des problèmes des disques durs ne sont pas matériels, mais logiciels. Un problème logiciel peut être résolu par une réinitialisation du lecteur, qui remplace les secteurs défectueux par des secteurs de rechange réaffectés. Les problèmes matériels se reconnaissent en principe au fait que le

disque semble fonctionner normalement mais produit fréquemment des erreurs en lecture et en écriture.

Les problèmes matériels sont souvent d'ordre mécanique : le bruit du disque laisse à penser qu'une pièce cassée se promène dans le lecteur. Un bruit bizarre du lecteur, sans erreur en lecture et en écriture, est le symptôme habituel d'un problème matériel. Dans ce cas, une réinitialisation du lecteur ne résoudra rien ; commencez par remplacer la carte logique. Si le problème est réglé de cette façon, vous pourrez récupérer les données du disque.

Si ce remplacement ne donne pas de résultat convaincant, contactez le constructeur ou un service technique compétent et équipé pour la réparation des disques durs. Cependant, du fait du coût très élevé des réparations, il sera sans doute plus rentable de changer de disque.

Tester un disque

Lorsque vous accédez à un disque, il est facile de vérifier s'il a été partitionné et formaté correctement. Un test simple vous permettra de connaître son état. Ce test sera plus efficace si vous disposez d'une disquette de démarrage et si le disque dur à tester est le seul à être rattaché au système.

Commencez par connecter le lecteur à votre système. Il n'est pas utile de le mettre en place dans sa baie à moins que vous n'envisagiez de l'utiliser immédiatement (si vous devez le retirer par la suite, ce n'est pas la peine de passer dix minutes à le fixer). Si vous effectuez votre test sans fixer le disque à la machine, il est recommandé de le placer sur une surface non conductrice afin de l'isoler d'éventuels chocs électriques. Après avoir détecté le lecteur dans le BIOS et enregistré les paramètres, redémarrez votre ordinateur à partir de la disquette.

À partir de la ligne de commande A:, entrez la commande suivante :

```
DIR C:
```

Le lecteur produira une des réponses suivantes :

- **Spécification de lecteur non valide.** Cela indique que le lecteur n'a pas une partition valide, ou que le secteur de démarrage principal ou les tables de partitions ont été endommagés. Quelle que soit la source du problème, le lecteur doit être partitionné et reformaté. Vous obtiendrez également ce message sur un lecteur partitionné en FAT32 ou en NTFS si vous utilisez une disquette de démarrage Windows 95 (version d'origine) ou MS-DOS pour effectuer le test. Utilisez une disquette Windows 95B, 98 pour éviter ce message erroné sur des partitions FAT32. Pour détecter des partitions NTFS, utilisez une disquette de démarrage Windows NT, 2000, XP ou Vista.
- **Type de support non valide.** Le lecteur a été partitionné mais pas formaté, ou le format est corrompu. Utilisez FDISK ou Disk Management pour examiner la partition du disque, supprimez-la et recréez-en une ou reformatez-la.
- **Répertoire de C:.** Le contenu de C: s'affiche. Le volume et la structure du système de fichiers sont valables.

Si votre disque présente des problèmes et que vous n'ayez pas besoin de récupérer ses données, vous pouvez essayer de le réinitialiser à l'aide du logiciel de formatage ou d'initialisation du fabricant. Ces utilitaires rechercheront les secteurs défectueux et les remplaceront par de bons secteurs ou les marqueront de sorte qu'aucune donnée n'y soit jamais plus écrite (toutes les données seront détruites pendant la procédure). Une initialisation totale s'effectue généralement en dernier recours avant de décider qu'un lecteur est défectueux ou inutilisable.

Formatage de bas niveau (initialisation)

Les fabricants appliquent un formatage de bas niveau à tous les disques durs neufs. Il est donc inutile d'en réaliser un avant l'installation. En situation normale, il ne faut jamais procéder à un formatage de bas niveau sur des disques ATA car, techniquement, cela ne peut véritablement être réalisé qu'en usine.

Le formatage de bas niveau, associé aux disques ATA, est à l'origine de nombreuses légendes. On entend souvent, par exemple, qu'il est impossible de procéder à un formatage de bas niveau sur un disque ATA et que, le cas échéant, cela détruit le disque. C'est à moitié vrai. En fait, ce que nous appelons formatage de bas niveau est, sur le plan technique, une initialisation ou un test de surface des disques ATA. Et cela ne cause aucun dommage ! Ce mythe de la destruction vient d'un fait réel, à savoir que si vous formatiez à bas niveau les premiers disques ATA (fin des années 1980), vous risquiez de perdre les facteurs optimaux de décalage de tête et de cylindre établis par le fabricant, ainsi que la cartographie des défauts du lecteur. Cela pouvait avoir un effet négatif sur les performances du disque. Ce problème a disparu il y a bien longtemps ; tous les disques qui utilisent en interne un enregistrement par zone (lorsqu'il existe un nombre variable de secteurs par plage en interne) sont immunisés contre les problèmes de formatage de bas niveau car les marques des secteurs réels ne peuvent pas être écrasées.

Toutefois, vous devrez parfois procéder à un formatage de bas niveau sur un lecteur ATA ou SCSI. Voici les logiciels qui peuvent être employés à cet effet.

Logiciel de formatage de bas niveau ATA

Les constructeurs de disques ATA ont ajouté des extensions au standard de l'interface AT WD1002/1003, devenue ensuite le standard pour les disques durs ATA, en l'occurrence l'interface ATA (*AT Attachment*, connexion AT). La spécification ATA permet l'emploi de commandes spécifiques aux constructeurs, c'est-à-dire d'extensions propriétaires. On évite les formatages de bas niveau incorrects, car beaucoup de ces disques durs ATA intègrent des codes spéciaux à envoyer au lecteur pour déverrouiller les routines de formatage. Ces codes changent d'un constructeur à l'autre. Adressez-vous au constructeur de votre disque dur pour obtenir le logiciel de formatage de bas niveau et de correction des défauts.

La plupart des disques durs ATA modernes sont protégés de toute altération des facteurs de décalage et de l'effacement de la carte des défauts du disque, du fait qu'ils sont en mode de conversion de sec-

teurs. Les disques durs à enregistrement par zone sont toujours en mode de conversion de secteurs, et sont donc totalement protégés. En général, les lecteurs ATA disposent d'un jeu de commandes personnalisé qui doit être utilisé pour engager la procédure de formatage ; les commandes de formatage standard définies dans la spécification ATA ne fonctionnent en principe pas, surtout avec des lecteurs ATA intelligents ou à enregistrement par zone.

La plupart des fabricants fournissent des programmes de formatage de bas niveau pour leurs lecteurs. Voici quelques exemples :

- Seagate/Conner Peripherals (**ftp://ftp.seagate.com/techsuppt/seagate_utils/sgatfmt4.zip** ou **http://www.seagate.com/support/seatools**);
- Hitachi/IBM (**http://www.hitachigst.com/hdd/support/download.htm**);
- Maxtor/Quantum (**http://www.seagate.com/www/en-us/support/downloads/maxtor_desktop**);
- Samsung (**www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/utilities/hutil.htm**, **www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/utilities/sutil.htm** ou **www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/utilities/shdiag.htm**) ;
- Western Digital (**http://support.wdc.com/download/**).

Commencez par tester les logiciels des fabricants. Ils sont gratuits et généralement très performants. Si vous n'obtenez pas le logiciel du constructeur de votre disque dur, il existe d'autres outils qui donnent de bons résultats, tels que le logiciel Drive Fitness Test (DFT) d'Hitachi (anciennement IBM). Il fonctionne aussi sur les disques durs de fabricants autres qu'IBM et Hitachi et effectue des tests approfondis en mode non destructeur. Il n'accepte de formater à bas niveau (opération destructrice) que les disques durs de marque IBM et Hitachi. Vous pouvez le télécharger depuis le site d'Hitachi, dont l'adresse a été indiquée plus haut.

Infos

Vous trouverez la plupart, voire tous les outils d'initialisation, de test et de formatage de disque, mais aussi de nombreux autres programmes et utilitaires de test de lecteurs, sur le CD Ultimate Boot (UBCD). Il constitue une formidable collection d'outils de diagnostic gratuits sur un seul CD amorçable. Vous pouvez en télécharger un exemplaire sur **www.ultimatebootcd.com**.

Logiciels de formatage non destructifs

Les logiciels de formatage polyvalents et non destructifs qui interviennent au niveau du BIOS, tels que Calibrate (ancien Symantec Norton Utilities) ou SpinRite (Gibson Research), sont déconseillés lorsqu'un véritable formatage de bas niveau est nécessaire. Ces programmes présentent des limitations importantes qui en réduisent considérablement l'efficacité. Dans certains cas, la manière dont ils traitent les défauts du lecteur peut même aggraver la situation. Ces programmes essaient d'effectuer un formatage de bas niveau piste par piste en utilisant les fonctions du BIOS, et ce pendant qu'ils sauvegardent et restaurent les données de la piste.

Ces programmes ne font pas non plus une cartographie correcte des défauts du lecteur, à l'inverse des véritables programmes de formatage de bas niveau. D'ailleurs, ils sont même capables parfois de retirer la marque de défectuosité de l'en-tête de secteur mise en place durant le formatage de bas

niveau. Cette situation permet potentiellement aux données d'être stockées dans des secteurs marqués à l'origine comme étant défectueux, ce qui vous fera perdre automatiquement le bénéfice de la garantie du constructeur. Autre problème lié à ces programmes : ils ne savent traiter que des lecteurs ayant déjà été formatés et acceptant le formatage par les fonctions du BIOS.

Infos

SpinRite est cependant utile pour récupérer des données sur des disques qui contiennent des erreurs de lecture. Grâce à une relecture répétée et minutieuse des erreurs et à une analyse des résultats, il parvient à reconstruire les données manquantes.

Un véritable programme de formatage de bas niveau contourne le BIOS de l'ordinateur et envoie directement ses commandes au contrôleur de disque dur. Cela explique pourquoi la plupart de ces programmes sont spécifiques à un modèle de contrôleur. Il est théoriquement impossible de créer un programme universel de formatage de bas niveau qui prend en charge tous les types de contrôleurs. Beaucoup de disques durs ont été diagnostiqués *défectueux* tout simplement parce qu'un programme de formatage inadapté leur a été appliqué.

Installation d'un lecteur optique

L'installation d'un lecteur optique de type CD ou DVD est à peu près identique à celle d'un disque dur, sauf pour les lecteurs ne nécessitant pas de partitionnement ou de formatage.

Cette partie présente les différentes étapes de l'installation d'un lecteur optique interne (PATA ou SATA) et indique des astuces qui ne figurent généralement pas dans les manuels d'installation des fabricants. Une fois le matériel installé physiquement, vous aurez à charger des logiciels supplémentaires, notamment dans le cas de lecteurs inscriptibles (graveurs de CD ou DVD).

Infos

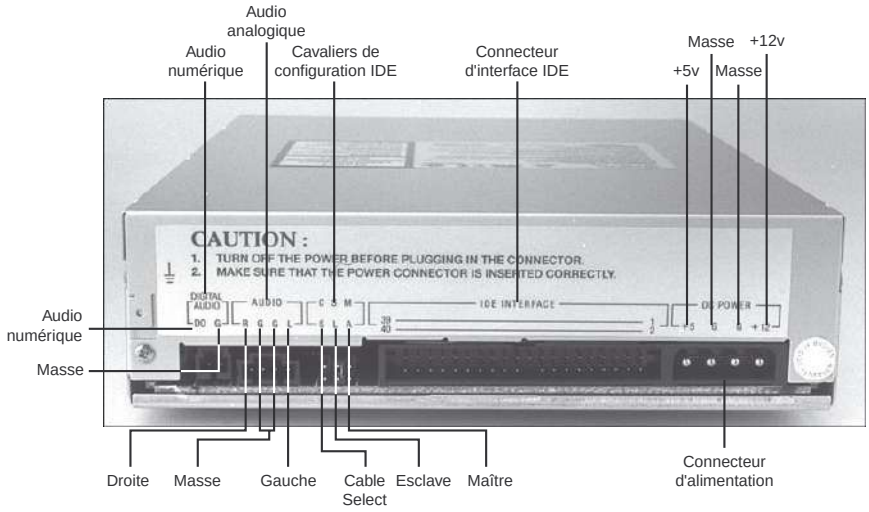
Les lecteurs optiques utilisent les mêmes interfaces PATA et SATA et suivent des procédures d'installation identiques à celles des disques durs. Certains anciens lecteurs de DVD sont livrés avec une carte de décodage MPEG-2, tandis que tous les lecteurs utilisent aujourd'hui (et comprennent généralement) un décodeur MPEG qui permet de visualiser sur le PC des animations et des vidéos DVD. S'il s'agit d'une carte, celle-ci doit être insérée dans un connecteur PCI, comme n'importe quelle autre carte d'extension, et doit prendre en charge le décodage vidéo, libérant ainsi le processeur du système auquel incombe habituellement cette tâche. Le décodage logiciel ne nécessite généralement pas de carte et implique normalement la présence d'un processeur rapide ; si le processeur n'est pas assez rapide, l'image est mal restituée ou mal synchronisée avec le son. C'est pour cette raison que de nombreux modèles de DVD comprenaient presque toujours une carte de décodage. Aujourd'hui, les ordinateurs disposent généralement de processeurs de 1 GHz et plus, afin de rendre le décodage plus fluide.

Configurer le lecteur

La configuration d'un lecteur optique est la même que pour un disque dur ; elle dépend donc largement de l'interface. Pour un lecteur de type PATA, les cavaliers doivent être ajustés en maître, esclave ou CS (*Cable Select* ; voir Figure 10.7). Les lecteurs SATA n'exigent généralement pas de paramétrage. Pour un disque PATA, les cavaliers sont paramétrés de la manière suivante :

Figure 10.7

Les interfaces de connexion arrière d'un lecteur de CD-ROM ATA interne.



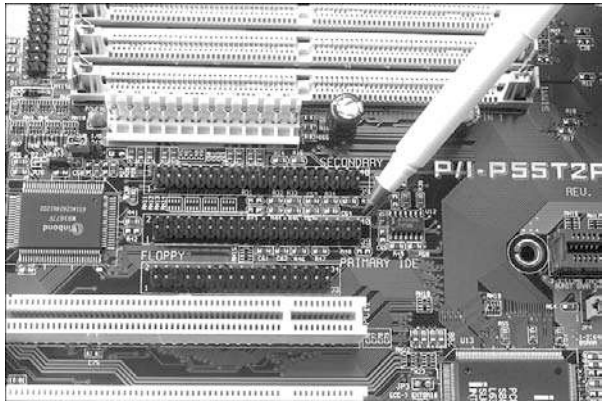
- comme lecteur primaire (maître) sur la connexion ATA secondaire ;
- comme lecteur secondaire (esclave) sur un disque dur installé ;
- en utilisant la fonction CS (*Cable Select*), où le connecteur du câble détermine automatiquement quel est le maître et quel est l'esclave.

Si votre lecteur est appelé à être le seul de votre interface ATA secondaire, les réglages d'usine sont probablement corrects.

Lorsque vous installez le lecteur optique en tant que disque secondaire, c'est-à-dire second sur la nappe avec un autre périphérique, vérifiez qu'il soit paramétré en CS (*Cable Select*) s'il est fixé à un câble à 80 conducteurs ou comme esclave pour un câble à 40 conducteurs (voir Figure 10.8).

Figure 10.8

Une interface ATA interne avec des connexions ATA principale et secondaire (le stylo pointe vers le connecteur ATA principal).



Attention

Dans la mesure du possible, évitez de connecter un lecteur optique sur le même canal PATA qu'un disque dur. En effet, des périphériques installés sur le même canal ne peuvent pas lire ou écrire des données simultanément. Si votre ordinateur dispose de deux canaux PATA, connectez le lecteur optique au second canal, même si vous n'avez qu'un seul disque dur sur le canal primaire.

Installer un lecteur interne

Déballez votre lecteur interne. Vous devez disposer des éléments suivants :

- le lecteur lui-même ;
- un câble CD audio interne (facultatif) ;
- un logiciel (facultatif) ;
- des rails de montage et des vis de fixation.

Les lecteurs vendus comme lecteurs nus ou provenant d'équipementiers peuvent n'inclure que le lecteur ; vous devrez alors apporter les câbles, les vis et le logiciel.

Installer un lecteur optique ATA parallèle

Voici les étapes à suivre pour installer un lecteur optique ATA parallèle :

1. Cherchez un connecteur PATA/IDE à 40 broches inutilisé sur votre ordinateur. Les ordinateurs ont en général un ou deux de ces connecteurs, ce qui permet de connecter jusqu'à quatre périphériques PATA.

   Vous aurez peut-être besoin d'une nappe supplémentaire si les connecteurs maître et esclave sont utilisés sur la nappe principale et que vous ajoutiez un troisième périphérique.

Astuces

Pour de meilleures performances, il est préférable d'installer les périphériques qui seront actifs ensemble, tels que les disques durs et les lecteurs optiques, sur des nappes distinctes.

2. Vérifiez attentivement le positionnement des broches et le type des nappes. La bande colorée de la nappe correspond à la broche 1 du connecteur du disque dur. La plupart des nappes et des connecteurs sont protégés contre les inversions, mais ce n'est pas systématique. Cette protection peut prendre la forme de broches manquantes ou blindées ou d'un détrompeur placé d'un côté du connecteur. Une petite astuce : la broche 1 du côté du connecteur du lecteur est presque toujours orientée au plus près du connecteur d'alimentation à quatre broches.

Astuces

À quelques exceptions près, la plupart des lecteurs optiques PATA fonctionnent dans les modes Ultra-DMA 2 (33 Mo/s), la vitesse la plus rapide acceptée par les câbles standard à 40 conducteurs. Vous pouvez donc utiliser ces câbles avec presque tous les lecteurs optiques PATA sans pertes de performances. Sachez que vous pouvez toujours utiliser une nappe plus évoluée, à 80 fils, pour les disques plus lents. En outre, ils permettent de régler tous les disques sur CS (*Cable Select*) au lieu des paramètres indépendants maître/esclave.

3. Configurez les cavaliers du lecteur. Si le lecteur est de type PATA/IDE et que vous utilisiez un câble compatible CS, vous devez activer le cavalier CS sur tous les lecteurs connectés à ce câble. Dans le cas contraire, configurez les lecteurs sur le câble en tant que maître ou esclave.
4. Faites glisser le disque dans un emplacement 5 pouces 1/4 et fixez-le avec les vis, les rails ou les pattes fournis avec le lecteur ou le châssis.
5. Enfichez le connecteur de la nappe existante à l'adaptateur hôte (généralement la carte mère). Si vous utilisez une nappe à 80 conducteurs, le connecteur bleu se branche à l'adaptateur hôte, le noir se branche dans le lecteur qui sera maître et le gris (généralement au milieu) dans le disque qui sera esclave.
6. Reliez l'alimentation au lecteur. Si nécessaire, achetez un câble en Y (voir Figure 10.4) pour diviser un câble d'alimentation en deux (de nombreux ordinateurs ont moins de câbles d'alimentation que de baies de lecteur).

Installer un lecteur optique ATA série

Voici les étapes à suivre pour installer un lecteur optique SATA :

1. Cherchez un connecteur SATA inutilisé sur votre ordinateur (généralement sur la carte mère). La plupart des cartes mères possèdent de deux à six de ces connecteurs mais, sur les machines plus anciennes, vous devrez peut-être installer une carte SATA séparée. Dans ce cas, consultez ses instructions d'installation.
2. Faites glisser le disque dans un emplacement 5 pouces 1/4 et fixez-le avec les vis, les rails ou les pattes fournis avec le lecteur ou le châssis.
3. Branchez un câble SATA entre le lecteur et l'adaptateur hôte SATA. Les deux extrémités étant identiques et les connecteurs codés, l'orientation n'a pas d'importance.
4. Reliez l'alimentation au lecteur. Certains lecteurs SATA possèdent à la fois des connecteurs d'alimentation périphériques conventionnels à quatre broches, ainsi que des alimentations SATA à 15 broches, auquel cas vous pouvez utiliser l'un ou l'autre mais pas les deux simultanément. Si votre disque ne possède qu'un connecteur d'alimentation SATA et que votre alimentation électrique ne possède pas de connecteurs SATA disponibles, vous devrez peut-être acheter un câble d'alimentation périphérique/SATA si votre lecteur n'en est pas équipé. Ce type d'adaptateur transforme un connecteur d'alimentation périphérique standard à quatre broches en connecteur d'alimentation SATA 15 broches.

Attention

Lorsqu'un lecteur dispose d'un connecteur conventionnel et d'un connecteur de type SATA, vous ne devez pas brancher les deux connecteurs d'alimentation simultanément, faute de quoi vous pourriez endommager le disque. Utilisez l'un ou l'autre, mais pas les deux.

Configurer le système

Désormais, l'installation est identique pour les lecteurs optiques PATA et SATA.

1. Démarrez l'ordinateur et appuyez sur la touche permettant d'accéder au BIOS, afin de configurer le lecteur. Si le BIOS est équipé d'un paramètre de détection automatique ou de définition automatique du type, utilisez-le car il configurera automatiquement les paramètres optimaux. Certains BIOS peuvent nécessiter de définir le type sur CD/DVD, Optical ou ATAPI (*ATA Packet Interface*).
2. Redémarrez le système. Si vous utilisez Windows 9x ou plus, le système d'exploitation devrait automatiquement détecter le nouveau lecteur dès le chargement, puis installer les pilotes nécessaires. Si le lecteur est inscriptible, selon la version de Windows ou de votre système d'exploitation, vous devrez probablement installer d'autres logiciels pour profiter pleinement des capacités de gravure. Si le lecteur peut lire les DVD, vous devrez aussi installer un décodeur de DVD compatible, après quoi vous pourrez diffuser des films et des vidéos sur DVD grâce à Windows Media Player ou d'autres applications de lecture de vidéo.

Installation d'un lecteur de disquettes interne

La procédure d'installation d'un lecteur de disquettes est très simple. Elle se déroule en deux étapes. La première consiste à configurer le lecteur, la seconde à en effectuer l'installation physique. La première étape sera en principe la moins simple, selon votre expérience en matière de configuration d'interfaces de lecteurs et selon vos possibilités d'accès à la documentation concernant votre lecteur.

L'installation d'un lecteur dans un ordinateur consiste à fixer le lecteur sur le boîtier, puis à connecter au lecteur les câbles d'alimentation et de signal. Certains types de montures et de vis, nécessaires à cette étape de fixation, sont en principe fournis avec le boîtier.

Infos

Comme les lecteurs de disquettes sont en général installés dans les mêmes baies que les disques durs, le montage physique est identique pour les deux types de lecteurs. Reportez-vous à la section consacrée à l'installation d'un disque dur pour plus de détails.

Lorsque vous connectez un lecteur de disquettes, assurez-vous que le câble d'alimentation est correctement branché. Ce câble comprend en principe un détrompeur, qui empêche de le brancher à l'envers. Cependant, le détrompeur peut avoir été détruit par quelqu'un qui aura forcé la connexion. Dans ce cas, le lecteur sera irrémédiablement endommagé dès qu'il aura été alimenté en énergie.

Installez ensuite le câble d'interface. Pour un lecteur de disquettes, celui-ci comprend 34 broches ainsi qu'un croisement de nappe près d'une extrémité. Cela signifie que les broches 10 à 16 sont inversées avant d'atteindre le dernier connecteur de lecteur (A:). Normalement, le lecteur A: doit être branché après ce croisement de nappe. Tout lecteur branché sur un connecteur avant ce croisement est considéré par le système comme lecteur B:. Le croisement inverse les signaux de sélection de lecteur et de moteur actif, ce qui permet aux lecteurs A: et B: de coexister sans changer la configuration des cavaliers. Cette méthode est comparable à la fonction CS pour les lecteurs ATA/IDE. De ce fait, tous les lecteurs de disquettes possèdent des configurations de cavaliers identiques, à la

deuxième position DS (*Drive Select*). La plupart des lecteurs sont préréglés de cette manière et n'ont en fait aucun cavalier visible à modifier.

Le câble d'interface est normalement équipé d'un détrompeur pour éviter une installation dans le mauvais sens. Dans le cas contraire, utilisez le câble de couleur comme guide pour le positionnement de la broche 1. En général, celle-ci est orientée au plus près du connecteur d'alimentation, comme dans le cas des autres lecteurs. Si la LED du lecteur s'allume en continu lorsque vous avez branché l'alimentation ou que le système fonctionne, cela signifie à coup sûr que le câble de données est branché à l'envers, soit du côté du lecteur, soit du côté de la carte mère (au niveau du contrôleur).

11 Le matériel vidéo

Au sommaire de ce chapitre

- Technologies d'affichage vidéo
- Cartes vidéo
- Accélérateurs graphiques 3D
- Mise à jour ou remplacement de la carte vidéo
- Dépannage du système vidéo d'un ordinateur

Technologies d'affichage vidéo

Même si l'écran vidéo est aussi essentiel pour l'interface utilisateur du PC que la souris et le clavier, il est en fait arrivé tardivement sur les PC. Avant que les moniteurs à tube cathodique ne se généralisent, le téléscripteur était l'interface standard des ordinateurs. Il était encombrant et imprimait les caractères tapés par l'utilisateur et les réponses obtenues sur des rouleaux de papier. Les premiers ordinateurs n'utilisaient généralement qu'un écran de LED clignotantes.

Au regard des standards actuels, le premier écran à tube cathodique était primitif. Il n'affichait que du texte (souvent en vert), mais pour les utilisateurs de l'époque, il s'agissait d'une amélioration appréciable, qui autorisait l'affichage en temps réel des données saisies. Les écrans couleur sont ensuite apparus et leur taille n'a pas cessé de croître. La technologie LCD, initialement réservée aux portables, a ensuite été appliquée aux ordinateurs de bureau.

Aujourd'hui, les moniteurs sont beaucoup plus sophistiqués, mais il faut être vigilant pour choisir l'équipement vidéo d'un ordinateur. En effet, un mauvais écran peut faire mal aux yeux et rendre les tâches sur ordinateur extrêmement pénibles.

Le matériel vidéo d'un PC est composé de deux éléments principaux :

- Un moniteur (ou écran vidéo) à tube cathodique ou à cristaux liquides (LCD).
- Une carte vidéo (également appelée carte graphique). Même s'il s'agit souvent d'une carte branchée dans un emplacement, sur de nombreux systèmes celle-ci peut être intégrée à la carte mère ou incluse directement dans le chipset de la carte mère.

Ce chapitre présente les différents types de moniteurs et de cartes vidéo actuellement disponibles sur le marché. Le reste de cette section couvre les technologies d'affichage.

Infos

Utilisé dans un contexte informatique, le terme "vidéo" n'implique pas obligatoirement la présence d'images en mouvement telles que celles qui sont diffusées par la télévision. Tous les circuits qui délivrent des signaux à un moniteur ou à un autre système d'affichage sont des cartes vidéo, qu'elles soient ou non employées avec des applications qui affichent des images en mouvement, comme les logiciels multimédias ou les programmes de vidéoconférence.

Un écran peut employer deux technologies d'affichage : les cristaux liquides (LCD) et le tube cathodique. Les projecteurs, d'autre part, s'appuient en général sur la technologie LCD ou DLP (traitement numérique de la lumière). Les sections suivantes traitent de chacune d'entre elles.

Écrans à cristaux liquides (LCD)

Du fait de leur faible poids, de leur taille réduite et de leur clarté, les écrans LCD ont largement supplanté les tubes cathodiques dans les nouveaux ordinateurs. Reprenant la technologie des ordinateurs portables, les écrans LCD sont complètement plats, peu éblouissants et consomment peu d'énergie (5 W, contre 100 W pour un écran à tube cathodique). La qualité des couleurs d'un écran à cristaux liquides à matrice active est aujourd'hui supérieure à celle de la plupart des écrans à tube cathodique.

Principe de fonctionnement des écrans à cristaux liquides (LCD)

Les écrans LCD sont pourvus d'un filtre polarisant qui permet aux seules ondes lumineuses alignées sur lui de le traverser. Après être passées à travers le filtre polarisant, les ondes lumineuses restantes sont toutes alignées dans la même direction. Si l'on place un second filtre polarisant perpendiculairement au premier, toutes ces ondes se retrouvent bloquées. En changeant l'angle du second filtre polarisant, il est possible de modifier la quantité de lumière autorisée à passer au travers. C'est aux cristaux liquides qu'il appartient de modifier l'angle de polarisation et de contrôler la quantité de lumière qui traverse. Les cristaux liquides sont des molécules en forme de lamelles qui sont aussi fluides qu'un liquide. Elles laissent la lumière les traverser, mais des charges électriques modifient leur orientation ainsi que celle de la lumière qui les traverse.

Un écran LCD couleur est équipé d'un filtre supplémentaire comprenant trois cellules pour chaque pixel. Chaque cellule affiche une couleur : le rouge, le vert ou le bleu. Les cellules sont parfois appelées "sous-pixels".

Pixels morts

Un pixel mort est un pixel dans lequel la cellule rouge, verte ou bleue reste allumée ou éteinte en permanence. Le plus souvent, elle reste allumée. Les pixels morts allumés sont particulièrement faciles à détecter sur un fond sombre. Ils se présentent alors sous forme de points rouges, verts ou bleus brillants. Bien que quelques pixels suffisent à distraire l'œil, tous les fabricants n'appliquent pas la même politique quant au nombre de pixels morts qui donne droit à un remplacement de l'écran. Certains fabricants prennent en considération non seulement le nombre total de pixels morts mais aussi leur emplacement. Heureusement, grâce aux progrès réalisés dans la fabrication, il est de plus en plus rare qu'un écran LCD de bureau ou d'ordinateur portable présente des pixels morts.

En théorie, il n'y a aucun moyen de réparer un pixel mort. En pratique, toutefois, il suffit parfois de tapoter doucement l'écran au niveau du pixel mort pour le réparer. Cette méthode semble donner de bons résultats, surtout quand le pixel est toujours allumé. Étant donné qu'un pixel allumé en permanence est plus gênant qu'un pixel éteint en permanence, cette solution est assez pratique.

Écrans à matrice active

La plupart des écrans à matrice active emploient une matrice TFT (*Thin-Film Transistor*, transistor à film fin). La technologie TFT permet d'envelopper d'un (affichage monochrome) à trois (affichage couleur RVB) transistors par pixel dans un matériau flexible de la taille et de la forme de l'écran. Les transistors de chaque pixel sont donc placés juste derrière les cellules de cristaux liquides qu'ils contrôlent.

Deux procédés TFT sont employés aujourd'hui pour la fabrication de la plupart des écrans à matrice active du marché : les procédés a-Si (*Hydrogenated Amorphous Silicon*, silicium amorphe hydrogéné) et p-Si (*Polysilicon*, polysilicium) basse température. La principale différence entre ces deux procédés est le facteur coût. À l'origine, la plupart des écrans TFT étaient fabriqués à l'aide du procédé a-Si car il nécessitait des températures plus faibles (inférieures à 400 ˚C) que le procédé p-Si de l'époque. Aujourd'hui le procédé p-Si basse température est économiquement plus viable que le a-Si.

Pour améliorer les angles de vue sur les derniers écrans LCD, certains fabricants ont modifié l'architecture TFT de base. À titre d'exemple, le système IPS (*In-Plane Switching*, commutation dans le plan), également appelé STFT, de Hitachi, aligne les différentes cellules des cristaux liquides parallèlement au verre ; il fait passer le courant électrique par les bords des cellules et fait tourner les pixels pour mieux distribuer l'image au sein de l'écran. Hitachi a également conçu une technologie Super-IPS qui réorganise les molécules des cristaux liquides en zigzag, et non en lignes et en colonnes comme habituellement, afin de réduire les glissements de couleurs et de rendre celles-ci plus uniformes. La technologie MVA (*Multidomain Vertical Alignment*, alignement vertical multidomaine) de Fujitsu est analogue. Elle subdivise l'écran en plusieurs régions, dont elle modifie l'angle.

Les technologies Super-IPS et MVA offrent un angle de vue plus important que l'architecture TFT classique. Étant donné que les écrans LCD de grande taille (à partir de 17 pouces) peuvent provoquer un décalage de l'angle de vue même quand un seul utilisateur regarde l'image, ces technologies sont employées principalement pour ces écrans de grande taille et pour les modèles haut de gamme. Fujitsu et Hitachi ont signé des accords de licence avec d'autres fabricants pour autoriser ces derniers à employer leurs technologies.

Tailles et résolutions des écrans LCD

Les écrans LCD standard, de rapport 4/3, varient entre 15 et 23 pouces de diagonale. La résolution des écrans LCD entre 15 et 18,1 pouces est généralement plus limitée que celle d'écrans cathodiques de taille comparable. Le Tableau 11.1 compare les résolutions ordinaires des écrans LCD de 15 à 23 pouces à celles des principaux écrans cathodiques allant de 17 à 21 pouces avec des zones d'affichage comparables.

Tableau 11.1 : Comparaison des résolutions d'écrans LCD et cathodiques

Taille LCD	Résolution LCD	Taille cathodique comparable	Zone d'affichage cathodique comparable	Résolution maximum cathodique comparable
15"	1024 × 768	17"	16"	1024 × 768
				1280 × 1024
				1600 × 1200*
17"	1280 × 1024	–	–	–
18,1"	1280 × 1024	19"	18"	1600 × 1200
				1920 × 1440*
19"	1280 × 1024	–	–	–
20,1"	1600 × 1200	21"	20"	1600 × 1200
				1920 × 1440*
				2048 × 1536*
21,3"	1600 × 1200	–	–	–
23"	1920 × 1200	–	–	–

* Disponible sur les écrans haut de gamme uniquement.

Vous le voyez, pour parvenir à des résolutions supérieures à 1280 × 1024, vous devez choisir un écran LCD de 20,1 pouces ou plus, même si la plupart des écrans cathodiques de 18 pouces ou plus peuvent arriver à 1600 × 1200.

Les écrans LCD sont également proposés en grand écran (16/9 ou 16/10), l'idéal pour les DVD écran large et pour Windows Vista (qui profitera de l'espace horizontal supplémentaire pour ses nouveaux cadres et ses gadgets). La Figure 11.1 compare un écran LCD 4/3 ordinaire de 19 pouces et un écran large LCD de 19 pouces.

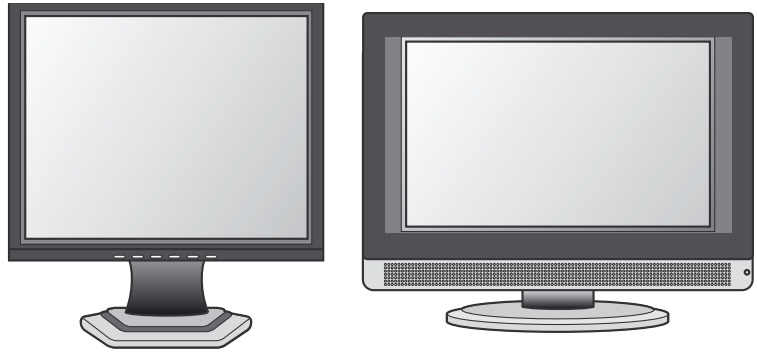


Figure 11.1
Un exemple type d'écran LCD (4/3), à gauche, et un écran large LCD (16/10) à droite.

Les écrans LCD sont généralement plus chers que des écrans cathodiques de même taille, même si les prix ont chuté. Les écrans LCD se vendent donc aujourd'hui plus que les écrans cathodiques, désormais réservés à des usages spécialisés. Bien entendu, les très grands écrans LCD haut de gamme restent très chers. À noter toutefois qu'un écran LCD offre généralement une zone d'affichage plus importante qu'un écran cathodique de même taille.

On peut trouver deux types d'écrans LCD sur les ordinateurs portables actuels : des écrans couleur à matrice active analogique ou à matrice active numérique. Les modèles LCD monochromes sont devenus obsolètes pour les PC, mais on en trouve encore parfois sur les panneaux d'affichage dans l'industrie. Les écrans à matrice passive à double balayage étaient répandus sur les ordinateurs portables bas de gamme jusqu'à récemment, mais la plupart des portables actuels sont équipés d'une matrice active.

Infos

Le type d'écran à matrice passive le plus répandu emploie la conception STN (*SuperTwist Nematic*), tandis que les écrans à matrice active reposent sur la conception TFT (*Thin-Film Transistor*).

Avantages des écrans LCD

Les écrans LCD présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux écrans à tube cathodique classiques. À taille égale, ils offrent une zone d'affichage plus importante. Ainsi, un écran LCD de 15 pouces offre une surface d'affichage pratiquement égale à celle d'un écran à tube cathodique de 17 pouces. Étant donné que les écrans LCD emploient un mode d'adressage direct (chaque pixel de l'image correspond à un transistor), ils produisent une image de haute précision. Contrairement aux écrans à tube cathodique, ils ne peuvent pas subir de distorsions ni connaître de problèmes de convergence (produisant des halos sur les contours des objets affichés à l'écran).

Les écrans LCD sont moins gourmands en électricité et produisent moins de chaleur. Cela en fait des appareils plus économiques. Étant donné qu'ils ne possèdent pas de tube cathodique, ils ne produisent pas d'émissions électromagnétiques basse fréquence et très basse fréquence. Et même si les écrans LCD assurent un délai moyen comparable entre les pannes (MTBF), les principales pannes concernent l'inverseur ou le rétroéclairage, ce qui n'est pas très cher à remplacer sur certains modèles. Les pannes des tubes cathodiques concernent plutôt le tube à image, la partie la plus onéreuse, qu'il ne vaut souvent pas la peine de remplacer.

Les écrans LCD sont moins profonds, donc moins encombrants. Un certain nombre d'écrans LCD peuvent pivoter à 90° et passer ainsi d'une orientation "paysage" (pour surfer sur le Web) à une orientation "portrait" (idéale pour faire de la mise en page, par exemple). Par ailleurs, le poids d'un écran plat est nettement inférieur à celui d'un écran à tube cathodique.

Connecteurs d'écrans LCD

Les écrans LCD sont tous numériques mais de nombreux ordinateurs, notamment ceux à bas prix et ceux contenant le graphisme intégré, ne disposent pas de connexion pour la vidéo numérique. Les modèles de 15 à 19 pouces, à bas prix, offrent un connecteur VGA analogique et doivent reconvertir

les signaux analogiques en signaux numériques, tandis que les écrans LCD plus onéreux proposent à la fois les connecteurs VGA analogiques et DVI numériques. Sachez que certains fabricants d'écrans LCD compatibles VGA/DVI ne fournissent que le câble VGA, qui est meilleur marché. Dans pareil cas, le câble DVI doit être acheté séparément. Si vous prévoyez de brancher votre nouvel écran LCD sur le port DVI de votre carte vidéo, assurez-vous qu'il dispose effectivement d'une connectique DVI et vérifiez que le câble est fourni. Par ailleurs, avant d'acheter un écran LCD, regardez quels modèles sont livrés en standard avec le câble DVI. Un écran un peu plus cher livré avec ce câble peut être en définitive plus intéressant.

Interfaces DFP et DVI pour écrans LCD numériques

Nous l'indiquions, à l'instar des adaptateurs d'affichage d'un PC, tous les écrans LCD emploient, en interne, des signaux numériques. Malheureusement, pendant de nombreuses années, la principale norme de connexion entre les PC et les écrans était le VGA analogique. Employé pour relier un écran LCD à un PC, le signal numérique de l'adaptateur d'affichage du PC est converti en VGA analogique, envoyé sur le câble du moniteur en analogique, puis reconverti en numérique dans l'écran LCD. Cette connexion entraîne malheureusement une perte de qualité du signal entre une extrémité et l'autre. Pour éviter cette double conversion, mieux vaut disposer d'une connexion tout numérique de bout en bout. Et pour faciliter cette connexion vidéo numérique entre les PC et les écrans, plusieurs normes et spécifications du signal vidéo numérique ont été développées, afin d'autoriser des connexions tout numérique standardisées entre les adaptateurs d'affichage et les écrans :

- **Le standard DFP** (*Digital Flat Panel*), approuvé par la VESA (*Video Electronic Standards Association*) en février 1999. Le DFP était antérieurement connu sous le nom de PanelLink, mais il a été remplacé par le DVI.
- **Le standard DVI** (*Digital Visual Interface*), proposé par le DDWG (*Digital Display Working Group*) en avril 1999. Le DVI a rencontré un plus grand succès auprès des constructeurs et est devenu un standard *de facto* pris en charge par la plupart des cartes vidéo VGA de milieu de gamme et haut de gamme. Le DVI-D est également appelé DVI HDCP. Ce port est employé sur de nombreux écrans LCD et téléviseurs plasma.

La Figure 11.2 met en parallèle les connecteurs DFP et DVI que l'on trouve sur certains écrans LCD et cartes vidéo, et le connecteur VGA standard installé sur les cartes vidéo conventionnelles, les écrans à tube cathodique et les écrans LCD compatibles analogiques.

Le connecteur DVI-I présenté à la Figure 11.2 peut être transformé en port VGA destiné aux écrans à tube cathodique et aux écrans LCD analogiques grâce à un adaptateur, comme on le voit à la Figure 11.3. Bien souvent, les cartes graphiques neuves achetées au détail et compatibles DVI sont livrées avec un adaptateur comme celui-ci permettant de raccorder un connecteur VGA traditionnel de l'écran à l'adaptateur.

HDMI

Le HDMI (*High Definition Multimedia Interface*, interface multimédia haute définition) a été conçu par un groupe de sociétés du multimédia (Hitachi, Panasonic, Philips, Silicon Image, Sony, Thomp-

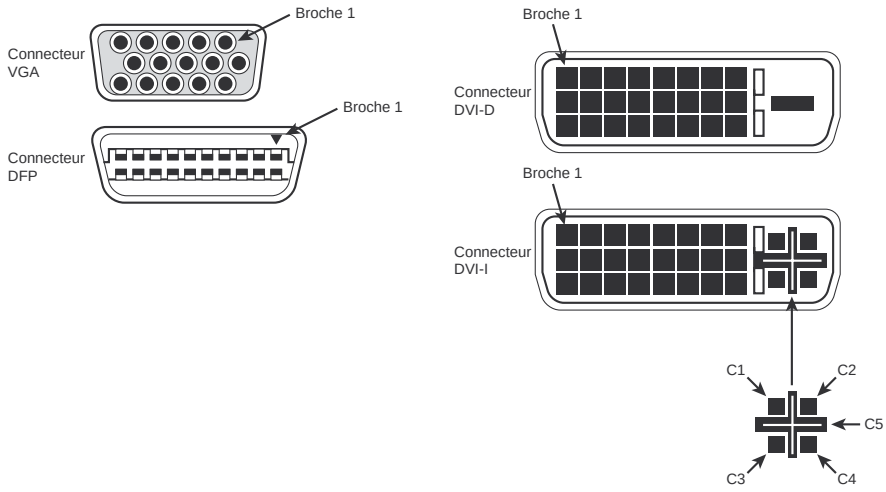


Figure 11.2
Les cartes VGA conventionnelles, les écrans à tube cathodique et LCD compatibles analogiques emploient le connecteur VGA standard. Les tout premiers écrans LCD numériques et leurs cartes vidéo utilisaient souvent un connecteur DFP. La plupart des écrans LCD plats utilisent le connecteur DVI-D, tandis que les cartes vidéo acceptant les écrans analogiques et numériques font appel au connecteur DVI-I.

son et Toshiba) pour permettre une connexion sur un câble unique, transportant des signaux audio et vidéo numériques entre les composants du matériel audiovisuel, par exemple des téléviseurs grand écran, des jeux vidéo, des lecteurs DVD, des amplis audionumériques et des systèmes de home cinéma. La version 1.0 est née en décembre 2002, nous en sommes actuellement à la version 1.3, présentée en juin 2006.

La dernière version du HDMI peut transporter du son audio non compressé allant jusqu'à huit canaux, à 24 bits/192 kHz avec les formats audio compressés Dolby Digital, DTS, Dolby TrueHD et DTS-HD Master Audio. HDMI 1.3 assure une bande passante pour la vidéo allant jusqu'à 10,2 Go/s (l'équivalent de 340 MHz); il est ainsi capable d'accepter des milliards de couleurs (Deep Color), pour des résolutions dépassant WQXGA (2560 × 1600) et d'améliorer la synchronisation labiale sur la HDTV par exemple. La bande passante de la vidéo la plus élevée du HDMI 1.3 peut servir de différentes manières : pour des écrans de résolution supérieure, la prise en charge du Deep Color ou des taux de rafraîchissement supérieurs.

N'utilisant qu'un câble pour les signaux audio et vidéo, le HDMI est excellent pour réduire les entremêlements de câbles des home cinémas. Les utilisateurs qui s'abonnent à des services de HDTV par câble ou par satellite apprécieront la prise en charge du HDCP, la protection du contenu numérique à ultra-haut débit contre le piratage, ainsi que la meilleure qualité d'affichage et d'écoute. Et pour éviter la baisse de qualité lors de la lecture d'un contenu protégé, il est nécessaire que tous les périphériques, notamment le lecteur DVD, le décodeur ou le récepteur audiovisuel et l'écran, acceptent le HDCP.

Outre transmettre du son et de la vidéo de bonne qualité entre les périphériques, le HDMI transporte d'autres signaux. Il utilise le canal des données d'affichage (DDC) pour identifier les capacités d'un

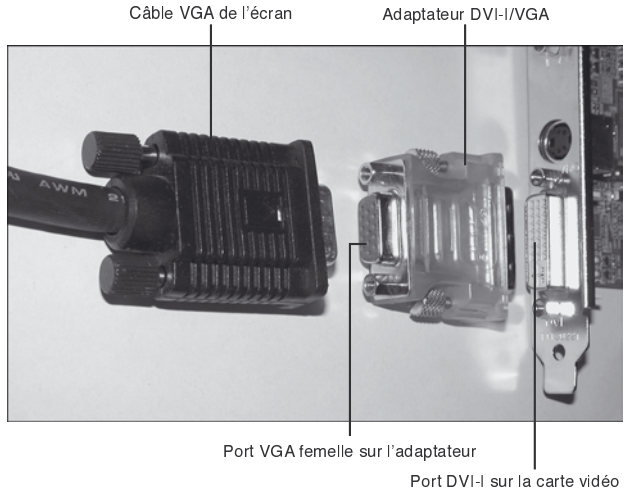


Figure 11.3
Adaptation d'une carte vidéo avec port DVI-I pour utiliser un câble VGA d'un écran cathodique ou d'un écran LCD analogique.

écran HDMI, comme les résolutions, la profondeur de couleurs et le son. Le DDC assure une qualité de lecture optimale sur différents périphériques. Le HDMI accepte également la fonction optionnelle de contrôle électronique des consommateurs (CEC), qui commande, par un seul bouton, tous les périphériques CEC pour la lecture, l'enregistrement ou d'autres fonctions.

Le HDMI est compatible en amont avec les connecteurs vidéo DVI-I et DVI-D figurant sur les cartes vidéo moyenne et haut de gamme récentes, ce qui permet à un PC de commander la HDTV. Cela se révèle utile pour les utilisateurs de Windows Media Center Edition pour Windows XP, Windows Vista Media Center (Édition Familiale Premium et Intégrale), ainsi que d'autres programmes multimédias du PC. Toutefois, à moins que la carte vidéo n'accepte le HDCP, vous risquez de ne pas pouvoir lire le contenu premium de la HDTV sur votre PC ou la résolution pourrait être réduite. Et bien que, dès 2006, certaines cartes graphiques se targuaient d'une prise en charge du HDCP, l'avancée de cette norme peut les empêcher de fonctionner correctement. Contactez le fournisseur de votre chipset ou de votre carte graphique pour savoir si votre carte vidéo fonctionne avec le HDCP.

Les câbles HDMI actuels correspondent au HDMI type A ou type C. Le type A est un connecteur à 19 broches. Le type C est une version plus petite, conçue pour les caméscopes DV ou d'autres périphériques portables. La disposition est la même et tous deux sont disponibles auprès de plusieurs fournisseurs.

La Figure 11.4 montre un câble HDMI type A et l'emplacement de la broche 1 sur le connecteur et le câble.

La Figure 11.5 montre un câble d'adaptateur HDMI-DVI.

Infos

Le câble d'adaptateur de la Figure 11.5 n'est pas compatible avec les cartes graphiques et les pilotes n'acceptant pas les résolutions et minutages HDTV. Vous risquez de devoir mettre à niveau votre carte graphique avant de pouvoir

Figure 11.4
Le câble HDMI de type A et la prise utilisent une interface sur deux rangées et 19 broches.

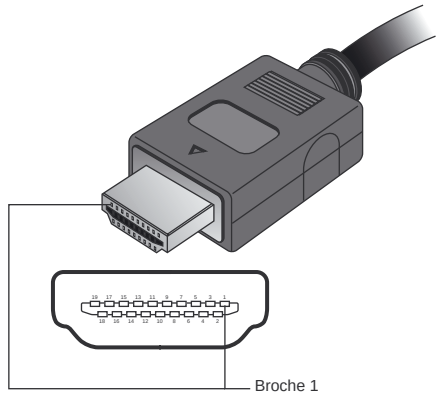
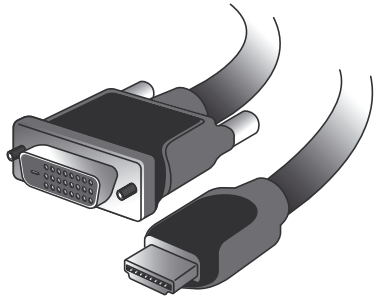


Figure 11.5
Câble d'adaptateur HDMI-DVI.



utiliser un câble HDMI-DVI. Bien que certains décodeurs comprennent des ports DVI, ce type de câble d'adaptateur n'est destiné qu'aux connexions PC-HDTV.

À la fin 2006, certains fournisseurs ont proposé des cartes PCI-Express comprenant des ports HDMI. Certains assurent une entrée et une sortie HDMI à employer avec des caméscopes HDV, tandis que d'autres, équipés de chipsets ATI ou NVIDIA, sont des cartes graphiques contenant également une sortie HDMI.

Pour plus d'informations sur le HDMI, consultez le site web de ses fondateurs, à l'adresse **www.hdmi.org**.

Écrans larges LCD

Bien que la plupart des écrans LCD emploient le format 4/3 des écrans cathodiques, de plus en plus affichent désormais un format 16/10, semblable aux 16/9 utilisés par les téléviseurs grand écran. Leurs avantages sont les suivants :

- Vous pouvez regarder des programmes télévisés et des films grand écran sur DVD sur toute la surface d'affichage, et non au format boîte aux lettres des écrans 4/3.
- La plupart acceptent les connexions numériques vers votre PC *via* le port DVI pour une meilleure qualité d'image et comprennent un composant et des connexions S-Vidéo compatibles avec les décodeurs DVD et magnétoscopes haut de gamme, ainsi que des connexions VGA et composites pour les PC ou DVD/magnétoscopes bas de gamme.
- Certains acceptent le mode portrait pour modifier plus facilement les documents.
- Vous pouvez consulter simultanément plus de documents à l'écran ou accroître le niveau de zoom pour effectuer un travail de précision sur les documents et les photos.
- Vous avez suffisamment de place pour les menus flottants, une fonction habituelle des programmes de retouche photo et vidéo.

Vous devrez toutefois vérifier que l'écran LCD assure une résolution suffisante pour un ordinateur de bonne qualité. Bon nombre d'écrans larges LCD de 20 pouces ou plus sont principalement conçus pour servir de téléviseurs. Leurs résolutions peuvent descendre jusqu'à 640 × 480. Un véritable écran large LCD présente des résolutions verticales semblables à celles d'un écran LCD 4/3 de taille comparable, avec des résolutions horizontales proportionnellement plus larges. Ainsi, un écran large LCD de 21 pouces assure généralement une résolution horizontale de 1680 pixels et une résolution verticale de 1050 pixels. Ces chiffres sont comparables aux résolutions offertes par un écran LCD 4/3 de 19 pouces, avec 1280 × 1024. Le Tableau 11.2 répertorie les résolutions d'écrans larges et de téléviseurs LCD acceptant les entrées vidéo PC (TV/écrans) de 17 à 32 pouces.

Tableau 11.2 : Résolutions d'écrans larges LCD et de téléviseurs LCD

Taille LCD	Usage prévu	Résolution	Exemple
17"	TV/écran	1280 × 768	Planar XP17W
19"	TV/écran	1280 × 768	Samsung SM940MW
20"	TV/écran	1366 × 768	ViewSonic N2060W
20"	Écran	1680 × 1050	Apple M9177LL/A
21"	Écran	1680 × 1050	Samsung SyncMaster 215TW
23"	TV/écran	1366 × 768	Philips 23PF5320
23"	Écran	1920 × 1200	HP L2335
26"	TV/écran	1366 × 768	Sharp LD-26SH1U
27"	TV/écran	1366 × 768	Westinghouse LTV-27w6
32"	TV/écran	1366 × 768	Sony BRAVIA KDL32S3000

Vous le voyez, les écrans larges LCD principalement conçus pour la télévision assurent des résolutions inférieures à ceux destinés à servir de moniteurs.

Les résolutions proposées par les écrans de type TV/moniteur suffisent pour regarder la télévision, des DVD et de la vidéo, pour Windows Media Center ainsi que pour les jeux sur console, mais pas pour du travail de précision. Nous recommandons un écran large LCD pour un usage informatique, qui servira en second lieu de téléviseur. Si vous devez acheter un écran LCD conçu pour la télévision, équipez-vous d'un moniteur supplémentaire.

Infos

Les téléviseurs LCD disposent de tuners TV – voire, pour certains, de tuners HDTV – intégrés. Pour regarder la télévision sur un écran LCD, employez un tuner externe, par exemple une carte tuner TV ou un tuner TV par décodeur, doté des connexions adaptées.

Possibles inconvénients des écrans LCD

De nombreux utilisateurs remplacent leurs tubes cathodiques par des écrans LCD ou par un mélange d'écrans cathodiques et LCD. L'industrie évoluant toujours plus vers les écrans LCD, il faut tenir compte de certains points :

- Certains utilisateurs ont l'habitude de changer souvent de résolution (les développeurs web, par exemple, pour avoir un aperçu de leur travail). L'écran LCD peut employer deux techniques pour cette opération. Les modèles les plus anciens réduisent l'image affichée afin qu'elle n'occupe que la portion qui correspond à la nouvelle résolution. Dans ce cas, ils n'emploient qu'une partie des 1024 × 768 pixels pour afficher une image en 640 × 480. Les modèles plus récents peuvent aussi redimensionner l'image afin qu'elle occupe la totalité de l'écran.
- Si vous choisissez un écran analogique, cela vous coûtera moins cher et vous pourrez continuer à utiliser votre carte vidéo actuelle. Cela dit, la qualité de l'image ne sera pas optimale, ni pour les images ni pour le texte. Cela est dû à la conversion du signal numérique en signal analogique (au niveau de la carte vidéo), puis de l'analogique en numérique (au niveau de l'écran). Cette conversion peut occasionner un scintillement des pixels, car les cellules LCD adjacentes sont successivement activées et désactivées du fait de l'incapacité de l'écran à déterminer les cellules à activer et à désactiver. La plupart des écrans plats sont livrés avec un logiciel d'ajustement destiné à réduire ce problème de qualité, mais il arrive que celui-ci ne soit pas entièrement éliminé.
- Les écrans LCD numériques n'ont pas de problème de conversion lorsqu'ils sont reliés à une carte vidéo compatible numérique. Cependant, la plupart des cartes vidéo standard bon marché ne supportent pas encore les signaux numériques. De la même manière, les cartes vidéo incorporées aux cartes mères ne prennent pas encore en charge la technologie DVI.

Infos

Les fabricants de cartes vidéo, comme NVIDIA, Matrox et ATI, intègrent de plus en plus souvent à leurs cartes vidéo et à leurs chipsets 3D la compatibilité avec les écrans numériques et analogiques.

- Les écrans LCD haute qualité, qu'ils soient analogiques ou numériques, sont adaptés à l'affichage de textes et d'images contrastés, mais ne reproduisent pas les couleurs très claires et très foncées aussi bien que les écrans à tube cathodique.

- Souvent, les écrans LCD ne sont pas aussi rapides que les écrans classiques, ce qui peut causer des problèmes d'affichage avec les vidéos et les jeux 3D plein écran. Cela peut également rendre les animations saccadées. Pour éviter ce problème, choisissez un écran LCD qui emploie un matériau à réponse rapide pour les cristaux liquides.

Critères d'achat pour les écrans LCD

Avec la chute des prix, l'augmentation de la taille des écrans et la compatibilité avec les connecteurs DVI numériques, il devient de plus en plus intéressant d'équiper les ordinateurs de bureau d'écrans LCD. Étudiez les critères suivants si vous souhaitez acheter un écran LCD :

- Testez l'écran dans sa résolution native et dans les autres résolutions auxquelles vous comptez l'utiliser.
- Si vous pensez acheter un écran numérique, déterminez si votre carte vidéo ou celle qui est livrée avec l'écran propose les fonctions dont vous avez besoin. Vous devrez peut-être passer à une carte vidéo PCI-Express (ou AGP) dotée d'un port DVI, car de nombreux systèmes peu onéreux disposant de cartes vidéo intégrées ou bas de gamme ne disposent pas de port DVI. Pour une flexibilité maximale sans mettre à niveau la vidéo existante et en préservant la capacité à passer par la suite à la prise en charge numérique, préférez un écran doté de connecteurs analogiques et numériques.
- Choisissez un écran offrant à la fois des entrées VGA et DVI si vous prévoyez d'employer le même écran sur plusieurs ordinateurs. Si la carte graphique ne possède que des connecteurs DVI, vérifiez de pouvoir utiliser un adaptateur DVI-VGA pour assurer la prise en charge analogique. Étant donné que les écrans LCD sont beaucoup plus légers et moins encombrants que les modèles à tube cathodique, ils représentent la solution idéale pour brancher tantôt un ordinateur de bureau, tantôt un portable. Si vous employez plusieurs ordinateurs dans un espace exigu, vous pouvez aussi choisir un écran à double entrée, ce qui permet de brancher deux ordinateurs simultanément.
- Vérifiez que vous disposez du port approprié pour la carte qui va avec l'écran. De nombreux systèmes d'entrée de gamme contiennent une carte vidéo PCI-Express (ou AGP) intégrée à la carte mère, mais pas de connecteur PCI-Express ou AGP. Cette carte ne peut donc pas être mise à jour, à moins de passer par le port PCI, qui est obsolète pour l'affichage. De plus en plus de machines devraient proposer des connexions pour écran LCD, mais ce n'est pas encore le cas partout; soyez donc vigilant. Les chipsets graphiques intégrés nForce, de NVIDIA, et RADEON IGP, d'ATI, prennent en charge indifféremment les écrans DVI et VGA.
- Évaluez les performances de la carte et de l'écran en lisant des séquences vidéo et des animations, si vous avez l'intention de travailler avec des vidéos plein écran, des programmes d'animation ou des jeux. Recherchez des temps de réponse de 5 ms ou plus pour obtenir les meilleurs résultats.
- Même si les écrans à matrice active analogique ou numérique offrent un angle de vision supérieur à celui des écrans à matrice passive, cet angle est souvent inférieur à celui proposé par les

écrans à tube cathodique. Ce critère est à prendre en compte si vous envisagez d'utiliser votre écran pour faire des présentations de groupe. Pour améliorer la zone d'affichage horizontale, plusieurs fabricants ont mis au point des procédés brevetés perfectionnant l'architecture TFT de base. C'est par exemple le cas de Hitachi, avec sa technologie IPS, et de Fujitsu, avec sa technologie MVA. Fujitsu et Hitachi ont signé des accords de licence avec d'autres fabricants pour leur permettre d'employer leurs technologies. Grâce à ces améliorations, mais aussi à l'augmentation des rapports de contraste, des angles d'affichage horizontal dépassant les 170° ont été obtenus sur certaines conceptions récentes.

- Vérifiez que l'écran dispose d'un haut rapport de contraste (différence de luminosité entre le blanc et le noir), qui rendra les textes plus nets et les couleurs plus vives. Un écran à tube cathodique possède un rapport de contraste de 245/1. Certains écrans LCD récents présentent des rapports de contraste de 700/1 ou plus. Les rapports supérieurs améliorent les angles d'affichage horizontal et l'aspect des films et des diffusions télévisées.
- D'autres éléments, comme la présence de haut-parleurs intégrés ou d'un port USB, sont plaisants, mais la décision finale devra être prise par… vos yeux. Étant donné que les tests comparatifs portant sur les écrans LCD indiquent rarement les angles de vue horizontal et vertical ainsi que le rapport de contraste, testez vous-même l'écran qui vous intéresse dans un magasin et consultez les fiches techniques des modèles. Regardez l'image affichée sous différents angles. Si l'écran LCD doit être utilisé en tant qu'écran secondaire, vérifiez la qualité de son image décentrée.
- Choisissez de préférence un écran pivotant qui vous permettra de faire basculer l'image en mode portrait si vous vous servez de l'ordinateur pour faire du traitement de texte ou de la PAO. Cette fonction est disponible sur un grand nombre d'écrans LCD, notamment ceux de 17 pouces et plus. Toutefois, en mode portrait, les performances sont souvent inférieures, surtout pour les mouvements rapides. Si possible, testez l'écran en mode portrait si vous prévoyez de l'employer souvent de cette manière.

Technologies du tube cathodique (CRT)

La technologie d'affichage du tube cathodique est celle utilisée pour les téléviseurs. Elle est devenue assez rare depuis deux ans dans les magasins, notamment du fait de la présence des écrans LCD moins chers.

Un tube cathodique est un tube sous vide d'air entouré de verre. L'une de ses extrémités porte un canon à électrons, qui projette trois rayons d'électrons, un pour chacune des couches de phosphore rouge, vert et bleu employées pour créer les couleurs que vous visualisez à l'écran. L'autre extrémité contient un écran recouvert d'une couche de phosphore.

Quand il est soumis à une source de chaleur, le canon à électrons génère un flux très rapide d'électrons, qui sont attirés vers l'autre extrémité du tube. La trajectoire de ce rayon est corrigée par un

dispositif de contrôle de convergence et par une bobine de déviation; elle est guidée jusqu'à un point précis de la couche de phosphore de l'écran. Lorsqu'il est frappé par le rayon, le phosphore se met à briller. Cette lumière est celle que vous voyez lorsque vous regardez la télévision ou lorsque vous travaillez sur votre écran. Trois couches de phosphore interviennent : rouge, vert et bleu. Une plaque de métal appelée masque à grille s'interpose pour aligner les rayons d'électrons; elle possède de petits trous qui divisent les phosphores rouge, vert et bleu en groupes de trois (un de chaque couleur). Le type du masque à grille affecte la qualité de l'image, et la distance entre chaque groupe de trois (le pas de masque) a une incidence sur sa netteté.

La Figure 11.6 présente l'intérieur d'un écran à tube cathodique.

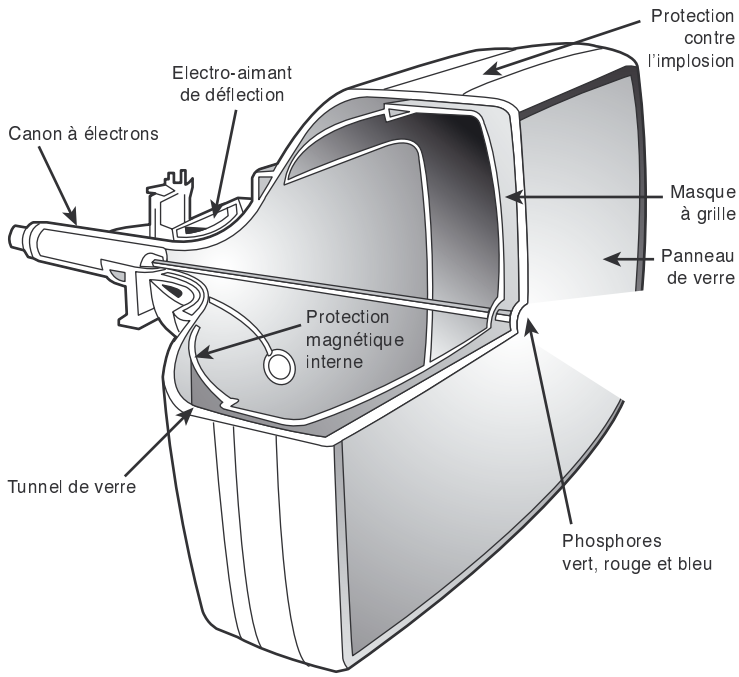


Figure 11.6
Un écran à tube cathodique (CRT) est un gros tube dans lequel on a fait le vide. Il contient trois canons à électrons (rouge, vert et bleu) qui projettent l'image vers le verre situé à l'avant de l'écran. Une tension élevée est utilisée pour produire le magnétisme qui contrôle les rayons d'électrons qui créent l'image affichée à l'avant du tube cathodique.

L'élément chimique *phosphore* possède une propriété appelée *persistance*, qui indique le temps pendant lequel le phosphore continue à briller à l'écran. C'est à cause de la persistance que l'image demeure présente quelques secondes sur un écran de télévision qui vient d'être éteint. Quant à la fréquence de balayage de l'écran, elle spécifie la cadence selon laquelle l'image est rafraîchie. Il est impératif que la persistance du phosphore de l'écran soit compatible avec la fréquence de balayage utilisée, de façon que l'image présente le moins de scintillement (qui apparaît lorsque la persistance est trop faible) possible et ne produise aucune image fantôme (phénomène dû à une persistance trop élevée).

Le rayon d'électrons circule très rapidement, balayant l'écran de gauche à droite et de haut en bas en formant des lignes qui constituent elles-mêmes une trame. La *fréquence de balayage horizontale* désigne la vitesse à laquelle ce rayon parcourt l'écran latéralement.

Durant ce balayage, le rayon heurte le phosphore à tous les endroits où une image doit apparaître. L'intensité du rayon varie selon le niveau de luminosité qui doit être produit. Comme le phosphore cesse presque immédiatement de briller, le rayon doit continuer à balayer l'écran pour que l'image y demeure. On dit alors que l'écran est *redessiné* ou *rafraîchi*.

Pour la plupart des écrans, la fréquence de rafraîchissement (également appelée *fréquence de balayage verticale*) idéale est d'environ 85 Hz, c'est-à-dire que l'écran est rafraîchi 85 fois par seconde. Si cette fréquence est trop faible, l'image scintillera et vos yeux se fatigueront plus rapidement. Plus la fréquence de rafraîchissement est élevée, moins la fatigue visuelle est grande. Les moniteurs d'entrée de gamme affichent souvent des fréquences de rafraîchissement correctes uniquement pour les résolutions de 640 × 480 et 800 × 600. Exigez un écran dont la fréquence de rafraîchissement soit élevée, même à une résolution de 1024 × 768 et plus.

Il est également important que la fréquence de rafraîchissement de votre moniteur soit identique à celle de votre carte vidéo. Si ces valeurs ne correspondent pas, vous ne verrez pas d'image et vous risquez d'endommager votre moniteur. En général, les cartes vidéo offrent une gamme de fréquences de rafraîchissement plus étendue que celle des écrans. Pour cette raison, la fréquence de rafraîchissement par défaut utilisée par la plupart des cartes vidéo est relativement faible (60 Hz, le plus souvent) afin d'éviter d'endommager le moniteur. Cette fréquence peut être ajustée par l'intermédiaire de la fenêtre Propriétés d'affichage du panneau de configuration de Windows.

Moniteurs multifréquences

Bien que certains moniteurs très anciens aient une fréquence de rafraîchissement fixe, quasiment tous sont capables d'adopter plusieurs fréquences et peuvent donc supporter les standards vidéo actuels et futurs (voir section "Cartes vidéo", plus loin dans ce chapitre). Les moniteurs capables de supporter plusieurs standards vidéo sont dits "multifréquences". La plupart des moniteurs sont aujourd'hui multifréquences et sont compatibles avec un grand nombre de standards vidéo courants. Selon les fabricants, les moniteurs multifréquences peuvent porter différents noms : *multisync*, *multifrequency*, *multiscan*, *autosynchronous* ou encore *autotracking*.

Infos

Bien que les moniteurs du marché prennent en charge un grand nombre de standards vidéo, il faut généralement ajuster l'affichage manuellement pour obtenir une image optimale.

Tubes bombés et tubes plats

Les écrans à tube cathodique peuvent être bombés ou plats. Les anciens étaient toujours bombés, c'est-à-dire incurvés vers l'arrière à partir du centre. Cette conception est également celle des tubes cathodiques de la plupart des téléviseurs. Ce type de tube ne coûte pas cher à produire mais l'incurvation de la surface peut entraîner des reflets et un phénomène de distorsion, surtout dans une pièce

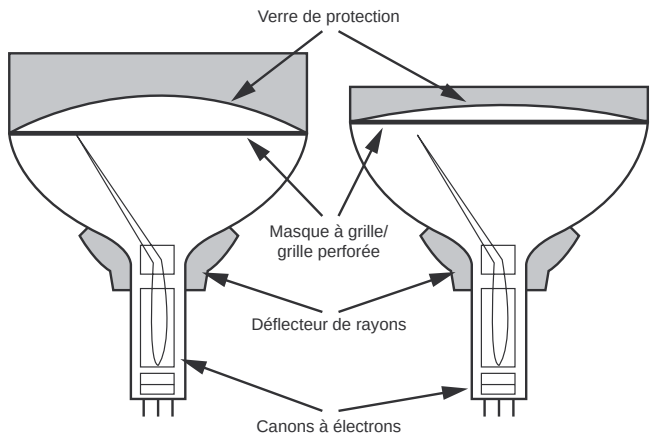
très éclairée. Certains fabricants appliquent un traitement antireflet pour rendre la surface des tubes moins réfléchissante.

Les écrans traditionnels sont incurvés à la fois verticalement et horizontalement. Certains modèles sont équipés d'un tube Trinitron, de Sony, dont certaines versions ne sont incurvées qu'horizontalement et sont plates verticalement. Ces écrans sont dits "plats" (système FST).

De nombreux constructeurs commercialisent actuellement des écrans à tube cathodique qui sont plats à la fois verticalement et horizontalement. Beaucoup d'utilisateurs préfèrent ces écrans, car ils produisent une image moins éblouissante, plus précise et, globalement, de meilleure qualité.

La Figure 11.7 compare les coupes de deux écrans à tube cathodique, l'un à tube bombé, l'autre à tube plat.

Figure 11.7
À gauche, un tube cathodique classique (bombé) ; à droite, un tube plat Sony Trinitron FD.



Écran cathodique ou écran LCD ?

Les écrans à tube cathodique ont été prédominants pendant de nombreuses années. Ces dernières années toutefois, les écrans LCD se sont imposés sur les PC. Les écrans à tube cathodique conservent malgré tout quelques avantages, comme :

- **Un plus grand angle d'affichage, sans distorsion de couleur.** Si vous préférez un moniteur à un projecteur pour une présentation à un petit groupe, vous obtiendrez un rendu précis des couleurs et de bons détails de l'image pour quasiment toutes les personnes capables de voir l'écran, malgré un angle de visualisation important. Même si les écrans LCD récents proposent des angles supérieurs (jusqu'à 170° ou plus à l'horizontale et jusqu'à 120° à la verticale), un écran cathodique sera toujours supérieur.
- **Un coût initial inférieur.** Bien que le prix des LCD ait considérablement chuté, vous pouvez trouver des écrans à tube cathodique pour un coût inférieur, notamment les équipements d'occasion.

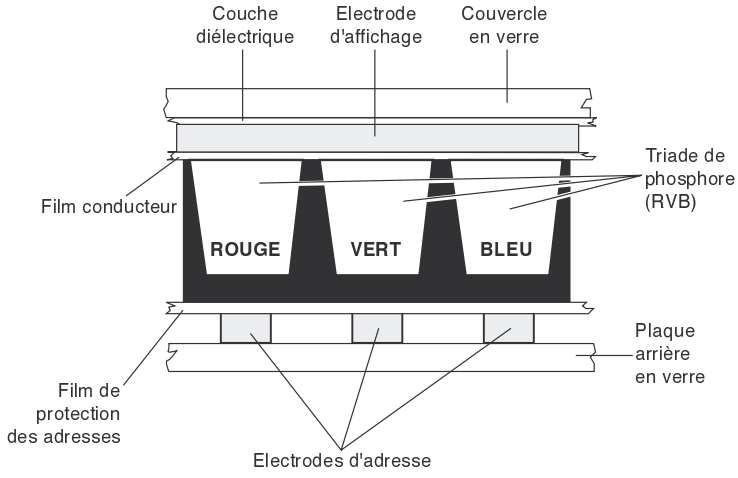
- **La flexibilité de la résolution.** Les derniers écrans LCD proposent une qualité supérieure avec des résolutions non natives par rapport aux anciennes conceptions, mais les écrans cathodiques haut de gamme restent la référence pour obtenir une large gamme de résolutions. N'oubliez pas que vous devrez affiner chaque combinaison de résolution et de taux de rafraîchissement avec les commandes d'affichage à l'écran du moniteur, à chaque fois que vous utilisez une combinaison particulière. La mémoire RAM non volatile du moniteur conserve les réglages en mémoire et les applique automatiquement dès que vous entrez dans ce mode.
- **Le temps de réponse.** Un écran à tube cathodique, même peu cher, assure un temps de réponse instantané lorsque vous diffusez une vidéo intégrale ou que vous jouez, si le taux de rafraîchissement recommandé est sélectionné pour la résolution (72 Hz-85 Hz). Toutefois, si vous faites appel à un écran LCD, vérifiez qu'il accepte des temps de réponse de 5 ms ou moins. De nombreux écrans LCD d'entrée de gamme assurent des temps de réponse plus longs.

Écran plasma

La technologie plasma, la plus récente en matière d'affichage grand écran, a déjà une longue histoire. À la fin des années 1980, IBM développait un écran plasma monochrome affichant le texte et les images en orange sur un fond noir. Toshiba a utilisé cet écran sur ses ordinateurs portables T3100 et T3200, à solution graphique 640 × 400 compatible CGA/AT&T à double balayage.

Contrairement aux premiers écrans plasma monochromes d'IBM, les écrans plasma actuels sont des périphériques RVB capables d'afficher des signaux couleur TV ou DVD en 24 ou 32 bits. Ils produisent une image par l'intermédiaire d'un gaz chargé électriquement (plasma) pour illuminer des triades de phosphores rouges, verts et bleus comme à la Figure 11.8.

Figure 11.8
Coupe latérale d'un écran plasma.



Les électrodes d'affichage et d'adressage créent une grille permettant l'adressage individuel de chaque sous-pixel. En ajustant les différences de tension entre électrodes d'affichage et d'adressage pour chaque triade de sous-pixels, la source contrôle l'image.

Les écrans plasma vont de 42 pouces à 50 pouces, voire plus. En raison de leur conception initiale permettant d'utiliser des sources vidéo DVD, TV et HDTV, leur résolution est généralement de 852 × 480 ou 1366 × 768 en Wide XGA (certaines unités proposent une résolution de 1024 × 768 ou 1280 × 1024 [en 4/3]). Au vu de la résolution limitée de certains écrans plasma, ils sont mieux employés dans un environnement de loisirs plutôt que pour l'informatique, même si certains acceptent des ports VGA et DVI-HDCP (DVI-D), ce qui permet de les employer avec des PC pour lire de la vidéo.

Critères d'achat d'un écran

Vous trouverez en magasin un vaste choix de moniteurs, depuis l'écran bas de gamme vendu avec l'ordinateur aux écrans de grande taille dont le prix peut dépasser celui de nombreux systèmes complets. Étant donné que le prix de l'écran peut représenter une grosse part du coût total d'un système, ce choix ne doit pas être fait à la légère.

Les facteurs à prendre en considération sont :

- la taille d'image visible;
- la résolution;
- le pas de masque (écrans à tube cathodique);
- la luminosité et le contraste de l'image (écrans LCD);
- la gestion de l'alimentation et la certification de sécurité;
- les fréquences verticale et horizontale;
- les contrôles d'image;
- les paramètres environnants (éclairage, taille et poids).

Cette section examine chacun de ces aspects d'un écran afin de vous aider à faire le bon choix, que vous optiez pour un modèle LCD ou pour un écran à tube cathodique.

La bonne taille

La taille des moniteurs s'exprime en pouces – un pouce équivaut à 2,54 cm – et la dimension indiquée est la longueur de la diagonale. Il existe différentes tailles, de 15 pouces à 42 pouces pour les plus gros modèles. Plus la taille du moniteur est importante, plus son prix est élevé. Dès que vous allez au-delà de 19 pouces, les prix s'envolent. Les écrans à tube cathodique les plus courants sont de 17, 19 et 21 pouces. Malheureusement, la diagonale mesurée ne représente pas systématiquement la taille réelle de l'image affichée à l'écran; elle exprime en réalité la taille du tube.

Bien que certains fournisseurs fabriquent des écrans LCD aussi petits que 14 pouces, la plupart se concentrent désormais sur des formats de 17 pouces et plus. Si vous comparez les écrans à tube

cathodique et les écrans LCD, n'oubliez pas que la taille d'un écran LCD correspond à sa zone d'affichage active, tandis que celle d'un tube cathodique est généralement diminuée d'un pouce. La zone d'affichage active fait référence à la mesure de la diagonale de la zone éclairée à l'écran. Autrement dit, sous Windows, la zone d'affichage correspond à la mesure réelle de la diagonale du Bureau.

Il est possible d'ajuster l'affichage de sorte qu'il génère une image recouvrant la totalité du tube. Sur d'autres modèles moins chers, il est également possible de remplir complètement l'écran, mais seulement en poussant le moniteur au-delà de ses limites normales. Il en résulte alors une image de moins bonne qualité que l'image plus petite, qui est elle, correctement ajustée.

Le moniteur de 17 pouces représente dans la plupart des cas le meilleur compromis. Cette taille est le plus souvent recommandée pour les nouveaux ordinateurs, notamment pour travailler sous Windows. Elle reste d'un coût abordable même comparée aux moniteurs de 15 pouces. Pour la plupart des applications classiques, un moniteur de 17 pouces est donc le minimum à envisager. Pour les systèmes haut de gamme, il est préférable d'opter pour un moniteur de 19 à 21 pouces, notamment s'il doit être utilisé pour des applications graphiques.

Les moniteurs de taille importante se prêtent tout particulièrement aux applications telles que la PAO et la CAO, pour lesquelles le moindre détail doit être visible. Avec un écran de 17 pouces ou plus, il est possible de voir presque entièrement une page de 21,6 × 29,7 cm en mode d'affichage 100 %. En d'autres termes, l'écran permet de visualiser la page telle qu'elle se présentera après impression. Si vous pouvez voir l'intégralité de la page à l'écran et à sa taille réelle, vous vous épargnerez la peine d'imprimer plusieurs brouillons avant d'obtenir le résultat souhaité.

La question de la taille et de la résolution du moniteur prend encore plus d'importance avec le développement d'Internet. La plupart des pages web sont conçues pour une résolution de 800 × 600 pixels au moins. Même si les moniteurs de 15 pouces gèrent très bien cette résolution, il faut leur préférer les 17 pouces, qui permettent de voir confortablement tous les sites web sans fatigue visuelle ni défilements excessifs.

Infos

Bien que nombre de moniteurs de moins de 17 pouces soient parfaitement capables de fonctionner à une résolution de 1 024 × 768 pixels, voire davantage, la plupart des utilisateurs éprouvent des difficultés à lire les informations à une telle résolution. Une solution partielle consiste à activer l'affichage des grandes icônes dans la fenêtre Propriétés de Affichage de Windows. Sous Windows 98/Me/2000/XP, sélectionnez Effets, Utiliser de grandes icônes. Sous Windows Vista, faites un clic droit sur le Bureau et choisissez Propriétés pour ouvrir le menu //Personnalisation. Pour modifier la taille des icônes, cliquez sur //Adjust font size (DPI) dans le volet //Tâches.

Windows 95 n'intègre pas d'option permettant d'agrandir uniquement les icônes. Vous pouvez employer l'onglet Paramètres et sélectionner Grandes polices, mais certains programmes ne fonctionnent pas correctement quand les polices sont agrandies.

Résolution

La résolution représente le niveau de détails qu'un moniteur peut afficher. Cette valeur s'exprime par le nombre de pixels que l'écran peut afficher dans les sens horizontal et vertical. Plus il y a de pixels, plus l'image est détaillée. La résolution nécessaire dépend du logiciel utilisé. Les logiciels ne traitant que des caractères (comme les programmes DOS en ligne de commande) se contentent d'une résolution faible, tandis que les logiciels graphiques (comme les logiciels de publication et autres logiciels Windows) ont besoin d'une résolution élevée.

Il est important de savoir que, de par leur conception, les écrans à tube cathodique sont prévus pour gérer des résolutions différentes. Par contre, les écrans LCD, qu'ils équipent un ordinateur de bureau ou un portable, sont conçus pour fonctionner dans leur résolution native ; pour permettre d'autres choix à l'utilisateur, ils doivent redimensionner leur affichage. La qualité du redimensionnement effectué par les écrans LCD modernes est supérieure à celle des premiers modèles, mais elle reste inférieure à celle des écrans à tube cathodique.

Alors que la technologie des écrans PC se développe, les résolutions d'écran supportées par les cartes vidéo ont régulièrement augmenté. La liste suivante présente les résolutions standard utilisées dans les cartes vidéo pour PC et les termes couramment employés pour les désigner.

Résolution	Sigle	Désignation standard
640 × 480	VGA	*Video Graphics Array* (matrice graphique vidéo)
800 × 600	SVGA	Super VGA
1280 × 1024	UVGA	Super XGA
1600 × 1200	UXGA	Ultra XGA

Aujourd'hui, le terme "VGA" est toujours très employé pour faire référence à l'affichage standard en 16 couleurs à une résolution de 640 × 480 pixels, que la plupart des versions de Windows emploient par défaut. Le connecteur à 15 broches qui permet de relier le moniteur à la plupart des cartes vidéo est également appelé "connecteur VGA". Un connecteur plus gros, à 24 broches, est utilisé sur les écrans DVI-D, tandis que les écrans DVI-I emploient une version à 29 broches du connecteur DVI-D.

Les sigles "SVGA", "XGA", "SXGA" et "UVGA", en revanche, ne sont plus employés. À la place, on utilise le nombre de pixels qu'ils désignent. Presque toutes les cartes vidéo sont capables d'afficher à une résolution de 640 × 480, 800 × 600, 1024 × 768 pixels et 1280 × 1024, et cela à différentes profondeurs de couleur. Nombre d'entre elles peuvent même monter à 1600 × 1200 pixels, voire davantage.

Tous les écrans à tube cathodique et, désormais, certains écrans LCD peuvent gérer différentes résolutions. Vous êtes donc libre de choisir celle qui vous convient. Comme vous le verrez plus loin dans ce chapitre, le choix de la combinaison d'une résolution et d'un nombre de couleurs affichées à l'écran peut être limité par la quantité de RAM de votre carte vidéo. Il peut aussi être fonction de la

mémoire système allouée à la fonction vidéo si le circuit vidéo est incorporé au chipset de la carte mère. Si vous passez à un écran plus grand et si vous ne pouvez pas bénéficier de la profondeur de couleur voulue, une nouvelle carte vidéo et un supplément de RAM constituent des mises à jour souhaitables. Il était autrefois possible d'accroître la mémoire de la carte vidéo, mais ce n'est généralement pas le cas aujourd'hui.

Quelle résolution d'écran adopter ? Généralement, plus la résolution est élevée, plus il vous faut un écran de grande taille. Pourquoi ? Parce que les icônes Windows et le texte utilisent un nombre de pixels constant et que, par conséquent, une résolution élevée rend ces éléments plus petits sur le Bureau Windows. En employant un écran plus grand (17 pouces ou plus), vous pouvez faire appel à des paramètres de résolution plus élevés tout en conservant des textes et des icônes lisibles. Même s'il est possible de modifier la taille des icônes et du texte, il en résulte souvent d'autres problèmes avec la mise en forme dans diverses fenêtres et boîtes de dialogue ; mieux vaut conserver les tailles par défaut.

Pour comprendre le problème, essayez plusieurs résolutions sur votre ordinateur. Lorsque vous passerez de 1024 × 768 à 1280 × 1024, vous remarquerez les changements d'apparence de votre écran.

En mode 1024 × 768 ou moins, le texte et les icônes sont très gros. Comme les éléments du Bureau de Windows 9x/Me/2000 et des menus des logiciels ont une hauteur et une largeur fixe en pixels, vous remarquerez que leur taille diminue lorsque vous utilisez une résolution supérieure. Vous verrez une plus grande partie des documents ouverts, car les différents objets prennent moins de place.

Si vous travaillez en 1024 × 768, un moniteur à tube cathodique de 14 pouces ou LCD de 15 pouces devrait être assez confortable. En 1280 × 1024, vous trouverez sans doute qu'un moniteur à tube cathodique de 17 pouces est trop petit et lui préférerez un écran à tube cathodique de 19 pouces ou LCD de 17 pouces. Le tableau qui suit montre les dimensions minimales en 4/3 recommandées en fonction de la résolution choisie.

Résolution	Moniteur à tube cathodique recommandé	Moniteur LCD recommandé
800 × 600	15 pouces	14 pouces
1024 × 768	17 pouces	15 pouces
1280 × 1024	19 pouces	17 pouces
1600 × 1200	21 pouces	18 pouces

De nombreux écrans LCD du marché, en 19 pouces ou plus, emploient des conceptions grand écran de 16/10. Le tableau qui suit présente les tailles ordinaires et leurs résolutions.

Bien que ce ne soient pas là les limites absolues des caractéristiques d'un moniteur à tube cathodique donné, ce sont des recommandations. Sur un petit écran réglé à une résolution élevée, les caractères, les icônes et les autres informations sont trop petits pour la plupart des utilisateurs et cela peut

Taille de l'écran LCD	Résolution native ordinaire
19"	1440 × 900
20,1"	1680 × 1050
24"	1920 × 1200
30"	2560 × 1600

provoquer une fatigue oculaire. Les moniteurs à tube cathodique bon marché produisent souvent une image floue quand ils sont paramétrés sur leur résolution maximale.

Les écrans LCD présentent un autre problème : ils fonctionnent mieux avec leur résolution native. Ainsi, si vous disposez d'un écran LCD 4/3 de 19 pouces avec une résolution native de 1280 × 1024, préférez constamment cette résolution pour avoir des images et un texte nets et clairs.

Les écrans LCD de portables et d'ordinateurs de bureau, en revanche, sont toujours parfaitement nets par nature à condition de toujours s'exécuter à leur résolution native. En outre, les dimensions annoncées représentent la taille exacte de l'image affichable, à la différence des moniteurs à tube cathodique. Par ailleurs, l'image d'un écran LCD est tellement nette qu'un écran d'une taille donnée gérera parfaitement des résolutions supérieures à celles qui seraient acceptables sur un écran à tube cathodique.

Par exemple, la plupart des portables haut de gamme actuels disposent d'écrans larges LCD de 17 pouces qui offrent une résolution de 1280 × 800 ou 1440 × 900. Alors que cette résolution ne serait pas acceptable sur un écran de 15 pouces à tube cathodique, elle fonctionne à merveille sur un écran LCD de même taille à cause de la netteté de l'image produite par les cristaux.

Pas de masque

Le pas de masque est un critère important pour évaluer la qualité d'un moniteur, qui est contrôlée par la conception du masque à grille sur un écran à tube cathodique. Le masque à grille est une plaque de métal placée à l'avant du tube, près des couches de phosphore. Il possède des milliers de petits trous qui récupèrent le rayonnement de chaque canon à électrons de manière à n'illuminer que le phosphore dont le point de couleur est le bon à un moment donné. Étant donné l'extrême rapidité du rafraîchissement de l'écran (de 60 à 85 fois par seconde), tous les points semblent illuminés en permanence. Le masque empêche le canon à électrons d'illuminer les mauvais points.

Sur un écran monochrome, le pixel est un phosphore d'écran ; sur un moniteur couleur, il s'agit d'un triplet de phosphores, autrement dit un groupe de trois points de phosphore (rouge, vert et bleu). Le pas de masque, qui ne s'applique qu'aux écrans couleur, est la distance en millimètres entre deux triplets de phosphore, mesurée entre le centre d'un point de phosphore donné et le point de phosphore de même couleur du triplet adjacent. Les écrans avec un pas de masque réduit ont une distance plus petite entre deux triplets de phosphore. Par conséquent, les pixels sont plus proches les uns des autres, ce qui produit une image plus nette. À l'inverse, plus le pas de masque est grand, moins les images sont nettes. La Figure 11.9 illustre le pas de masque.

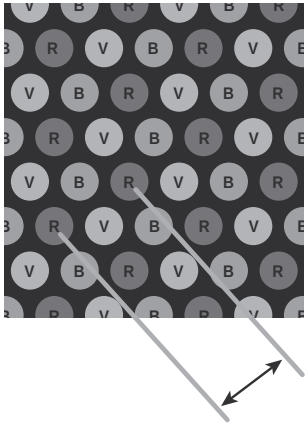


Figure 11.9
Le pas de masque est la distance entre chaque triplet de phosphore. Un petit pas de masque produit des images plus nettes.

Infos *La notion de pas de masque ne concerne pas les écrans LCD, du fait de leur conception qui fait appel à des transistors et non à des triplets de phosphore.*

Le pas de masque du moniteur couleur du premier IBM PC était de 0,43 mm; cette valeur est peu performante quel que soit le standard. La plupart des écrans ont aujourd'hui un pas de masque qui oscille entre 0,25 et 0,27 mm, les écrans haut de gamme se situant aux valeurs les plus faibles. Pour éviter que l'image soit granuleuse, optez pour un écran ayant un pas de masque de 0,26 mm au maximum. Au-dessus de 0,28 mm, les moniteurs manquent de précision pour les images et les textes fins. Bien qu'il soit possible de faire des économies en étant peu exigeant sur la qualité du pas de masque, le jeu n'en vaut souvent pas la chandelle.

Les moniteurs équipés de tubes cathodiques Sony Trinitron ou Mitsubishi DiamondTron emploient une grille perforée qui utilise des rayures verticales pour séparer les phosphores rouge, vert et bleu, au lieu du masque à grille. L'image est plus nette, mais les fils de stabilisation que vous voyez à la Figure 11.10 sont visibles de près. Pour ce type d'écran, on ne mesure pas le pas de masque entre les points, mais entre les rayures. Une valeur de 0,25 mm est alors comparable à 0,27 mm sur les écrans conventionnels.

Certains écrans NEC font appel à une variante de la grille perforée qui donne plus de luminosité que les masques à grille standard et une plus grande stabilité mécanique (voir Figure 11.10).

Le pas de masque est l'une des caractéristiques les plus importantes d'un écran à tube cathodique, mais ce n'est pas la seule. Il vous arrivera peut-être de trouver un écran meilleur avec un pas de masque légèrement supérieur à celui d'un autre. Rien ne remplace cependant l'observation attentive de l'écran avec des images et du texte lorsque vous envisagez un achat.

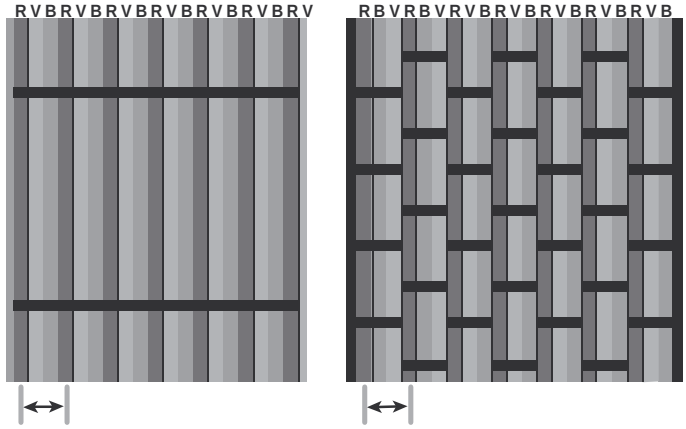


Figure 11.10
Les tubes à grille perforée (à gauche) organisent leurs phosphores en rayures verticales tandis qu'un ou deux fils de renforcement sont présents, selon la taille de l'écran. Le tube à masque à fentes CromaClear de NEC (à droite) possède les avantages du masque à grille et de la grille perforée.

Luminosité et contraste (écran LCD)

Comme nous l'avons déjà précisé, le pas de masque est un paramètre qui ne concerne pas les écrans LCD. Bien qu'ils soient applicables aux deux types d'écrans, la luminosité et le contraste sont deux facteurs essentiels pour juger de la qualité d'un écran LCD.

Sur un écran à tube cathodique, une luminosité insuffisante est révélatrice d'un mauvais réglage ou d'une mort prochaine. Sur un écran LCD, la luminosité peut varier considérablement d'un modèle à l'autre. Elle se mesure en candela par mètre carré et a donné naissance à une unité qui, pour une raison obscure, a été appelée "nit". L'échelle dans laquelle doit se situer un écran, qu'il soit analogique ou numérique, varie entre 200 et 450 nits. La meilleure combinaison consiste à avoir un taux de nits (à partir de 300) et un taux de contraste élevés.

Moniteurs entrelacés et non entrelacés

Les moniteurs à tube cathodique et les cartes vidéo peuvent travailler en affichage entrelacé ou non entrelacé. En mode *non entrelacé* (qui est la norme), le rayon d'électrons balaye l'écran en lignes horizontales de haut en bas, une ligne après l'autre, en une seule passe. En mode *entrelacé*, le balayage de l'écran s'effectue également de haut en bas, mais le rayon d'électrons effectue deux passes, balayant d'abord les lignes impaires puis les lignes paires. Chaque passe nécessite la moitié du temps qu'il faut pour une passe complète en mode non entrelacé. Sur les premiers écrans haute résolution, comme l'IBM 8514/A, le mode entrelacé permettait d'atteindre des résolutions maximales, mais sur tous les moniteurs récents haute résolution (à partir de 1024 × 768), le mode entrelacé n'est plus d'actualité, ce qui évite de ralentir les temps de réponse et donc le scintillement de l'écran.

Énergie et sécurité

Les écrans, comme presque tous les appareils consommant de l'électricité, sont conçus pour économiser de l'énergie. Pratiquement tous les écrans commercialisés ces dernières années possèdent le logo Energy Star, délivré par l'Agence pour la protection de l'environnement. Pour cela, ils doivent

réduire leur consommation à 30 W ou moins en période de non-utilisation. Les caractéristiques de gestion de l'énergie des écrans, ainsi que les contrôles offerts par le BIOS de l'ordinateur dans les versions récentes de Windows, contribuent à réduire votre facture l'électricité.

✔ Pour plus d'informations sur la gestion d'énergie, reportez-vous au Chapitre 16, page 905.

Gestion de l'énergie

La norme d'économie d'énergie des moniteurs la plus connue est sans doute le standard DPMS (*Display Power-Management Signaling*, signalisation d'écran pour la gestion d'énergie) de la VESA, qui définit les signaux par lesquels l'ordinateur doit annoncer les périodes d'inactivité au moniteur. Le système d'exploitation décide normalement du moment auquel ces signaux doivent être envoyés.

Sous Windows 9x/Me/2000/XP, vous devez activer cette fonction si vous souhaitez l'utiliser, car elle est désactivée par défaut. Pour cela, sous Windows 9x/Me, affichez la boîte de dialogue des Propriétés d'affichage, cliquez sur l'onglet Écran de veille, puis vérifiez que les paramètres d'écran de veille et d'économie d'énergie du moniteur sont bien réglés. Ajustez la durée d'inactivité du système au terme de laquelle l'écran va devenir noir et celle au terme de laquelle il va s'éteindre complètement. Sous Windows 2000/XP/Vista, vous pouvez passer par l'icône Options d'alimentation pour gérer l'alimentation du moniteur et des autres périphériques. Vous pouvez aussi employer l'onglet Écran de veille de la fenêtre Propriétés et cliquer sur le bouton Gestion de l'alimentation. Sous Windows Vista, vous accédez aux commandes de l'écran de veille dans le menu //Personnalisation.

Intel et Microsoft ont élaboré conjointement la spécification APM *(Advanced Power Management*, gestion d'énergie avancée), qui définit une interface reposant sur le BIOS et qui intervient entre le matériel doté de fonctions de gestion d'énergie et le système d'exploitation qui implémente ces fonctions. En bref, cela signifie qu'il est possible de configurer un système d'exploitation tel que Windows 9x pour qu'il fasse basculer le moniteur en mode de consommation d'énergie réduite au terme d'un intervalle d'inactivité. Le système d'exploitation peut même éteindre complètement le moniteur. Pour que ce système fonctionne toutefois, il faut que le moniteur, le BIOS et le système d'exploitation soient compatibles avec le standard APM.

Avec Windows 98/Me/2000/XP, Microsoft a introduit un système de gestion de l'alimentation plus souple, appelé ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*), qui permet de désactiver l'alimentation de tous les périphériques classiques reliés à l'ordinateur (écran, disque dur, imprimante, lecteur de CD-ROM, carte réseau, etc.), mais aussi d'appareils électroménagers comme un magnétoscope, un téléphone ou une chaîne stéréo s'ils sont reliés au PC.

Bien que la compatibilité APM ait été standardisée dans les BIOS depuis de nombreuses années, certains modèles de grandes marques ont eu besoin d'une mise à jour du BIOS pour fonctionner avec le standard ACPI lors du lancement de Windows 98.

Infos

Le support ACPI est installé sur les ordinateurs équipés de Windows 98 et versions ultérieures uniquement si un BIOS compatible ACPI a été détecté lors de la première installation de Windows. Si ce BIOS a été installé après Windows, il sera ignoré.

Le Tableau 11.3 vous aidera à choisir les paramètres de gestion de l'alimentation les mieux adaptés à vos besoins. Les ordinateurs les plus récents permettent de sélectionner des valeurs différentes pour la mise en veille (qui économise en fait très peu d'énergie) et la suspension (qui économise plus d'énergie, mais oblige l'utilisateur à attendre quelques secondes lors de la réactivation).

Tableau 11.3 : Modes de gestion d'énergie DPMS

Mode	Horizontal	Vertical	Vidéo	Économie d'énergie	Temps de réactivation
Activité	Impulsions	Impulsions	Active	Aucune	Néant
Veille	Aucune impulsion	Impulsions	Inactive	Minimale	Court
Suspension	Impulsions	Aucune impulsion	Inactive	Substantielle	Long
Arrêt	Aucune impulsion	Aucune impulsion	Inactive	Maximale	Variable suivant modèle

Quasiment tous les moniteurs dotés de fonctions de gestion d'énergie sont conformes à la norme EPA qui spécifie que la consommation du moniteur doit tomber à 15 watts ou moins quand l'ordinateur n'est pas utilisé. En outre, certains moniteurs du marché respectent la norme Energy 2000 (E2000), apparue en Suisse. La norme E2000 indique que le moniteur doit consommer 5 watts ou moins en mode veille. Notez que les écrans LCD consomment beaucoup moins que les écrans à tube cathodique en mode fonctionnement ou veille.

Émissions (écrans à tube cathodique)

En matière de moniteurs cathodiques "verts", la tendance est actuellement de lutter contre les nuisances causées par les champs électromagnétiques sur la santé de l'utilisateur. Selon plusieurs études médicales, les émissions électromagnétiques peuvent se révéler dangereuses puisqu'elles peuvent provoquer des fausses couches et des cancers, et accroître le taux de mortalité infantile. Ce risque, certes faible, est bien réel si vous passez un tiers de vos journées, voire davantage, devant un moniteur d'ordinateur à tube cathodique.

Les chercheurs pensent que les émissions à fréquences très basse et extrêmement basse peuvent affecter le corps humain. Ces émissions peuvent se présenter sous deux formes : électriques et magnétiques. Certaines recherches ont établi que les émissions à fréquence extrêmement basse étaient plus dangereuses que les émissions à fréquence très basse car elles interfèrent avec l'activité électrique naturelle des cellules du corps humain. Les moniteurs ne sont pas les seuls concernés ; les couvertures électriques et les lignes électriques génèrent également des émissions à fréquence extrêmement basse.

Infos

Les émissions à fréquences très basse et extrêmement basse sont une forme de radiation électromagnétique; elles sont constituées de fréquences radio situées en dessous du seuil utilisé par les stations de radio.

Les standards présentés au Tableau 11.4 ont été établis afin de réglementer les émissions et d'autres aspects relatifs au fonctionnement des écrans. Ceux-ci ont été mis en place par des organismes suédois, mais sont reconnus et implémentés partout dans le monde.

Tableau 11.4 : Standards d'émission des écrans

Nom du standard	Organisme	Date de mise en œuvre	Réglemente	Remarques
MPR I	SWEDAC	1987	Émissions des écrans	Remplacé par MPR II
MPR II	SWEDAC	1990	Émissions des écrans	Ajoutait des seuils maximaux aux émissions à fréquence très basse et extrêmement basse; c'est le standard minimal sur les écrans récents.
TCO	TCO	1992, 1995, 1999, 2003	Limites d'émission des écrans plus sévères que le MPR II; gestion de l'alimentation	TCO 95 et TCO 99 ajoutent des classes de périphériques supplémentaires au standard TCO.

SWEDAC = *Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment*.
TCO = acronyme de la Confédération suédoise des salariés.

Aujourd'hui, on peut dire que tous les moniteurs du marché supportent les standards élaborés par le TCO.

Si vous utilisez un écran ancien non conforme aux normes TCO, vous pouvez prendre des précautions pour vous protéger. Veillez en priorité à toujours vous tenir à plus de 70 cm du moniteur. Lorsque vous vous en éloignez un peu, les émissions à fréquence extrêmement basse baissent, pour ne plus être que de l'ordre de celles d'un tube fluorescent ordinaire tel que ceux qui éclairent les bureaux. C'est à l'avant du moniteur que les émissions sont les moins fortes. Tenez-vous à au moins un mètre des côtés et de l'arrière. Veillez également à être éloigné d'au moins 1,5 m de tout photocopieur, appareil qui génère beaucoup d'émissions à fréquence extrêmement basse.

Enfin, les émissions ne sont pas les seules nuisances dont vous devez vous méfier. Veillez également à vous protéger contre l'éblouissement de l'écran. Certains écrans anti-éblouissement réduisent non seulement la fatigue oculaire, mais aussi les émissions à fréquence très basse et extrêmement basse.

Infos

Étant donné que les écrans à plasma et à cristaux liquides (LCD) n'emploient pas de canon à électrons ni d'aimant, ils ne produisent pas d'émissions à très basse fréquence.

Fréquences d'affichage

Avant d'acheter un moniteur, vous devez vérifier qu'il fonctionnera avec la carte vidéo que vous avez choisie. Aujourd'hui, pratiquement tous les moniteurs sont multifréquences, ce qui permet de travailler avec différents standards d'affichage, notamment avec ceux qui n'ont pas encore été normalisés. Cependant, il existe de grosses différences dans la façon dont les moniteurs coopèrent avec les cartes vidéo.

Astuces

Un moniteur de qualité se déprécie moins rapidement que la plupart des autres composants informatiques. S'il arrive souvent aux consommateurs de constater qu'un nouveau processeur vient de sortir alors qu'ils ont acheté un nouvel ordinateur quelques semaines auparavant, ou alors que leur ordinateur est maintenant vendu avec un disque dur plus gros au même prix, un bon moniteur a une durée de vie généralement plus longue que l'ordinateur lui-même. Si vous anticipez vos besoins futurs au moment d'acheter un moniteur, il est probable qu'il vous fera économiser de l'argent sur votre prochain ordinateur en vous épargnant l'achat d'un nouveau moniteur.

Voici quelques fonctions utiles dont vous pouvez vérifier la présence sur le modèle d'écran que vous souhaitez acheter :

- contrôles numériques placés à l'avant, capables de mémoriser les réglages de l'écran ;
- possibilité de programmer sur l'écran, de manière à visualiser en temps réel les paramètres appliqués (taille et position de l'écran) ;
- mode autotest, qui affiche une image même lorsque l'écran ne reçoit aucun signal de l'ordinateur.

Si vous souhaitez acheter un moniteur à tube cathodique multifréquence, vous devez vérifier que les fréquences verticale et horizontale qu'il accepte sont compatibles avec votre carte vidéo. Plus la gamme de fréquences acceptée est étendue, plus le prix du moniteur est élevé et plus le moniteur est polyvalent. La *fréquence de balayage verticale* (encore appelée fréquence de rafraîchissement ou fréquence de trame) détermine la stabilité de l'image. Plus cette fréquence est élevée, plus l'image est stable. Elle est généralement comprise entre 50 et 160 Hz, mais les moniteurs multifréquences possèdent différentes fréquences verticales selon la résolution. Un moniteur peut avoir une fréquence verticale de 120 Hz en 640 × 480, et elle peut tomber à 66 Hz en 1280 × 1024. La *fréquence de balayage horizontale* (ou fréquence de ligne) est généralement comprise entre 31,5 et 90 kHz, voire davantage. Par défaut, la plupart des cartes vidéo emploient une fréquence verticale de 60 Hz afin de ne pas endommager le moniteur.

Bien que les écrans LCD emploient des fréquences verticales inférieures à celles des écrans à tube cathodique, de par leur conception, ils ne scintillent pas. En effet, ils utilisent des transistors pour activer tous les pixels de l'image simultanément, et non un faisceau d'électrons qui balaye l'écran de haut en bas.

Fréquence de rafraîchissement (fréquence verticale)

La fréquence de rafraîchissement, également appelée fréquence de balayage verticale, est la fréquence à laquelle l'affichage de l'écran est rafraîchi. Elle se mesure en hertz (Hz). Une fréquence de rafraîchissement de 72 Hz signifie que l'écran est mis à jour 72 fois par seconde. Une fréquence de rafraîchissement trop basse fait scintiller un écran à tube cathodique, ce qui augmente beaucoup la

fatigue visuelle. Plus un écran a une fréquence de rafraîchissement élevée, plus il est confortable. À retenir pour ceux qui passent du temps devant leur écran.

Une fréquence de rafraîchissement qui ne fait pas scintiller l'écran est assez élevée pour que l'œil ne perçoive pas ce scintillement. Elle dépend de la résolution de l'écran dans la mesure où les résolutions élevées impliquent des fréquences de rafraîchissement également plus élevées. Une fréquence de rafraîchissement trop élevée peut ralentir l'affichage ; il vous faut donc employer la fréquence la plus basse qui reste confortable pour vos yeux.

La fréquence de rafraîchissement est un critère important à prendre en compte lorsque vous achetez un écran, surtout si vous envisagez de travailler en 1024 × 768 ou plus. Les moniteurs bon marché atteignent rarement des fréquences de rafraîchissement satisfaisantes. Ils ont donc tendance à scintiller et font rapidement mal aux yeux.

Le Tableau 11.5 compare deux écrans de 19 pouces. Notez la différence entre les fréquences de rafraîchissement supportées par deux moniteurs de 19 pouces à tube cathodique : le E90fB et le G90fB, de ViewSonic. Le moniteur E90fB est vendu aux alentours de 200 dollars, tandis que le G90fB coûte environ 230 dollars. Notez que la résolution à laquelle le G90fB offre une fréquence de rafraîchissement sans scintillement est supérieure à celle du E90fB. Toutes les cartes vidéo récentes acceptent des fréquences de rafraîchissement supérieures à celles qui sont acceptées par les deux moniteurs. Les fréquences les plus élevées sont cependant inutilisables, car la sélection d'une fréquence de rafraîchissement supérieure à celle qu'un moniteur peut accepter risque de l'endommager.

Tableau 11.5 : Comparaison des fréquences de rafraîchissement

Résolution	Moniteur ViewSonic E90fB (19 pouces)	Moniteur ViewSonic G90fB (19 pouces)
1024 × 768	160 Hz*	118 Hz*
1280 × 1024	80 Hz**	90 Hz*
1600 × 1200	68 Hz	77 Hz**
1792 × 1344	61 Hz	69 Hz
1856 × 1392	Non pris en charge	66 Hz
1920 × 1440	Non pris en charge	64 Hz

* Atteint ou dépasse le standard VESA pour un rafraîchissement sans scintillement d'au moins 85 Hz.
** Même si ce taux de rafraîchissement est inférieur au standard VESA pour un rafraîchissement sans scintillement (85 Hz), il ne présentera pas de scintillement pour de nombreux utilisateurs.

Afin de déterminer la fréquence de rafraîchissement du moniteur en fonction des résolutions que vous pensez utiliser, consultez les sites web des fabricants qui vous intéressent.

Au cours de l'installation, Windows 2000, Windows 98, Windows Me, Windows XP et Windows Vista supportent la configuration Plug and Play du moniteur si celui-ci ainsi que la carte vidéo sont compatibles avec la fonction DDC (*Data Display Channel*). Lorsque la communication DDC est disponible, le moniteur peut envoyer des signaux au système d'exploitation qui indiquent la fréquence de rafraîchissement supportée, ainsi que d'autres informations d'affichage. Ce sont les données que l'on retrouve dans les propriétés d'affichage de l'écran.

Les moniteurs ne supportant pas la configuration Plug and Play *via* DDC peuvent être configurés *via* un fichier .INF, tout comme les autres périphériques Windows. Ce fichier peut être livré sous forme de disquette d'installation ou vous pouvez vous le procurer sur le site web du constructeur.

Infos

Étant donné que les écrans "redessinent" l'affichage à une vitesse élevée, les changements sont invisibles à l'œil nu. Cependant, ils deviennent très visibles lorsque des écrans sont photographiés ou filmés. Les appareils photo et les caméscopes n'étant pas synchronisés avec le cycle de rafraîchissement des moniteurs, il est inévitable que le résultat obtenu mette en évidence la progression du rafraîchissement sous forme de ligne traversant l'image.

Si vous avez besoin de capturer des images animées sur une cassette vidéo, utilisez une carte vidéo équipée d'une sortie TV, de manière à pouvoir envoyer l'image vers un magnétoscope.

D'une manière générale, une fréquence de balayage verticale (ou fréquence de rafraîchissement) de 72 Hz est un minimum, notamment sous des résolutions de 1024 × 768 et plus. Les résolutions inférieures produisent un scintillement qui peut fatiguer les yeux et entraîner des maux de tête. Le taux de rafraîchissement minimum recommandé est de 72 Hz, car c'est le niveau auquel les utilisateurs ne remarquent pas le scintillement. La plupart des écrans actuels admettent des fréquences de 85 Hz ou plus à une résolution de 1024 × 768, ce qui réduit considérablement l'effet de scintillement. Toutefois, l'augmentation de la fréquence de rafraîchissement peut ralentir le matériel vidéo, car chaque image doit être affichée plus souvent en une seconde. Choisissez la fréquence de rafraîchissement la plus basse qui vous convient pour travailler. Vous pouvez ajuster la fréquence de balayage sous Windows 9x/Me/2000/XP en passant par l'icône Affichage du Panneau de configuration. Cliquez sur Paramètres, puis sur Avancé pour accéder aux onglets traitant du taux de rafraîchissement. Sous Windows Vista, ouvrez le menu //Personnalisation, puis cliquez sur l'icône //Paramètres d'affichage.

Astuces

Si vous utilisez plusieurs écrans, choisissez celui que vous souhaitez ajuster dans la boîte de dialogue Paramètres avant d'ouvrir la boîte de dialogue Avancé pour choisir un taux de rafraîchissement.

Vous pouvez également ouvrir l'onglet Carte pour choisir la résolution, la qualité de couleur et le taux de rafraîchissement d'un simple clic.

Cliquez sur Appliquer pour que la valeur entrée prenne effet. Si vous choisissez une fréquence de rafraîchissement trop élevée, vous voyez apparaître un message vous informant que vous risquez d'endommager votre moniteur. Ne prenez pas cet avertissement à la légère. Avant de personnaliser la fréquence de rafraîchissement, vérifiez les points suivants :

- Assurez-vous que Windows a correctement identifié votre écran comme écran Plug and Play ou selon sa marque et son modèle.

- Consultez le manuel d'utilisation du moniteur pour déterminer les fréquences supportées en fonction de la résolution. Comme dans l'exemple précédent, les moniteurs bas de gamme ne supportent généralement pas des fréquences importantes aux résolutions élevées.

Cliquez sur OK pour essayer le nouveau réglage. Si l'écran vacille, attendez un moment que Windows restaure la fréquence de rafraîchissement antérieure. Vous verrez apparaître une boîte de dialogue vous demandant si vous souhaitez conserver les nouveaux paramètres. Si l'affichage est acceptable, cliquez sur Oui ; cliquez sur Non pour restaurer l'affichage précédent. Si l'écran vacille et que vous ne parveniez plus à voir le curseur, appuyez sur la touche Entrée. Avec certains vieux pilotes d'affichage, cette boîte de dialogue ne sera pas disponible. Procurez-vous des pilotes mis à jour ou demandez au fabricant de la carte s'il ne possède pas un utilitaire capable de configurer la fréquence de rafraîchissement à votre place.

Si l'affichage est brouillé avec une fréquence de rafraîchissement élevée, mais que vous supposiez que le moniteur est capable de la gérer, il se peut que vous n'ayez pas choisi le bon moniteur. Pour le vérifier, cliquez sur l'onglet Écran. Si votre moniteur est listé en tant que VGA Standard, Super VGA ou Écran par défaut, Windows utilise un pilote générique censé fonctionner avec un grand nombre de moniteurs. Ce pilote ne supporte pas les fréquences supérieures à 75 Hz, car elles sont susceptibles d'endommager certains moniteurs.

Dans certains cas, vous devrez sélectionner manuellement la marque et le modèle de l'écran dans la boîte de dialogue des propriétés d'affichage de Windows. Si vous ne trouvez pas le vôtre dans la liste, consultez le constructeur pour qu'il vous procure un pilote spécifique. Une fois le pilote installé, voyez si votre moniteur peut supporter une fréquence de rafraîchissement plus élevée.

Fréquence horizontale

La fréquence horizontale varie suivant la résolution employée. À titre d'exemple, le minimum requis par une carte VGA pour générer le contenu d'un écran de 640 × 480 pixels. Pour travailler à une résolution de 800 × 600 pixels, il faut au minimum une fréquence verticale de 72 Hz et une fréquence horizontale de 48 kHz. La résolution 1024 × 768, plus précise, nécessite une fréquence verticale de 60 Hz et une fréquence horizontale de 58 kHz. Quant à la résolution 1280 × 1024, elle requiert une fréquence verticale de 60 Hz et une fréquence horizontale de 64 kHz. Si la fréquence verticale atteint 75 Hz à 1280 × 1024, la fréquence horizontale doit impérativement être de 80 kHz. Pour un écran ultranet, il faut prévoir une fréquence verticale de 75 Hz ou plus et une fréquence horizontale de 90 kHz ou plus. Notre écran favori (un NEC de 17 pouces) supporte des résolutions verticales allant jusqu'à 75 Hz en 1600 × 1200, 117 Hz en 1024 × 768, et 160 Hz en 640 × 480.

Il existe des centaines de fabricants, qui produisent des milliers de modèles à tube cathodique ou LCD, et il n'est pas possible de les présenter tous. Sachez seulement qu'avant d'investir dans un moniteur, il est plus prudent d'en contrôler les caractéristiques techniques pour vous assurer qu'il correspond à vos attentes. Si vous ne savez pas à qui vous adresser pour votre recherche de moniteur, consultez les différents magazines d'informatique, qui passent régulièrement en revue les dif-

férents moniteurs du marché. Si vous n'avez pas la patience d'attendre les prochains tests, vous pouvez aussi consulter les sites web des grands constructeurs de moniteurs : Apple, Sony, NEC Display Solutions et ViewSonic.

Contrôles

Quasiment tous les moniteurs récents à tube cathodique et les écrans LCD utilisent des fonctions de réglage numérique et non des boutons analogiques. Cette innovation ne modifie pas les signaux envoyés au moniteur, mais seulement les boutons de contrôle (qui peuvent d'ailleurs être absents) situés sur le panneau frontal. La plupart des moniteurs à réglage numérique sont pourvus de menus intégrés qui permettent de visualiser des paramètres tels que la luminosité (qui règle le niveau de noir de l'affichage), le contraste (qui règle la luminance de l'affichage), la taille de l'image, les retraits horizontaux et verticaux, et même la mise au point. Ce menu apparaît à l'écran lorsque vous appuyez sur un bouton. Vous devez alors effectuer des sélections dans ce menu et modifier les paramètres de votre choix. Lorsque vous avez effectué tous vos réglages, le moniteur les enregistre dans sa mémoire NVRAM (RAM non volatile). Ces paramètres sont stockés en permanence dans le moniteur sans aucune pile et peuvent être modifiés à tout moment. Les fonctions de réglage numérique permettent de régler le moniteur avec plus de précision. Il est fortement recommandé que le moniteur en soit équipé.

Les contrôles numériques facilitent le réglage des moniteurs à tube cathodique qui présentent l'une ou l'autre des distorsions géométriques illustrées à la Figure 11.9. Avant de procéder à des ajustements, vérifiez que les tailles verticale et horizontale et la position sont correctes.

Astuces

Choisissez un moniteur dont les réglages de positionnement et d'image sont faciles à utiliser et placés de préférence à l'avant de l'écran. Vérifiez que le menu propose plus que de simples boutons de réglage de contraste et de luminosité. Un bon moniteur permet d'ajuster la largeur et la hauteur de l'image à l'écran. Le moniteur doit également être livré avec un pied à bascule, qui vous permettra de l'orienter à votre convenance.

La Figure 11.12 présente un affichage ordinaire servant à corriger les erreurs de géométrie à l'écran de la Figure 11.11. Il s'agit d'un Samsung SyncMaster 955DF; sachez toutefois que les autres marques emploient des écrans assez comparables. Les boutons sous l'écran servent à réaliser et enregistrer les réglages.

Tester un écran

À la différence des autres périphériques, il n'est pas vraiment possible de dire si un moniteur vous convient à la seule lecture de sa fiche technique. Le prix d'achat n'est pas non plus forcément un critère de qualité. Mieux vaut tester votre moniteur dans le magasin, s'il est en exposition, ou chez vous (si le contrat de vente inclut une clause "satisfait ou remboursé").

Pour mettre un moniteur à l'épreuve, vous ne pouvez pas non plus vous contenter d'examiner les images affichées. Beaucoup de magasins d'informatique exposent des ordinateurs qui diffusent des films, des photos touristiques et autres graphismes tape-à-l'œil qui ne sont d'aucune utilité dans la perspec-

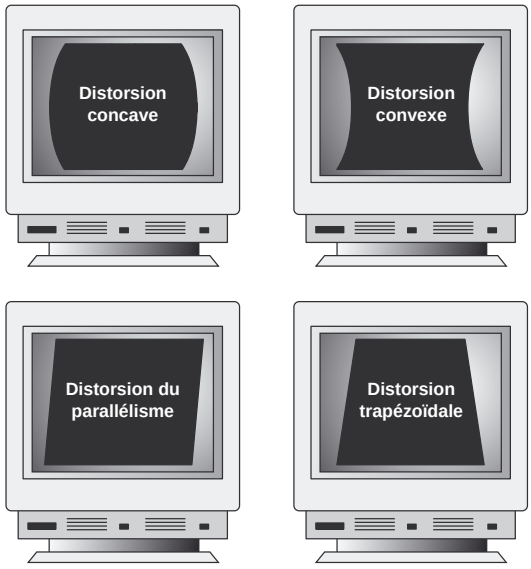


Figure 11.11
Erreurs géométriques courantes sur les écrans à tube cathodique. Vous pouvez les corriger sur la plupart des modèles équipés de contrôles numériques.

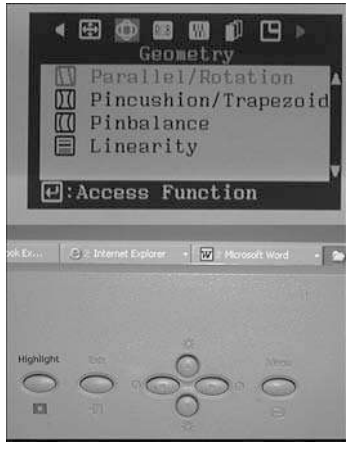


Figure 11.12
Utilisation de réglages pour corriger les erreurs de géométrie d'un écran à tube cathodique.

tive d'une évaluation et d'une comparaison sérieuses. Dans la mesure du possible, examinez la même image sur chaque moniteur et comparez la manière dont chacun effectue des tâches précises.

Avant d'effectuer les tests suivants, paramétrez la résolution maximale avec la fréquence de rafraîchissement maximale autorisée par la combinaison de la carte vidéo et de l'écran.

Pour vérifier les performances d'un moniteur, livrez-vous aux tests suivants :

- Dessinez un cercle à l'aide d'une application graphique. Si le résultat est un ovale, ce moniteur ne vous conviendra pas si vous travaillez sur des applications graphiques ou de dessin.
- Tapez quelques mots avec une police de 8 ou de 10 points (1 point = 1/28 cm). Si ces mots sont flous ou si les caractères noirs se mélangent à la couleur, choisissez un autre moniteur.
- Configurez l'écran de telle sorte qu'il contienne autant d'espace blanc que possible, puis examinez-le pour déterminer s'il présente des variations de couleur. Celles-ci peuvent indiquer un problème provenant de l'exemplaire du modèle de moniteur que vous examinez ou de son emplacement mais, si le problème est commun à plusieurs moniteurs de la même marque, il peut refléter un défaut de fabrication, à moins qu'il ne s'agisse d'un problème dû au signal qui émane de la carte vidéo. Connectez le moniteur sur un autre système équipé d'une autre carte vidéo et recommencez le test pour détecter si le défaut vient de l'écran ou de la carte vidéo.
- Affichez le Bureau de Windows pour contrôler l'uniformité de la mise au point (écrans à tube cathodique) et de la luminosité (tube cathodique et LCD) de votre écran. Observez si les icônes situées dans les angles sont aussi précises qu'au centre, si les lignes des titres sont incurvées ou sinueuses. La mise au point des moniteurs est en général plus importante au centre, mais si les angles sont trop flous, vous devrez considérer que l'écran est de mauvaise qualité. Les lignes incurvées d'un tube cathodique peuvent également être provoquées par une carte vidéo de qualité insuffisante; ne considérez pas *a priori* que le moniteur est de mauvaise qualité avant de l'avoir essayé avec une autre carte vidéo. Augmentez et diminuez la luminosité du moniteur en examinant les angles de l'image. Si les angles semblent s'agrandir ou se rétrécir, la mise au point de l'écran risque d'être amoindrie si vous utilisez une luminosité importante. Il existe également des utilitaires de diagnostic qui sont livrés avec certaines cartes vidéo, que vous pouvez employer pour vérifier votre écran.
- Si vous testez un écran LCD, réduisez la résolution d'affichage par rapport à la résolution native en employant les propriétés d'affichage de Windows. Étant donné que les écrans LCD ont une seule résolution native, une mise à l'échelle est nécessaire pour gérer les autres résolutions en plein écran. Si vous faites de la conception pour le Web ou pour les jeux, ou que vous devez réaliser des captures d'écran à une résolution particulière, ce test vous dira si l'écran produit une qualité d'affichage acceptable à d'autres résolutions.
- Un bon moniteur doit être calibré de telle sorte que les rayons de lumière rouge, verte et bleue atteignent leur cible avec précision. Si ce n'est pas le cas, le moniteur présente une mauvaise convergence. Cette dernière est particulièrement visible quand les contours des lignes semblent s'illuminer dans une couleur donnée. Si le moniteur présente une bonne convergence, les couleurs doivent être nettes, claires et précises; ce qui suppose que le moniteur ne comporte pas de teinte dominante dans le phosphore qui tapisse son tube cathodique.
- Si le moniteur possède des outils de diagnostic intégrés (ce qui est recommandé), utilisez-les pour le tester indépendamment de sa carte vidéo et du système auquel il est attaché. Un écran doté d'un diagnostic intégré affiche le texte ou un motif de test à l'écran s'il est alimenté lorsque le système hôte est éteint ou si le moniteur n'est pas raccordé à un système hôte.

Projecteurs LCD et DLP

À l'origine, les projecteurs de données étaient destinés aux salles de conseil et de formation. Mais avec l'arrivée des systèmes home cinéma, le développement du travail à domicile, la chute des prix et les améliorations apportées à la technologie des projecteurs, les projecteurs portables connaissent un succès croissant et viennent remplacer les téléviseurs à grand écran et les affichages à plasma. Comme leurs homologues traditionnels que sont les ordinateurs portables ou de bureau, ils peuvent être utilisés avec les PC sous Windows XP Media Center et des lecteurs vidéo, ainsi qu'avec des ordinateurs portables et de bureau traditionnels équipés de n'importe quel système d'exploitation.

Deux technologies interviennent dans la fabrication des projecteurs de données :

- la technologie LCD (*Liquid Crystal Display*);
- la technologie DLP (*Digital Light Processing*).

Au lieu d'utiliser des milliards de sous-pixels comme c'est le cas dans un écran plat ou LCD portable, le projecteur LCD travaille en séparant la lumière blanche en des ondes rouge, verte et bleue, puis en dirigeant chaque onde au travers d'un panneau LCD. Tous les pixels du panneau sont ouverts ou fermés en fonction des signaux reçus de la source (ordinateur, lecteur DVD ou vidéo) et sont combinés en une image RVB unique projetée à l'écran. Il faut utiliser une lampe de projection relativement chaude pour projeter les images LCD. Les projecteurs LCD doivent donc refroidir pendant un moment avant d'être rangés.

L'autre technologie majeure pour les projecteurs de présentations et de home cinémas fait appel au DLP, une technologie développée par Texas Instruments. Les projecteurs DLP utilisent une combinaison de roue chromatique tournant à grande vitesse et d'un ensemble de plusieurs millions de micromiroirs pilotés par un processeur, appelé DMD (*Digital Micromirror Device*). Chaque micromiroir d'un DMD correspond à un pixel, et les miroirs réfléchissent ou non la lumière vers la lentille de projection. En fonction de la fréquence de l'activation des miroirs, l'image varie du blanc (activation permanente) au noir (absence d'activation) en passant par 1024 niveaux de gris. La couleur est livrée par la roue chromatique et complète l'image projetée. Comparativement aux projecteurs LCD, les projecteurs DLP sont plus compacts, plus lumineux et refroidissent plus vite pour un prix à peu près égal.

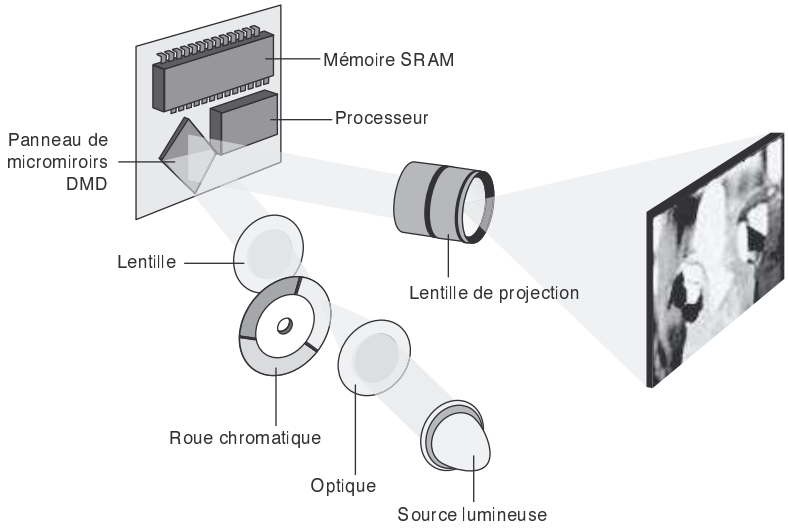
La Figure 11.13 illustre la production d'une image par un projecteur DLP.

Les premiers projecteurs DLP utilisaient une simple roue chromatique RVB. Les modèles plus récents et plus performants font appel à une roue à quatre segments (RVB plus neutre) ou six segments (RVBRVB) pour une meilleure qualité d'image.

Infos

Pour de plus amples informations sur la technologie DLP, voir le site officiel de Texas Instruments ou bien le site **http://www.dlp.com**.

Figure 11.13
Le principe d'un projecteur DLP.



Cartes vidéo

La carte vidéo est l'interface entre l'ordinateur et le moniteur. Elle transmet les signaux qui apparaissent sous forme d'images à l'écran. Tout au long de l'histoire du PC, différents standards d'affichage vidéo se sont succédé, accroissant chacun à leur tour la résolution d'affichage et la profondeur de couleur. La liste suivante peut être considérée comme un historique abrégé de la technologie vidéo du PC :

- MDA (*Monochrome Display Adapter*, carte graphique monochrome);
- HGC (carte graphique Hercules);
- CGA (*Color Graphics Adapter*, carte graphique couleur);
- EGA (*Enhanced Graphics Adapter*, carte graphique améliorée);
- VGA (*Video Graphics Array*, matrice graphique vidéo);
- SVGA (*Super VGA*, supermatrice graphique vidéo);
- XGA (*eXtended Graphics Array*, matrice graphique étendue);
- UGA (*Ultra VGA*, matrice graphique ultra).

La plupart de ces standards ont été lancés par IBM et ont été adoptés par les fabricants d'ordinateurs compatibles. Aujourd'hui, IBM n'établit plus les normes du secteur de l'informatique (il a même vendu son activité PC au Chinois Lenovo en 2005), et nombre de ces standards sont devenus obsolètes. Ceux qui sont encore en cours ne sont plus guère appelés par leur nom d'origine. À la place, on utilise la résolution (en pixels) qu'ils désignent. La seule exception concerne le standard VGA, dont le nom est toujours très employé aujourd'hui et qui est à la base de tous les systèmes vidéo commercialisés actuellement.

Si vous devez acheter une carte vidéo, vous constaterez donc que ses caractéristiques sont exprimées à l'aide de résolutions d'affichage et de profondeurs de couleurs, et non sous la forme d'une liste de standards tels que VGA, SVGA et XGA et UVGA. Il est néanmoins intéressant de les connaître, afin de suivre l'évolution des technologies d'affichage vidéo au fil du temps et de découvrir les caractéristiques du matériel obsolète que vous possédez peut-être encore.

Les cartes VGA (et modèles encore plus performants) d'aujourd'hui restent compatibles avec les logiciels de traitement d'image couleur anciens conçus pour le CGA ou l'EGA et pour la plupart des modes graphiques obsolètes, autorisant ainsi l'utilisation de vieux programmes sur votre PC.

La norme VGA

Quand le constructeur IBM a commercialisé le premier PS/2 le 2 avril 1987, il a également lancé le standard VGA (*Video Graphics Array*, matrice graphique vidéo). Le même jour, IBM a aussi lancé les standards graphiques MCGA et 8514, mais ils n'ont pas connu le même succès que le VGA, et le constructeur les a vite abandonnés.

Toutes les cartes vidéo actuelles équipées d'un connecteur VGA analogique à 15 broches ou du connecteur analogique/numérique DVI reposent sur le standard VGA.

Signaux numériques ou analogiques

Contrairement aux standards vidéo antérieurs, qui sont numériques, le VGA est un standard analogique. Il peut paraître étonnant que les fabricants se soient tournés vers la technique analogique alors que la plupart des appareils électroniques actuels deviennent numériques. Par exemple, les platines CD (numériques) ont remplacé les tourne-disques (analogiques), et les mini-caméscopes DV sont en train de remplacer les caméscopes analogiques 8 mm et VHS. Sur un téléviseur numérique, il est aujourd'hui possible de visionner plusieurs chaînes à la fois sur un même écran, de diviser l'écran et de faire des incrustations d'image.

La plupart des écrans d'ordinateurs commercialisés avant le PS/2 étaient numériques. La technologie numérique génère les différentes couleurs en activant ou en désactivant les rayons d'électrons RVB. Il est possible d'afficher jusqu'à 8 couleurs (2^3). Sur les écrans et les cartes vidéo IBM, un autre signal double le nombre de combinaisons de couleurs et les porte à 16 en affichant chaque couleur aux deux niveaux d'intensité disponibles. Ce système d'affichage numérique est simple à fabriquer. Il garantit en outre l'uniformité des combinaisons de couleurs d'un ordinateur à l'autre. Le véritable inconvénient de la technologie numérique est qu'elle n'offre qu'un nombre de couleurs limité.

IBM a donc choisi d'équiper les PS/2 de circuits d'affichage analogiques. Les moniteurs analogiques utilisent les mêmes rayons RVB pour créer les différentes couleurs, mais chaque couleur peut être affichée à divers degrés d'intensité – 64 dans le cas du VGA. Cette diversité permet de générer un total de 262 144 couleurs (64^3), parmi lesquelles 256 peuvent être affichées simultanément. Lorsque l'affichage doit représenter fidèlement les graphismes, il est souvent plus important de disposer

d'un grand nombre de couleurs que d'une résolution élevée, car l'œil humain considère que les images qui contiennent plus de couleurs sont de meilleure qualité. IBM a adopté la technologie analogique pour améliorer les performances chromatiques de ses ordinateurs.

Caractéristiques VGA

Le circuit vidéo principal des PS/2 était incorporé à la carte mère. Par ailleurs, tant IBM que d'autres constructeurs ont rapidement commencé à proposer des cartes VGA autonomes pour que tous les acteurs du marché puissent profiter de cette technologie.

Le BIOS (*Basic Input/Output System*, système d'entrées/sorties de base) VGA, qui réside dans la ROM de la carte mère, est le programme qui permet de contrôler le circuit VGA. Grâce au BIOS, les logiciels peuvent exécuter des commandes et des fonctions sans avoir à manipuler directement le circuit VGA. Les logiciels deviennent ainsi plus indépendants du matériel et peuvent appeler un grand nombre de commandes et de fonctions intégrées au programme résidant dans la ROM.

Les autres systèmes d'affichage dérivés du VGA sont différents en ce qui concerne le matériel mais utilisent les mêmes principes pour les commandes de BIOS. De nouvelles fonctions sont ajoutées à celles qui existent, mais le VGA reste compatible avec les fonctions de texte et d'image des premiers BIOS intégrés aux PC. Le VGA est compatible avec la quasi-totalité des logiciels conçus pour les standards CGA et EGA, sauf s'ils ont été écrits pour accéder directement au registre matériel de ces cartes.

Une carte VGA standard permet d'afficher 256 couleurs, choisies parmi une palette de 262 144 (256 Ko). Utilisée en mode graphique 640 × 480, ou texte 720 × 400, la carte affiche 16 couleurs simultanées. Elle génère un signal analogique : il est donc impératif de disposer d'un moniteur acceptant les entrées analogiques.

Peu de cartes vidéo ne savent afficher qu'en mode VGA standard. Avec sa résolution graphique de 640 × 480 pixels et ses 16 couleurs, le mode VGA est considéré comme le strict minimum en matière d'affichage pour les PC. Le mode VGA est le dénominateur commun à toutes les configurations fonctionnant sous Windows, et il est supposé être compatible avec quasiment toutes les cartes vidéo de tous les ordinateurs fonctionnant sous Windows. Ce mode d'affichage est d'ailleurs celui que le programme d'installation de toutes les versions de Windows utilise par défaut. Outre le mode VGA, la plupart des cartes vidéo acceptent un large éventail de résolutions et de profondeurs de couleur, variables suivant le matériel employé. Quand un ordinateur sous Windows 9x/Me/XP/2000 doit être démarré en mode Sans échec à cause d'un problème au démarrage, le système utilise par défaut le mode VGA en 640 × 480 avec 16 couleurs. Windows 2000/XP/Vista proposent également un mode de démarrage VGA (Windows XP et Windows Vista emploient une résolution de 800 × 600), mais il ne ralentit pas l'ordinateur comme c'est le cas du mode Sans échec (qui remplace les drivers 32 bits par des services de BIOS).

IBM a annoncé la sortie de versions haute résolution de ses cartes vidéo sous les appellations XGA et XGA-2 au début des années quatre-vingt-dix. Mais les développements les plus intéressants de la technologie VGA sont issus des fabricants de cartes vidéo et de leur association professionnelle, la VESA (*Video Electronic Standards Association*).

Super VGA

Quand IBM a lancé le standard XGA et les cartes vidéo 8514/A, ses concurrents ont choisi de ne pas copier ces nouvelles améliorations et de ne pas les intégrer à leurs produits VGA. Ils ont en effet préféré produire de nouvelles cartes vidéo bon marché offrant une meilleure résolution. Ces cartes vidéo se classent dans une catégorie plus large : la SVGA (super-SVGA).

Contrairement aux standards vidéo décrits jusqu'ici, le SVGA ne fait pas référence à une carte présentant des caractéristiques bien particulières, mais à un groupe de cartes de performances variables suivant les modèles.

Ainsi, une carte SVGA peut offrir plusieurs résolutions (telles que 800 × 600 et 1 024 × 768 pixels) supérieures à celles d'une carte VGA normale, tandis qu'une autre offrira ces mêmes résolutions, voire des résolutions meilleures, avec un choix de couleurs plus étendu. Bien que présentant des capacités différentes, ces cartes se rangent toutes dans la catégorie SVGA.

Les cartes SVGA ressemblent fortement aux cartes VGA. Elles sont pourvues du même connecteur. Les caractéristiques des cartes vidéo variant considérablement d'un fabricant à l'autre, il est impossible de les présenter de manière exhaustive dans ce livre.

Standards SVGA de la VESA

L'association VESA (*Video Electronics Standards Association*, Association pour les standards de systèmes électroniques vidéo) rassemble des membres des diverses sociétés liées au marché du PC et des produits vidéo. En octobre 1989, devant l'impossibilité de programmer une interface pour chacune des nombreuses cartes SVGA du marché, l'association VESA a proposé un standard pour définir une interface de programmation pour ces cartes. Celui-ci a été baptisé VBE (*VESA BIOS Extension*, extension BIOS VESA). La compatibilité avec le standard VBE devait être assurée par un driver résidant en mémoire (utilisé par les anciennes cartes) ou au moyen de code supplémentaire ajouté à la puce BIOS VGA elle-même (la solution la plus couramment adoptée). L'avantage du VBE est que le programmeur ne doit gérer qu'une seule routine ou un seul pilote pour supporter le SVGA. Divers modèles de cartes de constructeurs différents sont accessibles *via* l'interface commune VESA.

Types de cartes vidéo

L'écran a besoin d'une source de données. Les signaux qui sont envoyés à votre moniteur proviennent d'une carte vidéo qui se trouve à l'intérieur du boîtier de l'ordinateur.

L'ordinateur utilise trois moyens pour se connecter à un écran à tube cathodique ou à cristaux liquides :

- **Carte d'extension vidéo.** Cette méthode nécessite la présence d'un connecteur d'extension AGP, PCI ou PCI-Express, mais elle offre le meilleur niveau de performance envisageable, la plus grande quantité de mémoire et le plus large choix de fonctions.

- **Chipset dédié vidéo sur la carte mère.** Les performances sont alors moindres et il est rare que la mémoire puisse être augmentée.
- **Chipset de la carte mère avec vidéo intégrée.** C'est la solution la moins onéreuse de toutes, mais si les performances sont suffisantes pour un usage bureautique, elles sont médiocres pour les jeux 3D et les autres applications faisant massivement appel aux images. Les options de résolution et de profondeur de couleur sont souvent limitées.

La plupart des ordinateurs équipés d'une carte mère Micro-ATX, Flex-ATX, Micro-BTX, Pico-BTX ou Mini-ITX sont équipées d'un chipset fabriqué par Intel, VIA Technology, SiS ou d'autres fabricants. Certaines cartes mères Micro-ATX ou Micro-BTX peuvent également prévoir une carte vidéo PCI-Express x16 ou AGP.

L'appellation "carte vidéo" s'applique aux circuits de gestion de la vidéo, qu'ils soient ou non intégrés. Le terme "carte graphique" est quasiment synonyme, car toutes les options vidéo développées depuis la carte de l'écran monochrome initial d'IBM affichent aussi bien les graphiques que le texte.

Fonctions vidéo intégrées/chipsets intégrés à la carte mère

Bien que l'intégration des fonctions vidéo à la carte mère ait été un facteur de baisse des prix des PC pendant un certain nombre d'années (jusqu'à la fin des années quatre-vingt-dix), la plupart des conceptions se contentaient de déporter les composants vidéo standard sur la carte mère. Les ordinateurs d'entrée de gamme, et notamment ceux qui utilisent le facteur d'encombrement de carte mère LPX (semi-propriétaire), ont alors incorporé à la carte mère les circuits vidéo VGA. Les performances et les caractéristiques de cette vidéo intégrée n'étaient que très légèrement inférieures à celles des cartes d'extension vidéo employant les mêmes chipsets. Dans la plupart des cas, il restait possible d'ajouter ultérieurement une carte d'extension vidéo à la carte mère pour remplacer le circuit vidéo intégré. Certaines cartes mères à vidéo intégrée permettaient même d'ajouter de la mémoire vidéo.

✔ Au sujet des cartes LPX, voir page 112.

Cependant, ces dernières années, la tendance est à l'accroissement de l'intégration, ce qui a conduit au développement de chipsets de carte mère incluant les circuits vidéo et audio. En pratique, le chipset de la carte mère prend la place de la plupart des composants d'une carte vidéo (voir plus haut) et fait appel à une partie de la mémoire système pour s'en servir comme mémoire vidéo : c'est le système UMA (*Unified Memory Architecture*). Bien que cette méthode de partage de la mémoire ait également été exploitée sur certaines vidéos intégrées utilisant leur propre chipset, elle s'est répandue de plus en plus avec le succès des chipsets intégrés à la carte mère.

Intel est devenu le principal constructeur de chipsets intégrés avec la série 810 (810 et 810E) pour les processeurs Pentium III et Celeron.

La série de chipsets 810 a été la pionnière de la prise en charge de cette conception sur le marché. Intel a ensuite lancé la série 815 à vidéo intégrée pour Pentium III et Celeron. Actuellement, Intel propose la vidéo intégrée pour les processeurs Pentium 4, Celeron 4, Pentium D et les familles

Core 2 dans leur version Socket 775 (modèles 845, 865, 91×, 94× et 965) et la famille Core 2 pour la nouvelle famille de chipsets G3×.

Intel est loin d'être le seul constructeur à concevoir des chipsets à vidéo intégrée ; d'autres fabricants ont développé des produits comparables acceptant le PCI-Express (AMD, NVIDIA, SiS et VIA). Le Tableau 11.6 vous apporte de plus amples détails à ce sujet.

Tableau 11.6 : Principaux chipsets intégrant la vidéo, autres qu'Intel

Constructeur	Chipset	Processeurs supportés	Type de graphisme intégré	Support graphique externe	Taille max. de la mémoire vidéo
AMD	Série AMD 690 (RS690)	AMD Athlon 64 X2, autre socket AMD, processeurs AM2	ATI RADEON X1250	PCI-Express	256 Mo
AMD	RADEON Xpress 1150 pour AMD	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	ATI RADEON X300	PCI-Express x16	128 Mo
ATI	RADEON Xpress 200 pour Intel	Intel Pentium 4, Celeron 4	ATI RADEON X300	PCI-Express x16	256 Mo
ATI	RADEON Xpress 200 pour AMD	Famille AMD Athlon 64 (y compris Sempron Socket 754)	ATI RADEON X300	PCI-Express x16	128 Mo
NVIDIA	NVIDIA nForce 630a	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	GeForce 7050PV	PCI-Express x16	256 Mo ou 512 Mo
NVIDIA	NVIDIA nForce 430	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	GeForce 6150 SE	PCI-Express x16	256 Mo
NVIDIA	NVIDIA nForce 430	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	GeForce 6100	PCI-Express x16	128 Mo
NVIDIA	NVIDIA nForce 405	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	GeForce 6100	PCI-Express x16	128 Mo
SiS	SiS771	AMD Athlon 64 X2, Athlon 64 FX, FX/X2, Athlon 64, Sempron	SiS Mirage 3	PCI-Express x16	256 Mo
SiS	SiS671	Intel Core 2 Duo, Pentium D, Pentium 4	SiS Mirage 3	PCI-Express x16	256 Mo
SiS	SiS672	Intel Core 2 Duo, Pentium D, Pentium 4	SiS Mirage 3+	PCI-Express x16	256 Mo
SiS	SiS672FX	Intel Core 2 Duo, Pentium D, Pentium 4	SiS Mirage 3+	PCI-Express x16	256 Mo
SiS	SiS662	Intel Core 2 Duo, Pentium D, Pentium 4	SiS Mirage 1	PCI-Express x16	64 Mo
SiS	SiS761GX	AMD Athlon 64 FX	SiS Mirage 1	PCI-Express x16	128 Mo
VIA	K8M890	AMD Athlon 64, FX, X2, Sempron	VIA Chrome 9 HC	PCI-Express x16	256 Mo

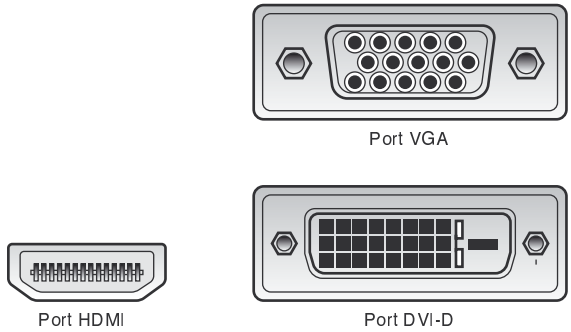
Tableau 11.6 : Principaux chipsets intégrant la vidéo, autres qu'Intel (*suite*)

Constructeur	Chipset	Processeurs supportés	Type de graphisme intégré	Support graphique externe	Taille max. de la mémoire vidéo
VIA	P4M900	Intel Core 2 Duo, Pentium D, Pentium 4, Celeron	VIA Chrome 9 HC	PCI-Express x16	128 Mo
VIA	KM960	AMD Athlon 64, FX, X2, Sempron	VIA Chrome 9 HC	PCI-Express x16	256 Mo

Certains chipsets intégrés acceptent une sortie DVI à utiliser avec les écrans LCD numériques et une sortie HDMI pour les composants de la HDTV et autres composants de home cinéma. La Figure 11.14 présente l'agencement ordinaire de ces ports.

Figure 11.14

Groupe de ports d'un système comprenant des sorties vidéo intégrées pour la prise en charge de l'analogique, du numérique et de la HDTV.



Bien que les performances des chipsets intégrant la vidéo ne puissent aucunement satisfaire les amateurs de jeux 3D, les utilisateurs d'applications bureautiques s'en contenteront parfaitement, lorsqu'il s'agit de plates-formes Athlon 64 X2 ou Core 2 Duo. Si vous décidez d'acheter une carte mère équipée d'un chipset vidéo intégré, choisissez de préférence un modèle qui prend en charge la vidéo PCI-Express x16. Vous pourrez ainsi ajouter une carte vidéo plus rapide par la suite si vous en éprouvez le besoin.

Composants d'une carte vidéo

Toutes les cartes vidéo sont constituées d'un certain nombre de composants, dont voici une liste non exhaustive :

- BIOS vidéo ;
- processeur vidéo/accélérateur vidéo ;
- mémoire vidéo ;
- convertisseur numérique-analogique (DAC, *Digital-Analog Converter*). Alors qu'il se présentait auparavant sous la forme d'une puce distincte, le convertisseur numérique-analogique est souvent incorporé au processeur vidéo-accélérateur vidéo sur les chipsets récents. Il n'est pas

nécessaire sur un sous-système (carte vidéo et écran) purement numérique, mais étant donné que la plupart des sous-systèmes d'affichage sont constitués d'une carte vidéo VGA analogique, d'un écran analogique ou des deux, les cartes vidéo continueront d'être équipées d'un tel convertisseur pendant un certain temps ;

- connecteur de bus ;
- pilote vidéo.

La quasi-totalité des cartes vidéo récentes sont équipées d'un chipset incluant un circuit d'accélération 3D. Les sections suivantes présentent ces composants en détail.

BIOS vidéo

Les cartes vidéo possèdent un BIOS semblable, de par sa conception, au BIOS système, mais complètement distinct de celui-ci. (D'autres périphériques, tels que les cartes SATA, peuvent également être équipés de leur propre BIOS.) Si vous allumez d'abord le moniteur, puis l'ordinateur, vous verrez brièvement apparaître une bannière d'identification correspondant au BIOS de la carte vidéo.

À l'instar de celui du système, le BIOS de la carte vidéo est stocké dans une puce de ROM (*Read-Only Memory*, mémoire en lecture seule) contenant les instructions de base qui constituent l'interface entre le matériel vidéo et les logiciels fonctionnant sur l'ordinateur.

✔ Voir le Chapitre 4, "Le BIOS", p. 287.

Les éléments logiciels qui appellent le BIOS vidéo peuvent être des applications autonomes, un système d'exploitation ou le BIOS système. Ce sont les instructions de programmation contenues dans le BIOS qui permettent à l'ordinateur d'afficher des informations à l'écran pendant l'autotest POST et la séquence d'amorçage, avant que le moindre logiciel ou pilote ait été chargé à partir du disque dur.

Le BIOS vidéo peut être mis à jour, tout comme celui du système, et ce de deux manières. Le BIOS fait appel à une puce réinscriptible, appelée EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*, mémoire morte programmable électriquement), que vous pouvez actualiser *via* un utilitaire fourni par le constructeur de la carte. L'autre solution consiste à remplacer la puce – encore une fois si la pièce est proposée par le constructeur et qu'elle n'ait pas été soudée de façon permanente sur le circuit imprimé. Un BIOS qu'il est possible de mettre à jour se nomme un BIOS Flash ; la plupart des cartes vidéo sont à BIOS "flashable".

Il est parfois indispensable de mettre à jour le BIOS vidéo pour pouvoir utiliser une carte vidéo existante avec un nouveau système d'exploitation, ou encore pour corriger un bogue important. Habituellement, le BIOS est un composant qui n'a pas besoin d'être modifié s'il n'est pas défectueux. Résistez, par conséquent, à la tentation de mettre à jour votre BIOS simplement parce que vous venez de découvrir qu'une nouvelle version était disponible. Si vous devez vraiment mettre à jour votre BIOS parce que la nouvelle version résout un problème que vous rencontrez, lisez attentivement la documentation consacrée à la mise à jour. Sinon, renoncez à cette mise à jour.

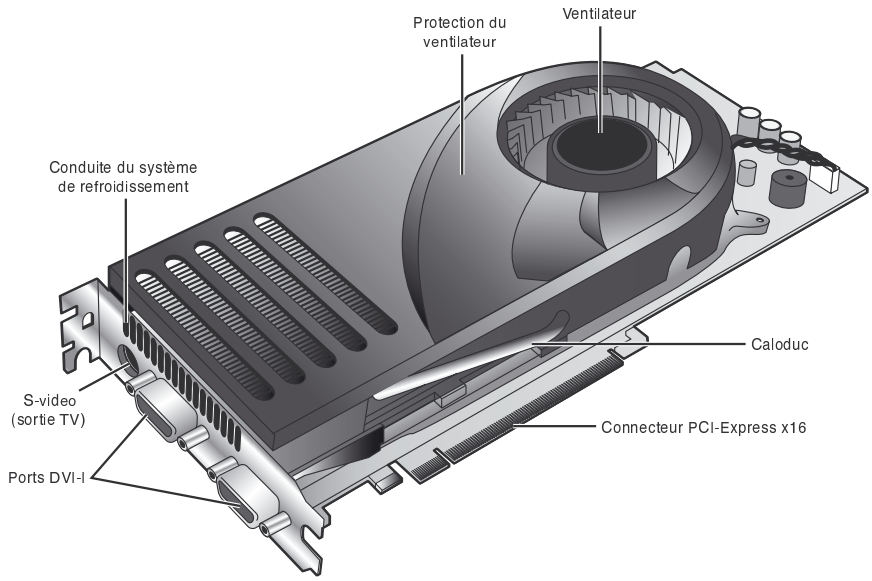


Figure 11.15
Exemple type de carte vidéo haut de gamme basée sur la NVIDIA GeForce 8800, optimisée pour les jeux et pour l'affichage sur deux écrans.

Processeur vidéo

Le processeur vidéo, ou chipset vidéo, constitue le cœur de la carte vidéo. Il définit les fonctions de la carte, ainsi que ses performances. Quand deux cartes vidéo ont été construites autour du même chipset, elles offrent souvent les mêmes fonctions et les mêmes performances. Les pilotes logiciels que le système d'exploitation et les applications utilisent pour communiquer avec la carte vidéo sont en général conçus essentiellement en fonction du chipset. Quand deux cartes ont été construites autour du même chipset, il est souvent possible de les faire fonctionner à l'aide du même pilote. Bien entendu, même dans ce cas précis, les deux cartes vidéo peuvent être équipées d'une quantité différente de mémoire, et donc offrir des performances différentes.

Plusieurs types de processeurs sont embarqués sur les cartes vidéo du marché. Le Tableau 11.7 compare leurs technologies.

Identifier les chipsets vidéo et système

Avant d'acheter un ordinateur ou une carte vidéo, il est important d'identifier la référence du chipset embarqué sur la carte vidéo ou le circuit vidéo. Cela vaut également pour les systèmes intégrant un chipset vidéo. En connaissant le chipset, vous pourrez :

- mieux comparer les différents modèles entre eux ;
- accéder aux spécifications techniques ;
- accéder aux tests ;
- prendre de meilleures décisions d'achat ;
- choisir le support technique et les pilotes.

Tableau 11.7 : Technologies des processeurs vidéo

Type de processeur	Endroit où le traitement vidéo a lieu	Vitesse relative	Coût relatif	Utilisation actuelle
Tampon de trames	Processeur de l'ordinateur	Très lente	Très faible	Obsolète ; concernait essentiellement les cartes ISA.
Coprocesseur graphique	Processeur de la carte vidéo	Très rapide	Très cher	CAO et stations de travail d'ingénierie
Accélérateur graphique	La puce vidéo trace les formes géométriques ; le processeur lui transmet les commandes correspondantes.	Rapide	Abordable	Toutes les cartes vidéo standard ; associée au processeur graphique 3D sur les cartes actuelles
Processeur graphique 3D	L'unité de traitement des images 3D de la carte vidéo (dans la puce accélératrice) génère le rendu des formes polygonales, gère les éclairages et les effets d'ombre.	Affichages 2D et 3D rapides	Variable selon les performances de la puce, de la mémoire et du RAMDAC	Toutes les grandes cartes vidéo

Étant donné que les performances et les caractéristiques des cartes vidéo sont essentielles aux loisirs informatiques et à la productivité, essayez d'en savoir le plus possible avant de vous décider. Pour cela, visitez le site web du constructeur du chipset et les sites réalisant des tests comparatifs. Notez que NVIDIA (leader dans la fabrication des chipsets) se contente de fabriquer des chipsets, tandis qu'ATI (qui arrive en deuxième position) commercialise des cartes vidéo et vend des chipsets à d'autres fabricants. Cela signifie qu'un grand nombre de cartes vidéo sont construites autour du même chipset.

RAM vidéo

Les cartes vidéo utilisent leur propre mémoire pour stocker les images pendant le traitement. Certes, il existe quelques cartes AGP qui font appel à la mémoire système pour les textures 3D, mais cette fonction n'est plus que rarement supportée depuis que les cartes vidéo sont équipées en standard de mémoire allant jusqu'à 256 Mo et que l'on s'éloigne d'AGP pour se diriger vers des cartes vidéo PCI-Express ×16. De nombreux ordinateurs d'entrée de gamme avec vidéo intégrée font appel à l'architecture UMA pour la gestion du partage de la mémoire système. Dans tous les cas, la mémoire de la carte et celle qui est empruntée au système accomplissent les mêmes tâches.

La quantité de mémoire implantée sur la carte vidéo détermine la résolution d'affichage et la profondeur maximales acceptées par celle-ci. Au moment d'acheter une carte vidéo, il est souvent possible de choisir la quantité de mémoire dont elle sera équipée : 128, 256 ou 512 Mo. Si vous ajoutez de la mémoire à votre carte, elle ne sera pas forcément plus rapide. Ce sera cependant le cas si la carte

possède un bus plus large (de 128 à 256 bits, par exemple) ou si elle incorpore une mémoire cache pour stocker les données correspondant aux objets les plus souvent affichés. Une augmentation de la mémoire RAM permet également à la carte de générer plus de couleurs et une résolution plus importante. Sur les cartes AGP, la mémoire de la carte va prendre en charge le stockage et le traitement des textures 3D, ce qui sera plus rapide qu'un appel à la mémoire principale.

Les cartes vidéo sont équipées de nombreux types de mémoire différents. Le Tableau 11.8 reprend ces types de mémoire, qui seront présentés en détail dans les sections suivantes.

Tableau 11.8 : Types de mémoires utilisés sur les cartes vidéo

Type de mémoire	Définition	Vitesse relative	Utilisation
DRAM FPM	RAM Fast Page-Mode	Lente	Vieilles cartes ISA, obsolètes
VRAM[1]	RAM vidéo	Rapide	Chère, obsolète
WRAM[1]	RAM Windows	Rapide	Chère, obsolète
DRAM EDO	Extended Data Out DRAM	Moyenne	Bus PCI bas de gamme, obsolète
SDRAM	DRAM synchrone	Très rapide	PCI/AGP haut de gamme
MDRAM	DRAM multibanc	Rapide	Peu utilisée, obsolète
SGRAM	DRAM graphique synchrone	Très rapide	PCI/AGP haut de gamme; remplacée par la SDRAM DDR
SDRAM DDR	SDRAM à double débit de données	Très rapide	AGP haut de gamme; remplacée par la SDRAM DDR2 et GDDR2
SDRAM DDR2	DDR permettant des taux d'horloge supérieurs	Très rapide	AGP haut de gamme, PCI-Express
SDRAM GDDR3	SDRAM à double débit de données graphiques, version 3	Très rapide	PCI-Express et AGP
SDRAM GDDR4	SDRAM à double débit de données graphiques, version 4	Très rapide	PCI-Express

1. VRAM et WRAM sont des types de mémoire à double port, capable de lire sur un port et d'écrire des données sur l'autre port. Les performances en sont améliorées du fait de la réduction du temps d'attente pour accéder à la RAM vidéo comparativement aux modules DRAM FPM et DRAM EDO.

La SGRAM, la SDRAM, la SDRAM DDR et la SDRAM GDDR3 ont remplacé la VRAM, la WRAM et la MDRAM, car elles sont beaucoup plus rapides. Elles sont dérivées de technologies de mémoire très populaires sur les cartes mères. La baisse des coûts permet aujourd'hui de trouver au moins 64 Mo de mémoire même sur les cartes vidéo les moins chères.

SDRAM

La SDRAM, ou RAM graphique synchrone, des cartes vidéo est également le type de mémoire utilisée sur un grand nombre de cartes mères qui équipent les Pentium III, les premiers Pentium 4, Athlon ou Duron. La SDRAM des cartes vidéo est en général soudée en surface ou enfichée dans un connecteur propriétaire (sur les tout premiers modèles). Cette mémoire est conçue pour travailler avec des vitesses de bus inférieures ou égales à 200 MHz. Elle est à peine plus lente que la SGRAM. Elle est employée essentiellement sur les cartes vidéo bas de gamme AGP 2×/4× et avec des chipsets tels que le GeForce2 MX, de NVIDIA, et le RADEON VE, d'ATI.

SGRAM

La SGRAM (*Synchronous Graphics RAM*, RAM graphique synchrone) est une mémoire haut de gamme conçue pour les modèles de cartes vidéo très rapides. À l'instar de la SDRAM utilisée sur les barrettes de mémoire de la carte mère, la SGRAM peut se synchroniser avec la fréquence du bus, jusqu'à 200 MHz. Contrairement à la SDRAM, toutefois, elle inclut des circuits autorisant une écriture par blocs, ce qui permet d'augmenter de façon significative la rapidité d'affichage des images et les opérations 3D faisant intervenir le tampon Z. Bien qu'elle soit plus rapide que la SDRAM, la plupart des fabricants de cartes vidéo l'ont abandonnée au profit de la SDRAM DDR, plus rapide encore, pour leurs nouveaux produits.

SDRAM DDR

La SDRAM DDR (*Double Data Rate*, à double débit de données) est la technologie de RAM vidéo la plus récente. Elle autorise le transfert des données pendant les parties montante et descendante du cycle de traitement du processeur, ce qui aboutit à un débit deux fois plus élevé qu'avec la SDRAM conventionnelle. Les cartes vidéo reposant sur des chipsets, tels que le GeForce 4 ou le GeForce 3 TI, d'ATI, ou encore le RADEON 9xxx et X300-700, de RADEON, sont équipées de SDRAM DDR.

SDRAM DDR2

La seconde génération de puces SDRAM DDR utilise un signal différentiel, permettant des débits d'horloge supérieurs à ceux du DDR de première génération.

SDRAM GDDR3

La SDRAM GDDR3, des processeurs graphiques NVIDIA GeForce 8 et de la série haut de gamme Geforce 7, ainsi que de la série X800/850 d'ATI et X1xx, s'appuie sur la mémoire DDR2, à deux grandes exceptions près :

- La GDDR3 sépare les lectures et les écritures avec un signal d'échantillonnage unidirectionnel à une seule extrémité, tandis que la DDR2 emploie des signaux bidirectionnels différentiels. Cette méthode permet des taux de transfert supérieurs pour les données.

- La GDDR3 fait appel à une technique d'interface connue sous le nom de drain pseudo-ouvert, qui utilise la tension plutôt que le courant. Elle permet de rendre compatible la mémoire GDDR3 avec les processeurs graphiques conçus pour utiliser la mémoire DDR ou DDR2. Ainsi, de nombreux processeurs graphiques sont disponibles dans des conceptions de cartes vidéo contenant une mémoire DDR2 ou GDDR3. Pour déterminer le type de mémoire utilisé sur une carte vidéo particulière, consultez la fiche technique proposée par son constructeur.

SDRAM GDDR4

La SDRAM GDDR4 est apparue sur la carte X1950 XTX d'ATI; elle équipe également les cartes RADEON HD 2600 et 2900. Par rapport à la GDDR3, cette mémoire présente :

- une bande passante supérieure; une GDDR4 s'exécutant à la moitié de la vitesse de la GDDR3 assure une bande passante comparable;
- une meilleure densité de mémoire, ce qui réduit le nombre de puces nécessaire pour parvenir à une taille de mémoire particulière.

✔ Pour plus d'information au sujet des mémoires DDR, DDR2 et GDDR3, consultez le Chapitre 5.

Vitesse de la RAM vidéo

La vitesse de la RAM vidéo se mesure en mégahertz et les fabricants de cartes vidéo peuvent aussi employer des vitesses de mémoire différentes suivant telle ou telle version du même processeur graphique de base. Une mémoire et des processeurs graphiques plus rapides produisent de meilleures performances de jeu mais à un coût supérieur.

Il peut être difficile de déterminer si une carte vidéo donnée emploie de la SDRAM, de la SDRAM DDR2 ou de la SGRAM, à moins de l'examiner de manière très détaillée. Étant donné qu'aucune des cartes accélératrices 3D actuelles ne permet d'ajouter de la mémoire, nous conseillons d'examiner les performances des différentes cartes proposées et de comparer leurs fonctions et leur prix pour en choisir une.

Calcul de la quantité de RAM nécessaire

La quantité de mémoire dont une carte vidéo a besoin pour travailler à une résolution et à une profondeur de couleur données peut être calculée à l'aide d'une formule mathématique. La matrice de la mémoire de la carte vidéo doit contenir assez de place pour afficher chaque pixel à l'écran, et le nombre de pixels total est fonction de la résolution d'affichage. À titre d'exemple, une résolution d'affichage de 1024 × 768 nécessite un nombre total de 786432 pixels.

Si l'image s'affiche à cette résolution avec seulement deux couleurs, il ne faut qu'un bit de mémoire pour représenter chaque pixel. Si ce bit a pour valeur 0, le point est noir. Si, au contraire, il a pour valeur 1, il est blanc. En utilisant 24 bits d'espace mémoire pour contrôler chaque pixel, il est possible d'afficher plus de 16,7 millions de couleurs, puisqu'un nombre binaire à quatre chiffres peut donner lieu à 16777216 combinaisons possibles (soit 2^{24}). La quantité de mémoire requise pour afficher une résolution donnée correspond au produit du nombre de pixels par le nombre de bits nécessaires pour représenter chaque pixel. La formule sera donc :

$$
\begin{aligned}
1024 \times 768 &= 786432 \text{ pixels} \times 24 \text{ bits par pixel} \\
&= 18874368 \text{ bits} \\
&= 2359296 \text{ octets} \\
&= 2{,}35 \text{ Mo}
\end{aligned}
$$

Comme vous pouvez le constater, pour afficher des couleurs 24 bits à une résolution de 1024 × 768 pixels, il faut que la carte vidéo compte exactement 2,35 Mo de RAM. Il vous faudrait au moins 4 Mo de RAM embarquée pour utiliser votre ordinateur avec cette résolution et cette profondeur de couleur.

Pour pouvoir employer des modes de résolution élevés et des couleurs plus nombreuses avec une carte SVGA, il faut donc disposer de plus de mémoire que les 256 Ko que l'on trouvait sur les premières cartes d'extension VGA. Le Tableau 11.9 présente la mémoire nécessaire pour obtenir un certain nombre de résolutions et de profondeurs de couleurs employées pour des tâches 2D, comme la retouche photographique, les présentations, la PAO et la conception de pages web.

Tableau 11.9 : Mémoire vidéo requise suivant la résolution et la profondeur de couleur pour les opérations 2D

Résolution	Profondeur de couleur	Nombre max. de couleurs	Mémoire nécessaire	Mémoire utilisée
640 × 480	16 bits	65536	1 Mo	614400 octets
640 × 480	24 bits	16777216	1 Mo	921600 octets
640 × 480	32 bits	4294967296	2 Mo	1228800 octets
800 × 600	16 bits	65536	1 Mo	960000 octets
800 × 600	24 bits	16777216	2 Mo	1440000 octets
800 × 600	32 bits	4294967296	2 Mo	1920000 octets
1024 × 768	16 bits	65536	2 Mo	1572864 octets
1024 × 768	24 bits	16777216	4 Mo	2359296 octets
1024 × 768	32 bits	4294967296	4 Mo	3145728 octets
1280 × 1024	16 bits	65536	4 Mo	2621440 octets
1280 × 1024	24 bits	16777216	4 Mo	3932160 octets
1280 × 1024	32 bits	4294967296	8 Mo	5242880 octets
1400 × 1050	16 bits	65536	4 Mo	2940000 octets
1400 × 1050	24 bits	16777216	8 Mo	4410000 octets

Tableau 11.9 : Mémoire vidéo requise suivant la résolution et la profondeur de couleur pour les opérations 2D (*suite*)

Résolution	Profondeur de couleur	Nombre max. de couleurs	Mémoire nécessaire	Mémoire utilisée
1400 × 1050	32 bits	4294967296	8 Mo	5880000 octets
1600 × 1200	16 bits	65536	4 Mo	3840000 octets
1600 × 1200	24 bits	16777216	8 Mo	5760000 octets
1600 × 1200	32 bits	4294967296	8 Mo	7680000 octets

Comme vous pouvez le voir dans ce tableau, une carte graphique ou une solution graphique intégrée possède suffisamment de mémoire pour assurer un rendu 24 ou 32 bits sous n'importe quelle résolution habituelle. Les produits actuels proposent encore plus de mémoire que ce qui est indiqué dans le tableau du fait des besoins de mémoire supplémentaires de la 3D.

Les cartes vidéo 3D ont besoin d'encore plus de mémoire pour une résolution et un nombre de couleurs donnés car la mémoire vidéo est sollicitée pour trois tampons : le tampon avant, le tampon arrière et le tampon Z. La quantité de mémoire nécessaire à l'accomplissement d'une opération varie selon les paramètres de profondeur et le tampon Z. Le triple tampon réserve plus de mémoire aux textures 3D que le double tampon mais peut ralentir les performances de certains jeux. En règle générale, vous pouvez configurer les paramètres de mise en mémoire tampon de la carte 3D dans sa feuille de propriétés.

Le Tableau 11.10 reprend les besoins en mémoire RAM des cartes 3D selon le mode adopté.

Infos

Bien que les cartes vidéo 3D fonctionnent en mode 32 bits, cela ne signifie pas nécessairement qu'elles sont en mesure de dépasser les 16277216 couleurs d'un affichage 24 bits en couleurs vraies. Les processeurs vidéo et de bus de mémoire conçus pour la vidéo 3D sont optimisés pour transférer les données sous forme de mots de 32 bits. Ils affichent des couleurs en 24 bits alors qu'ils sont en mode 32 bits, bien que l'utilisateur puisse s'attendre à ce qu'ils génèrent 4294967296 couleurs.

En comparant le Tableau 11.10 aux spécifications d'une carte vidéo actuelle (même bas de gamme), vous voyez que les cartes PCI-Express et AGP contiennent bien plus de RAM que les minima nécessaires aux écrans, même à très haute résolution. La RAM supplémentaire sert à gérer des textures 3D supérieures et à améliorer les taux de transfert 3D.

Pour profiter des jeux 3D employant un graphisme intégré et vous donner une chance de gagner, choisissez une carte vidéo 3D moyenne ou haut de gamme basée sur un chipset actuel ATI ou NVIDIA avec 256 Mo de RAM ou plus. Et si votre budget vous le permet, pourquoi ne pas employer une solution à deux cartes d'ATI ou NVIDIA offrant deux cartes vidéo PCI-Express pour doubler vos performances de traitement graphique ?

Tableau 11.10 : Mémoire vidéo requise suivant la résolution et la profondeur de couleur pour les opérations 3D

Résolution	Profondeur de couleur	Profondeur tampon Z	Mode tampon	Mémoire utilisée	Quantité nécessaire de mémoire vidéo embarquée
640 × 480	16 bits	16 bits	Double	1,76 Mo	2 Mo
			Triple	2,34 Mo	4 Mo
	24 bits	24 bits	Double	2,64 Mo	4 Mo
			Triple	3,52 Mo	4 Mo
	32 bits	32 bits	Double	3,52 Mo	4 Mo
			Triple	4,69 Mo	8 Mo
800 × 600	16 bits	16 bits	Double	2,75 Mo	4 Mo
			Triple	3,66 Mo	4 Mo
	24 bits	24 bits	Double	4,12 Mo	8 Mo
			Triple	5,49 Mo	8 Mo
	32 bits	32 bits	Double	5,49 Mo	8 Mo
			Triple	7,32 Mo	8 Mo
1024 × 768	16 bits	16 bits	Double	4,12 Mo	8 Mo
			Triple	5,49 Mo	8 Mo
	24 bits	24 bits	Double	6,75 Mo	8 Mo
			Triple	9,00 Mo	16 Mo
	32 bits	32 bits	Double	9,00 Mo	16 Mo
			Triple	12,00 Mo	16 Mo
1280 × 1024	16 bits	16 bits	Double	7,50 Mo	8 Mo
			Triple	10,00 Mo	16 Mo
	24 bits	24 bits	Double	11,25 Mo	16 Mo
			Triple	15,00 Mo	16 Mo
	32 bits	32 bits	Double	15,00 Mo	16 Mo
			Triple	20,00 Mo	32 Mo
1600 × 1280	16 bits	16 bits	Double	10,99 Mo	16 Mo
			Triple	14,65 Mo	16 Mo
	24 bits	24 bits	Double	16,48 Mo	32 Mo
			Triple	21,97 Mo	32 Mo
	32 bits	32 bits	Double	21,97 Mo	32 Mo
			Triple	29,30 Mo	32 Mo

Astuces

Si votre système emploie le graphisme intégré et que vous disposiez de moins de 256 Mo de RAM, vous pourrez peut-être augmenter votre mémoire graphique disponible en mettant à niveau la mémoire du système (celle employée par le chipset intégré). Certains chipsets Intel avec graphisme intégré détectent automatiquement la mémoire système supplémentaire et ajustent automatiquement la taille de la mémoire graphique.

Largeur du bus vidéo

En matière de mémoire vidéo, il faut prendre en considération la largeur du bus reliant le chipset graphique et la mémoire sur la carte vidéo. Ce chipset est généralement assez gros et contient la quasi-totalité des fonctions de la carte vidéo. Il est relié directement à la mémoire de la carte par l'intermédiaire d'un bus local situé sur la carte. La plupart des cartes vidéo haut de gamme utilisent un bus de mémoire interne d'une largeur de 256 ou 512 bits, même si les dernières cartes NVIDIA GeForce 8 profitent du bus de mémoire de 384 et 320 bits. Toutes ces informations peuvent sembler opaques à l'utilisateur, car les cartes d'extension vidéo se branchent également sur le bus de la carte mère, qui est cadencé à sa propre fréquence. Quand une documentation indique qu'une carte vidéo a une largeur de 128 ou de 256 bits, il faut comprendre que cette valeur se rapporte au bus vidéo local et que le bus qui relie la carte vidéo à l'ordinateur est en fait un bus PCI-Express ou AGP, situé sur la carte mère de l'ordinateur.

✔ Voir la section "Fonctions et caractéristiques des bus système", p. 231.

Convertisseur numérique-analogique (RAMDAC)

Comme son nom l'indique, le convertisseur numérique-analogique, appelé plus communément RAMDAC (*RAM Digital Analog Converter*, convertisseur numérique-analogique de RAM), convertit les images numériques générées par l'ordinateur en signaux analogiques que le moniteur peut afficher. La vitesse du RAMDAC se mesure en mégahertz (MHz). Plus le processus de conversion est rapide, plus la fréquence de rafraîchissement verticale de la carte vidéo est élevée. La fréquence des RAMDAC utilisés sur les cartes vidéo actuelles va de 300 à 350 MHz. Sur la plupart des chipsets de cartes vidéo, la fonction de RAMDAC est incorporée à la puce d'accélération 3D. Toutefois, certaines cartes vidéo capables de prendre en charge deux écrans emploient une puce de RAMDAC distincte pour permettre au second écran de fonctionner à une fréquence de rafraîchissement différente de celle du premier.

En augmentant la vitesse du RAMDAC, on peut obtenir des fréquences de rafraîchissement supérieures (72 à 85 Hz, voire plus) et donc utiliser des résolutions plus fortes sans effets de scintillement. En règle générale, les cartes équipées de RAMDAC cadencés à 300 MHz ou plus ne provoquent pas de scintillement quelle que soit la résolution (jusqu'à 1920 × 1200). Bien entendu, vous devez vous assurer que la résolution que vous allez choisir est supportée à la fois par le moniteur et la carte vidéo.

Bus

Ce chapitre vous a déjà appris que les cartes vidéo sont conçues pour certains types de bus. Les premiers standards de bus, comme IBM MCA, ISA, EISA et VL-Bus, ont tous été utilisés pour le VGA,

entre autres. Du fait de leurs piètres performances, ils sont tous obsolètes et les cartes vidéo actuelles sont toutes conçues pour s'adapter aux standards de bus PCI-Express ou AGP.

Sur les systèmes actuels et à venir, la conception standard pour un emplacement de carte est le PCI-Express x16, qui remplace l'AGP 8×. Certains systèmes acceptent les deux, vous permettant de passer au PCI-Express x16 à votre rythme. Les cartes vidéo PCI voient leur quantité et leurs performances restreintes; elles sont principalement vendues pour des systèmes équipés de vidéo intégrée ne disposant pas de connecteurs AGP ou PCI-Express.

✔ Voir la section "Bus PCI", p. 246 et "PCI-Express", p. 251.

Cartes vidéo AGP

Le standard AGP (*Accelerated Graphics Port*) est un bus Intel dédié à la vidéo. Il s'agit globalement d'une amélioration du bus PCI, mais il est réservé aux cartes vidéo et leur fournit des accès à haute vitesse aux barrettes de la mémoire système. La carte peut ainsi traiter certains éléments 3D, comme les textures, directement avec la mémoire système plutôt que de copier les données dans sa propre mémoire avant de commencer le traitement. Cela améliore les performances et élimine le besoin d'augmenter la mémoire de la carte vidéo pour améliorer le support des fonctions 3D.

Infos

Les premières cartes AGP embarquaient relativement peu de mémoire RAM. Mais sur les nouvelles cartes, la quantité tend à augmenter. En outre, celles-ci contiennent un espace mémoire dédié au-dessus de la zone consacrée à la mémoire physique. Cela permet un transfert des données plus rapide de et vers la mémoire de la carte vidéo. Les chipsets AGP intégrés font appel à la mémoire système pour toutes les opérations, y compris la génération des textures.

Bien qu'elles aient été conçues à la même période que Windows NT 4.0 et Windows 95, ces versions ne prennent pas en charge la fonction DIME (*DIrect Memory Execute*) d'AGP. La fonction DIME (*DIrect Memory Execute*, exécution en mémoire directe), associée au bus AGP, utilise la mémoire principale de l'ordinateur pour certaines opérations, afin de réduire le trafic à destination et en provenance de la carte vidéo. Windows 98/Me/2000/XP sont compatibles avec cette fonction.

Il existe quatre vitesses d'interface AGP : 1×, 2×, 4× et 8×. Les cartes vidéo AGP actuelles acceptent l'AGP 8× et peuvent tomber à AGP 4× ou 2× sur les systèmes n'acceptant pas la version 8×.

Compte tenu de la bande passante requise par l'AGP 3.0, les cartes mères intégrant cette version de l'interface AGP prennent également en charge la mémoire DDR333, qui est beaucoup plus rapide que la DDR266 (également appelée PC2100).

Attention

Avant d'acheter une carte vidéo AGP et une carte mère, assurez-vous qu'elles sont compatibles entre elles. Les premières cartes AGP (notamment celles qui reposaient sur le chipset i740 d'Intel) étaient prévues exclusivement pour les cartes mères Pentium II AGP originales. Or, certains utilisateurs de l'interface AGP possèdent une carte mère Super Socket 7, et certaines des premières cartes vidéo AGP ne fonctionnent pas avec ces cartes mères. Par conséquent, renseignez-vous auprès des fabricants des deux cartes avant d'investir dans du nouveau matériel. Le chipset 845 d'Intel, destiné au Pentium 4, fonctionne avec les cartes vidéo AGP 4X en 1,5 V mais pas avec les cartes AGP 2X/4X en 3,3 V.

Cartes vidéo PCI-Express

Le PCI-Express, qui a largement remplacé l'AGP dans les nouveaux systèmes, est apparu sur les systèmes haut de gamme en milieu d'année 2004 et a été adopté par la plupart des systèmes employant des cartes vidéo indépendantes ou la vidéo intégrée pouvant être mise à niveau. Malgré son nom, PCI-Express emploie une méthode de transfert de données série bidirectionnelle haut débit et les canaux PCI-Express peuvent être combinés pour créer des connecteurs d'extension plus larges et plus rapides (250 Mo/s de transfert de données dans chaque direction).

Le Tableau 11.11 décrit les différences entre les bus PCI et AGP.

Tableau 11.11 : Caractéristiques des bus locaux PCI et AGP

Caractéristique	PCI	AGP	PCI-Express
Débit théorique maximal	133 Mo/s*	533 Mo/s (2×), 1 066 Mo/s (4×), 2133 Mo/s (8×)	250 Mo/s/voie, 4 Go/s (x16)
Connecteurs	4/5 (en général)	1	1/plus

* Un nombre plus important de connecteurs est envisageable à l'aide de ponts PCI.

Pilote vidéo

Le pilote est un élément essentiel du sous-système vidéo. Il est d'ailleurs souvent à l'origine de problèmes. Ce petit programme permet aux logiciels de communiquer avec la carte vidéo. L'ordinateur aura beau être équipé d'une carte vidéo dotée du processeur graphique le plus rapide et de la mémoire la plus importante du marché, il n'offrira que des performances vidéo médiocres si le pilote utilisé a été mal conçu.

Le pilote vidéo est en général conçu pour prendre en charge le processeur situé sur la carte vidéo. Toutes les cartes vidéo sont livrées avec des pilotes fournis par le fabricant, mais il est souvent également possible d'utiliser un pilote conçu par le fabricant du chipset. Vous pourrez parfois constater que le pilote du fabricant de chipset fonctionne mieux que celui de la carte, ou encore qu'il résout certains problèmes auxquels vous êtes confronté.

La plupart des fabricants de cartes vidéo et de chipsets possèdent un site web mettant à disposition les derniers pilotes pour leur matériel. Un pilote conçu par le fabricant du chipset peut constituer une solution intéressante mais, d'une manière générale, il est préférable de commencer par utiliser le pilote du constructeur de la carte. Avant d'acheter une carte vidéo, il est conseillé de visiter un site spécialisé dans les jeux vidéo et de lire les articles de la rédaction et les avis des joueurs. Vous y trouverez des informations intéressantes sur la qualité et la stabilité des différents pilotes. À une certaine époque, la succession rapprochée des mises à jour des pilotes signifiait que le matériel n'était pas optimal. Mais aujourd'hui, la complexité accrue des ordinateurs fait de ces nombreuses mises à jour une nécessité. Même si vous installez une carte vidéo récente, voyez si le site web du constructeur propose une mise à jour pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

Le pilote vidéo fournit également l'interface servant à configurer l'affichage. Sous Windows 98/Me/2000/XP, l'onglet Paramètres de la boîte de dialogue Propriétés de Affichage (accessible en ouvrant le Panneau de configuration et en double-cliquant sur Affichage) indique la référence du moniteur et de la carte vidéo installés sur l'ordinateur. Cet onglet permet également de sélectionner la profondeur de couleur et la résolution d'affichage. La boîte de dialogue //Paramètres d'affichage de Windows Vista réalise la même opération. Le pilote contrôle les options disponibles pour ces paramètres. Il n'est donc pas possible par exemple de sélectionner des résolutions non compatibles avec votre écran, même si la carte vidéo les accepte.

Quand vous cliquez sur le bouton Avancé, Windows fait apparaître la boîte de dialogue de propriétés spécifique à la carte vidéo installée. Son contenu varie suivant le pilote et les caractéristiques du matériel. En principe, l'onglet Général permet de sélectionner la taille des polices (petite ou grande) à utiliser avec la résolution sélectionnée. Windows 9x/Me/2000 ont également un contrôle permettant d'activer une fonction intéressante : la fonction QuickRes, qui permet de choisir une combinaison de résolution et de profondeur de couleur directement depuis la barre d'outils système. Curieusement, cette fonction n'existe plus sous Windows /XP/Vista.

L'onglet Carte affiche des informations détaillées sur la carte vidéo et sur les pilotes installés sur l'ordinateur. Il permet de paramétrer la fréquence de rafraîchissement de l'écran. Sous Windows XP et Vista, vous pouvez employer le bouton Lister tous les modes pour visualiser et choisir la résolution, la profondeur de couleur et la fréquence de rafraîchissement, d'un simple clic. L'onglet Écran permet de visualiser et de modifier les propriétés du moniteur, et de changer de pilote si nécessaire. Sous Windows XP et Vista, il permet aussi de sélectionner la fréquence de rafraîchissement.

Quand la carte vidéo dispose d'un accélérateur graphique, l'onglet Performances contient un curseur Accélération matérielle qui permet de contrôler le degré d'assistance vidéo matérielle fournie par la carte vidéo. Sous Windows XP et Vista, l'onglet Performances s'appelle Dépannage.

Si vous paramétrez le curseur Accélération matérielle sur Complète, toutes les fonctions d'accélération de la carte vidéo seront activées.

Si vous déplacez le curseur d'un cran vers la gauche, vous pourrez résoudre les problèmes d'affichage liés à la souris. Cette position permet en effet de désactiver les fonctions du pilote graphique qui prennent en charge le pointeur matériel de la souris. Elle équivaut à l'insertion d'une instruction `SWCursor=1` dans la section `[Display]` du fichier SYSTEM.INI.

Si vous décalez encore le curseur d'un cran vers la gauche (pour le positionner sur le deuxième cran en partant de la droite), vous empêcherez la carte d'effectuer certains transferts de blocs de bits. Avec certains pilotes, ce réglage permet aussi de désactiver les entrées/sorties mappées dans la mémoire. Cela équivaut à insérer l'instruction `Mmio=0` dans la section `[Display]` du fichier SYSTEM.INI et l'instruction `SafeMode=1` dans la section `[Windows]` du fichier WIN.INI (ainsi que l'instruction `SWCursor` mentionnée précédemment).

Si vous positionnez le curseur sur le cran Aucune (situé à l'extrême gauche), Windows ajoutera l'instruction `SafeMode=2` à la section `[Windows]` du fichier WIN.INI. Cette opération désactive toutes les fonctions d'accélération matérielle et force le système d'exploitation à n'utiliser que le moteur de bitmaps indépendant de tout périphérique pour afficher les images, au lieu de faire des transferts de blocs de bits. Utilisez ce réglage si votre écran se bloque souvent ou si vous rencontrez le message `invalid page fault error` ("erreur de page invalide").

Infos

Si vous avez besoin de désactiver l'une des fonctions matérielles citées précédemment, c'est probablement le signe que le pilote d'affichage ou de la souris est défaillant. Téléchargez et installez des pilotes mis à jour pour retrouver l'accélération maximale.

Souvent, un autre onglet intitulé Couleur ou Gestion des couleurs est également disponible. Vous pouvez alors sélectionner un profil de couleurs pour votre moniteur, afin d'obtenir une meilleure correspondance des couleurs entre les applications graphiques et les imprimantes.

Les cartes vidéo offrant des fonctions avancées d'accélération 3D présentent souvent des propriétés supplémentaires, que nous allons aborder plus loin dans ce chapitre.

Connecter plusieurs écrans simultanément

Windows 98/Me et Windows 2000/XP incluent une fonction vidéo qui existe depuis de nombreuses années sur les Macintosh, mais qui est une nouveauté sur les PC : la possibilité d'utiliser plusieurs moniteurs sur un même ordinateur. Chaque moniteur affiche alors une représentation différente du Bureau. Windows 98/Me acceptent jusqu'à neuf moniteurs (et neuf cartes vidéo). Windows 2000 et Windows XP vont jusqu'à dix. Windows Vista accepte plusieurs moniteurs, mais les conditions diffèrent de Windows XP lorsque l'on emploie le pilote d'affichage WDDM spécifique à Vista. Quand vous configurez un ordinateur tournant sous Windows pour faire fonctionner plusieurs moniteurs, le système d'exploitation crée un Bureau virtuel, c'est-à-dire un affichage qui existe dans la mémoire vidéo et qui peut être plus grand que l'image effectivement affichée sur un seul moniteur. Les différents moniteurs permettent de voir différentes parties du Bureau virtuel. Il est ainsi possible de placer les fenêtres de différents programmes sur différents moniteurs, et de les déplacer à volonté.

À moins que vous n'ayez une carte vidéo multiécran, chaque moniteur relié à l'ordinateur doit posséder sa propre carte vidéo. Si votre carte mère ne compte pas neuf connecteurs de bus libres, il est donc improbable que vous puissiez voir neuf écrans à la fois. Toutefois, avec deux moniteurs, vous pouvez déjà profiter d'un environnement de travail intéressant.

Prise en charge de plusieurs écrans de Windows 98 à XP

Sur un ordinateur sous Windows 98/Me équipé de plusieurs moniteurs, il faut toujours que l'un d'eux soit considéré comme le moniteur principal. Celui-ci peut utiliser une carte vidéo PCI ou AGP. Dans la pratique, la plupart des cartes de marques connues peuvent être employées en tant que cartes principales. Les moniteurs supplémentaires sont qualifiés de secondaires et posent plus de problèmes de compatibilité matérielle. Pour installer plusieurs écrans, vérifiez d'abord que vous n'avez installé qu'une seule carte vidéo, puis redémarrez votre ordinateur avant de procéder à l'installation de la carte suivante, et ainsi de suite pour les autres cartes.

Il est important que l'ordinateur sache quelle carte vidéo considérer comme la carte principale. Cette identification est effectuée par le BIOS de la carte mère. Si celui-ci ne permet pas de sélectionner la carte VGA qui doit être considérée comme carte principale, il choisit l'une des cartes vidéo installées en se fondant sur l'ordre des connecteurs PCI de l'ordinateur. Installez par conséquent la carte vidéo principale dans le connecteur PCI qui bénéficie du degré de priorité le plus élevé. Il arrive dans certains cas que la carte AGP soit considérée comme secondaire par rapport à une carte PCI. Suivant le BIOS installé sur votre ordinateur, vous pouvez avoir à regarder à différents endroits pour trouver l'option qui permet de sélectionner la carte VGA principale. À titre d'exemple, le BIOS Award qui équipe la carte mère ASUS A7V133 (pour processeurs Socket A) fait apparaître cette option, appelée Primary VGA BIOS, dans le menu Boot. Dans le cas du BIOS Phoenix employé par la carte mère Intel DB815-EEA, en revanche, cette option, appelée Default Primary Video Adapter, figure dans le menu Video Configuration.

✔ Voir la section "Bus PCI", p. 246.

Une fois le matériel installé, vous pouvez configurer l'affichage de chaque moniteur à l'aide de l'onglet Paramètres de la boîte de dialogue Propriétés de Affichage. L'écran principal est toujours fixé dans l'angle supérieur gauche du Bureau virtuel, mais vous pouvez déplacer les écrans secondaires pour visualiser la partie de votre choix du Bureau. Vous pouvez également paramétrer les différents écrans sur des résolutions et des profondeurs de couleur différentes.

Windows XP offre également une fonction DualView qui est une amélioration de la fonction Multiécran de Windows 2000. Cette fonction prend en charge les cartes vidéo à deux sorties ainsi que les ordinateurs portables connectés à des écrans externes. Sur les ordinateurs qui supportent la fonction DualView, le premier port vidéo est affecté automatiquement au moniteur principal. Sur un ordinateur portable, l'écran principal est l'écran LCD intégré.

Même si votre BIOS permet de sélectionner la carte vidéo principale et que vous employiez des cartes vidéo compatibles, il peut être difficile de déterminer avec précision quelles cartes vidéo fonctionnent correctement dans un environnement multiécran.

L'arrivée de nouveaux chipsets et de nouveaux pilotes, ainsi que les combinaisons de cartes vidéo sont des sources de problèmes perpétuels en matière de support multiécran. Voici quelques ressources en ligne qui vous informeront sur la question :

- **http://www.realtimesoft.com/ultramon.** Page d'accueil du Programme UltraMon d'optimisation du support multiécran et base de données exhaustive de configurations multiécrans pour Windows 98/Me, Windows 2000/XP et Linux.
- **http://www.digitalroom.net/index2.html.** (Cliquez sur Tech Articles, puis sur Multiple Monitor Guide.) Astuces sur les configurations multiécrans et liens vers d'autres astuces.

Prise en charge de plusieurs écrans sous Windows Vista

Le Bureau Aero 3D de Windows Vista nécessite un nouveau pilote vidéo de Windows appelé WDDM, mais vous pouvez également lancer Windows Vista en mode basique ou sous d'autres programmes de couleur non 3D si votre carte vidéo accepte les pilotes Windows XP. Ces pilotes utilisent le modèle de pilote Windows XP (XPDM). Si vous utilisez des pilotes vidéo Windows XP, vous pouvez mélanger les cartes vidéo AGP et PCI ou PCI-Express et PCI avec différents processeurs graphiques de plusieurs fabricants, comme dans Windows XP.

Si vous préférez les pilotes WDDM, qui font appel à une nouvelle architecture conçue pour améliorer la stabilité du système, vous ne pouvez utiliser plusieurs cartes vidéo que si vous utilisez le même pilote WDDM. ATI et NVIDIA employant une architecture de pilotes unifiée pour prendre en charge leurs gammes actuelles de produits, vous pouvez utiliser deux cartes ATI ou NVIDIA ou plus pour créer la configuration souhaitée à plusieurs moniteurs. Vous ne pouvez toutefois pas utiliser de processeurs graphiques ATI et NVIDIA sur le même système lorsque vous utilisez des pilotes WDDM.

Matériel pour moniteurs multiples

Voici deux démarches que vous pouvez adopter pour activer le support multiécran sur votre ordinateur :

- installer une carte vidéo PCI-Express, AGP ou PCI pour chaque écran à configurer ;
- installer une carte PCI-Express, AGP ou PCI capable de gérer deux écrans (ou plus).

Les cartes multiconnecteurs permettent de gagner des connecteurs d'extension sur la carte mère.

Selon la carte, la manière d'exploiter la fonction multiécran peut être différente. Les cartes les plus récentes prennent en charge un connecteur VGA analogique à 15 broches (destiné aux écrans à tube cathodique), un connecteur DVI-I numérique/analogique pour les écrans LCD numériques (adaptable au VGA) ou deux connecteurs DVI-I, ainsi qu'une sortie TV S-Vidéo ou composite pour un téléviseur ou un magnétoscope. Voici donc ce que vous pouvez relier à cette carte :

- deux écrans LCD numériques (sur des cartes dotées de deux connecteurs DVI-I) ;
- un écran LCD analogique ou à tube cathodique, et un écran LCD numérique ;
- deux écrans LCD analogiques ou deux écrans à tube cathodique (en utilisant un adaptateur DVI-I/VGA) ;
- un écran analogique LCD ou à tube cathodique et un téléviseur ;
- un écran LCD analogique et un téléviseur ;
- un écran LCD numérique et un téléviseur.

Quasiment tous les chipsets vidéo compatibles DirectX 8 acceptent deux écrans ou plus et la plupart prennent en charge deux écrans à tube cathodique ou LCD avec une sortie TV. Cependant, certaines cartes vidéo bas de gamme, notamment celle basées sur d'anciens processeurs graphiques, pourraient ne pas fournir toutes les sorties proposées par le processeur graphique. Consultez la fiche technique pour déterminer la prise en charge double écran exacte offerte par une carte vidéo particulière.

Accélérateurs graphiques 3D

Depuis la fin des années 1990, l'accélération 3D, autrefois réservée aux cartes d'extension destinées aux joueurs invétérés, est devenue très répandue dans le domaine des PC. Avec l'arrivée de Windows Vista, l'imagerie 3D est désormais disponible dans l'interface utilisateur lorsque le Bureau Aero est activé, associant d'autres usages de la 3D animée comme les jeux de sport et de combat, dans les simulateurs de pilotage, etc. Étant donné que même les chipsets graphiques bas de gamme intégrés offrent des fonctions 3D et que les cartes vidéo 3D en sont à la dixième génération, tous les utilisateurs d'ordinateurs modernes peuvent bénéficier des éclairages 3D, des perspectives, des textures et des ombrages 3D dans leurs jeux préférés. Les jeux de sport 3D les plus récents incluent des éclairages et des angles de vue si réalistes que l'observateur peu averti pourrait aisément confondre les images informatiques avec la retransmission d'une véritable émission de télévision. Les dernières puces accélératrices 3D permettent aux PC puissants de rivaliser avec les consoles de jeu spécialisées haut de gamme, telles que la PlayStation 3, de Sony, et la Wii, de Nintendo (ainsi que la Xbox 360, de Microsoft, basée sur un PC), pour le plus grand plaisir des amateurs de jeux.

Fonctionnement de l'accélération 3D

Pour construire une séquence 3D animée, un ordinateur peut animer mathématiquement les séquences entre les images clés. Une image clé identifie des points spécifiques. Une balle en train de rebondir, par exemple, peut posséder trois images clés : l'une pour la position haute, l'autre pour la position basse et la troisième pour le retour à la position haute. En utilisant ces images comme points de référence, l'ordinateur peut créer toutes les images intermédiaires entre le haut et le bas. Ce système permet de générer un effet de rebondissement fluide.

Une fois la séquence de base créée, l'ordinateur peut affiner l'apparence des images en les remplissant de couleurs. Le processus de remplissage le plus simple et le moins convaincant est le lissage à plat. Il consiste tout simplement à remplir une forme d'une couleur unie. Le lissage de Gouraud est une technique un peu plus sophistiquée, qui permet d'affecter des couleurs à des points spécifiques d'une forme. Ces points sont ensuite reliés à l'aide d'un dégradé progressif entre les couleurs spécifiées.

La technique de remplissage qui sollicite le plus le processeur graphique est l'application de textures. L'application 3D utilise alors des motifs – ou textures – sous forme de petites images bitmap, dont elle tapisse les formes de l'image, de la même manière que vous pouvez tapisser le Bureau de Windows d'un petit motif en créant un papier peint. La différence est toutefois que l'application 3D peut modifier l'apparence de chaque exemplaire du motif en appliquant des effets de perspective et de lissage 3D. Lorsqu'on ajoute des effets pour simuler le brouillard, les reflets, les ombres directionnelles ou autres, l'animation 3D se rapproche encore plus de la réalité.

Récemment encore, les applications 3D devaient s'appuyer sur des routines logicielles pour convertir ces abstractions en images réelles. Le processeur de la carte mère était donc soumis à une charge de travail extrêmement importante, qui se répercutait non seulement sur les performances d'affichage, mais aussi sur les autres applications susceptibles de fonctionner simultanément.

Aujourd'hui, il existe une nouvelle génération de chipsets accélérateurs, utilisés sur toutes les cartes vidéo afin de débarrasser le processeur principal d'un grand nombre de tâches graphiques nécessaires au rendu des images 3D. Ces chipsets soulagent le processeur d'une tâche qui lui incombait habituellement et accroissent les performances générales de l'ordinateur.

Dix générations d'accélérateurs 3D se sont succédé, sur plus d'une décennie, avec chaque fois plus de mémoire dédiée aux animations 3D haute résolution. Cela dit, une carte de cette catégorie coûte au moins 100 dollars, et certains modèles embarquant 64 Mo de SDRAM DDR et les meilleures technologies d'accélération peuvent dépasser les 500 dollars. Tant les jeux vidéo que les programmes d'animation 3D tirent un grand profit de leur capacité à rendre des images au réalisme photographique avec des délais d'affichage instantanés.

Heureusement, les utilisateurs moins exigeants en matière de performances 3D peuvent acheter des produits d'entrée de gamme reposant sur les précédentes générations d'accélérateurs graphiques pour des prix inférieurs à 150 dollars. Ces cartes offrent généralement des performances plus qu'acceptables pour les applications 2D conventionnelles. Certaines cartes accélératrices 3D de milieu et haut de gamme offrent également une fonction Multiécran et une sortie TV, ce qui permet de travailler tout en jouant.

La technologie 3D a donné naissance à une terminologie entièrement nouvelle dans le domaine des cartes vidéo. Avant d'acheter une carte accélératrice 3D, il peut être intéressant de vous familiariser avec les termes et les concepts intervenant dans le processus de génération d'images 3D.

La fonction première d'un logiciel 3D est de convertir des abstractions d'image en images entièrement réalisées qui sont ensuite affichées à l'écran de l'ordinateur. Voici ces abstractions d'image :

- **Sommets.** Emplacements des objets dans l'espace tridimensionnel, décrits en termes de coordonnées X, Y et Z par rapport à trois axes correspondant à la hauteur, la largeur et la profondeur.
- **Primitives.** Objets géométriques simples utilisés par l'application pour créer des constructions plus complexes. Les primitives sont décrites par rapport à l'emplacement relatif de leurs sommets. Ils servent non seulement à spécifier l'emplacement de l'objet au sein de l'image 2D, mais aussi à créer des perspectives dans la mesure où les trois axes permettent de définir n'importe quel emplacement de l'espace tridimensionnel.
- **Textures.** Images bitmap bidimensionnelles, ou surfaces, conçues pour être appliquées à des primitives. Le logiciel accroît l'effet 3D en modifiant l'apparence des textures suivant l'emplacement et la structure de la primitive. On parle alors de correction de perspective. Certaines applications emploient un autre procédé, appelé mappage MIP, qui consiste à stocker une même texture à différentes résolutions afin d'utiliser la texture de moindre résolution en fonction des nécessités (plus l'objet est loin de l'observateur, plus il peut recevoir une texture peu détaillée). Il existe encore une autre technique, appelée ajustement de profondeur, qui réduit la couleur et l'intensité du remplissage d'un objet à mesure qu'il s'éloigne de l'observateur.

À l'aide de ces éléments, les abstractions d'image sont rendues, ou converties en formes visibles. Le rendu dépend de deux fonctions standardisées de conversion des abstractions en image terminée affichée à l'écran :

- **Géométrie.** Dimensionnement, orientation et déplacement des primitives dans l'espace, et calcul des effets produits par les sources de lumière virtuelles qui illuminent l'image.
- **Pixellisation.** Conversion des primitives en pixels sur l'écran vidéo, les formes étant remplies à l'aide de pixels de la bonne couleur, de textures, ou des deux.

Une carte vidéo moderne équipée d'un chipset accélérateur 3D comprend des composants spéciaux, permettant de prendre en charge le processus de pixellisation beaucoup plus rapidement que si l'opération n'était réalisée qu'à l'aide d'un logiciel (avec le processeur de la carte mère). La plupart des cartes accélératrices 3D effectuent les opérations de pixellisation suivantes à même la carte :

- **Conversion de balayage.** Opération consistant à déterminer les pixels de l'écran qui doivent être situés dans l'espace délimité par chaque primitive.
- **Coloration.** Opération consistant à remplir les pixels de couleurs fluides à l'aide d'une technique de pixellisation à plat ou de lissage de Gouraud.
- **Application des textures.** Processus consistant à remplir les pixels à l'aide d'images dérivées d'une image 2D d'exemple ou d'une surface.
- **Identification des surfaces visibles.** Opération consistant à identifier les pixels qui, dans une scène, doivent être obscurcis par d'autres objets plus proches de l'observateur dans l'espace tridimensionnel.
- **Animation.** Opération consistant à faire se succéder rapidement et proprement des images d'une séquence animée.
- **Anticrénelage.** Processus qui consiste à adoucir les contours des objets rendus.

Techniques 3D classiques

Les techniques 3D classiques comprennent les éléments suivants :

- **Brouillard.** Simule la brume et le brouillard dans les arrière-plans des jeux et permet de faire apparaître de façon soudaine de nouveaux objets (immeuble, ennemi, etc.).
- **Lissage de Gouraud.** Utilise une interpolation de couleurs pour donner au rendu des sphères et des cercles un aspect adouci et en relief.
- **Mélange alpha.** Il s'agit d'une des premières techniques 3D. Le mélange permet de créer des transparences. Cette technique est parfaite pour le rendu des explosions, de la fumée, de l'eau et du verre. Elle peut aussi simuler des textures, mais de façon moins réaliste qu'une texture en relief fondée sur l'environnement.

- **Stencil buffering.** Cette technique est particulièrement utile aux jeux tels que les simulateurs de vol, où les éléments graphiques statiques, comme le pare-brise d'un cockpit d'avion, sont placés devant des images changeantes (décors, autres avions, détails du ciel, etc.). Dans ce cas de figure, la zone occupée par le pare-brise n'est pas constamment redessinée : seul le décor se trouvant derrière lui est recalculé, afin de gagner du temps et d'améliorer le débit d'images.
- **Tampon Z.** Le tampon Z stocke l'ensemble des coordonnées z de tous les points de l'image. Lorsqu'une scène est calculée, les valeurs Z (profondeur) des nouveaux pixels sont comparées à celles qui sont stockées dans le tampon Z pour déterminer les pixels placés "devant" les autres et qui doivent être affichés. Les pixels qui se trouvent "derrière" peuvent ainsi ne pas être calculés. Cette méthode augmente la vitesse de rendu et peut être employée conjointement avec le tampon Stencil pour créer des ombres en volumes et d'autres objets 3D complexes. Le tampon Z a été développé à l'origine pour la CAO.
- **Application de textures relief fondées sur l'environnement.** Cette technique utilise des effets d'éclairage et de texture spéciaux pour simuler les textures accidentées de l'eau, des briques ou d'autres surfaces complexes. Elle combine trois applications de texture séparées (pour les couleurs, la hauteur et la profondeur, et pour l'environnement : les effets de lumière, le brouillard et les nuages). Cela permet d'augmenter le réalisme des scènes dans les jeux et de parfaire le rendu de l'environnement dans les logiciels de création et d'architecture. Cette technique représente une étape supplémentaire par rapport au mélange alpha.

Filtrage et rendu 3D avancés

Pour améliorer la qualité des applications de texture, plusieurs techniques de filtrage ont été développées, dont le mappage MIP, les filtrages bilinéaire et trilinéaire et le filtrage anisotrope. La liste suivante décrit chacune de ces techniques avancées et d'autres figurant dans les processeurs graphiques 3D récents :

- **Mappage MIP.** Améliore la qualité des polygones qui semblent s'éloigner vers l'arrière de la scène en mélangeant des versions haute résolution et basse résolution de la même texture.
- **Filtrage bilinéaire.** Améliore la qualité d'image des petites textures plaquées sur de gros objets. L'étirement de la texture sur un gros objet fait que les pixels deviennent visibles. Cette technique applique un effet de flou à la texture pour résoudre ce défaut difficilement acceptable par l'œil.
- **Filtrage trilinéaire.** Combine le filtrage bilinéaire avec la technique de mappage MIP. Cette technique consiste à calculer les couleurs les plus réalistes pour les pixels de chaque objet en comparant les valeurs de deux mappages MIP. Elle est plus efficace qu'un filtrage bilinéaire ou un mappage MIP seul.

Infos

Les filtrages bilinéaire et trilinéaire fonctionnent bien pour les objets vus de face, mais donnent de moins bons résultats quand les objets sont vus en perspective (comme dans le cas d'un mur qui s'étend vers l'horizon).

- **Filtrage anisotrope.** Certains fabricants de cartes utilisent une autre méthode, appelée filtrage anisotrope, pour obtenir un meilleur rendu pour les surfaces anguleuses contenant du texte. Cette

technique est employée lorsqu'une texture est appliquée à une surface qui change dans deux des trois dimensions spatiales (comme des publicités le long des glissières d'un circuit automobile). Étant donné que les calculs supplémentaires impliqués demandent du temps, elle peut être désactivée.

- **Tampon T.** Cette technique élimine le crénelage lorsqu'il est le produit du rendu d'une image sous-échantillonnée, comme c'est le cas des effets d'escaliers que l'on peut observer sur les diagonales, des tressautements d'image et des mauvais rendus des ombres, des réflexions et des flous. Ce tampon, qui remplace le tampon d'image normal, accumule plusieurs rendus avant d'afficher l'image. À la différence de certaines autres techniques 3D, celle-ci ne requiert pas la réécriture ou l'optimisation des logiciels 3D pour être implémentée. Son objectif est de fournir un réalisme "cinéma" aux animations 3D. Cependant, si vous activez l'anticrénelage tout en faisant appel au tampon T, vous risquez de constater des baisses de performances énormes. Cette technique avait été développée à l'origine par 3Dfx, qui a aujourd'hui cessé son activité. Elle est toutefois incorporée à la version 8.0 et aux versions ultérieures de DirectX, de Microsoft, ce qui permet à des cartes vidéo d'autres marques de l'utiliser.
- **Transformations et éclairage intégrés.** Le processus d'affichage 3D implique de pouvoir transformer des objets d'une image à l'autre et de gérer les changements d'éclairage découlant de ces transformations. De nombreuses cartes 3D laissent le processeur principal prendre ces fonctions en charge, mais certains accélérateurs graphiques comme les cartes NVIDIA GeForce 2, GeForce 3 et GeForce 4, ainsi que les cartes ATI RADEON, RADEON 7500 et RADEON 8500, intègrent des moteurs dédiés aux transformations et aux éclairages pour accélérer le rendu 3D indépendamment de la puissance du processeur. Vous trouverez plus d'informations à ce sujet sur les sites web de NVIDIA et ATI.
- **Anticrénelage plein écran.** Cette technologie réduit les effets d'escaliers visibles à n'importe quelle résolution en adoucissant les contours entre zones de couleurs différentes. Alors que les tout premiers produits 3D ne faisaient de l'anticrénelage que sur certains objets, les tout derniers accélérateurs de NVIDIA et ATI emploient différentes méthodes FSAA optimisées, permettant une forte qualité visuelle, sous des débits élevés.
- **Habillage des sommets.** Également appelée coloration des sommets, cette technique mélange les points de rencontre entre deux angles, par exemple les articulations des bras ou des jambes d'un personnage animé.
- **Interpolation entre images clés.** Également appelée morphing des sommets, cette technique prend en charge l'animation entre deux expressions faciales, ce qui produit des expressions réalistes lorsqu'il n'est pas possible de faire de l'animation de structures. Le site web d'ATI vous donnera de plus amples détails.
- **Ombrage des sommets et des pixels programmable.** La technologie nfiniteFX embarquée sur les cartes GeForce3 de NVIDIA permet aux développeurs de logiciels de personnaliser des effets tels que le morphing des sommets et l'ombrage des pixels. Cette forme optimisée d'appli-

cation de reliefs pour les surfaces irrégulières permet d'appliquer des éclairages pixel par pixel, plutôt que de faire appel à un éventail réduit d'effets prédéfinis. Les processeurs graphiques basés sur DirectX 8 et 9 emploient des systèmes d'ombrage séparés pour les pixels et les sommets, mais DirectX 10 accepte une nouvelle architecture permettant à des systèmes d'ombrage unifiés de travailler sur les sommets et les pixels à la demande.

- **Calculs à virgule flottante.** Microsoft DirectX 9 et plus acceptent les données à virgule flottante pour un rendu plus vif et plus précis des polygones et des couleurs. Sous DirectX 9, les systèmes d'ombrage des sommets employaient une précision à 32 bits, tandis que les systèmes d'ombrage des pixels faisaient appel à une précision à 24 bits. Toutefois, Shader Model 3.0 (DirectX 9.0c) a augmenté la précision pour les pixels à 32 bits, celle-là même utilisée par le système d'ombrage unifié de DirectX 10.

Le Tableau 11.12 présente l'ajout de diverses fonctions de rendu 3D à DirectX versions 6.0 à 10.

Tableau 11.12 : Rendu 3D dans DirectX

Fonction	DX 6.0	DX 7.0	DX 8.x	DX 9.0	DX 9.0c	DX 10
Effets ciel 3D	Non	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Effets fumée et brouillard (effets volumétriques)	Non	Limité	Oui	Oui	Oui	Oui
Réfraction dynamique	Non	Non	Limité	Oui	Oui	Oui
Méthodes de transformation et d'éclairage	Fonction fixe dans le logiciel	Fonction fixe dans le matériel	Shader Model 1.0	Shader Model 2.0	Shader Model 3.0	Shader Model 4.0
Placage de relief	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Résolutions de texture	128 × 128, 256 × 256	256 × 256	512 × 512	512 × 512	4096 × 4096	8192 × 8192
Nombre de textures par ombreur de pixels	–	–	8	16	4	–
Nombre de textures par ombreur de sommets	–	–	–	–	16	–
Nombre de textures par ombreur unifié	–	–	–	–	–	128
Cartes de déplacement	Faible	Moyen	Moyen à élevé avec placage de relief	Élevé avec placage de relief	Élevé avec placage de relief	Très élevé avec placage de relief
Aspect de l'eau	Médiocre	Moyen	Bon	Excellent	Excellent	Réaliste

Rendus simple passe et multipasse

Les différents constructeurs de cartes vidéo gèrent différemment ces deux techniques avancées de rendu. La tendance actuelle semble favoriser l'application des filtres et le rendu de base en une seule passe plutôt qu'en plusieurs. Le rendu simple passe offre en général un débit d'images plus élevé

dans les applications 3D animées et évite les problèmes d'affichage causés par des erreurs dans les calculs avec des nombres en virgule flottante durant le processus de rendu. Le rendu simple passe est en standard dans DirectX 9 et 10.

Accélération : matérielle ou logicielle?

Comparé au rendu logiciel, le rendu matériel offre une meilleure qualité d'image et une meilleure fluidité des animations. Bien que la plupart des rendus logiciels puissent créer des images plus précises et mieux finalisées, ils restent trop lents.

À l'aide de pilotes spéciaux, il est possible de soulager le processeur de la carte mère en confiant à la carte 3D les calculs très complexes habituellement effectués par des logiciels contrôlés par le processeur. Ce type de carte vous sera très utile si vous souhaitez créer vos propres images et animations 3D, mais aussi si vous êtes amateur de jeux recourant à des effets 3D. Notez que les solutions vidéo intégrées à la carte mère, comme dans les séries Intel 810 et 815, affichent généralement des performances 3D nettement plus faibles; en effet, elles sollicitent le processeur pour une plus grosse partie des calculs de rendu qu'en présence d'une carte vidéo avec accélération 3D.

Pour améliorer encore plus les performances, de nombreux modèles d'accélérateurs 3D font fonctionner leur puce accélératrice à une fréquence très élevée. Certains permettent même d'overclocker la fréquence par défaut du RAMDAC. Comme pour le processeur d'une carte mère, l'overclocking produit des dégagements de chaleur importants. Le chipset et la mémoire sont en effet des sources de chaleur. Aussi la plupart des cartes accélératrices 3D de milieu et haut de gamme sont-elles équipées d'un collecteur d'air et de ventilateurs prévus pour refroidir le chipset. La carte Hercules 3D Prophet III (basée sur le chipset GeForce3, de NVIDIA), par exemple, emploie des radiateurs passifs pour refroidir les puces de mémoire (voir Figure 11.15, page 710).

Optimisation logicielle

Il est important de comprendre que la présence d'une fonction de rendu 3D avancée sur une carte ne sert à rien sans programme optimisé pour en tirer parti. Bien qu'il existe différents standards 3D (OpenGL et Direct 3D), les fabricants de cartes fournissent des pilotes qui font que les jeux s'adaptent aux principaux standards. Cependant, les possibilités de certaines cartes ne seront exploitées à 100 % que par certains jeux. Étant donné que certaines cartes fonctionneront mieux avec des jeux donnés, lisez les tests publiés dans la presse pour savoir comment se comporte votre carte vidéo avec tel ou tel jeu.

Sur certaines cartes, vous pouvez choisir vous-même votre moteur de rendu (OpenGL, Direct 3D), les fréquences d'horloge du RAMDAC et du bus, entre autres options, afin d'en optimiser au maximum les performances.

Infos

Si vous voulez exploiter immédiatement les fonctions 3D de votre carte, achetez-en une commercialisée dans un pack destiné à la vente au détail. En général, ces packs contiennent des versions d'évaluation de plusieurs jeux, voire des jeux complets conçus pour tirer le meilleur profit de la carte qu'ils accompagnent. Les versions OEM de ces cartes sont

certes moins chères, mais elles sont livrées sans logiciels, à l'exception du pilote, et surtout elles peuvent présenter d'autres différences avec le produit détaillé sur la fiche technique, celui qui est proposé au détail. Parfois même, on trouve des pilotes modifiés, des composants mémoire ou RAMDAC plus lents, ou l'absence de sortie TV entre autres. Pour ne pas avoir de problèmes, certains constructeurs changent le nom de leurs produits vendus en OEM, mais ce n'est pas toujours le cas. Sachez également que certains fabricants vendent des cartes "en gros"; celles-ci sont destinées aux mises à jour d'importants parcs d'entreprise, où le personnel technique ne manque pas. Ces cartes sont alors livrées sans documentation ni CD de pilotes. Certaines caractéristiques matérielles avancées qui sont incorporées au modèle équivalent vendu au détail peuvent également manquer.

API

Les API (*Application Programming Interface*, interface de programmation d'applications) donnent aux fabricants de logiciels et de matériel la possibilité de créer des pilotes et des programmes qui fonctionnent plus vite et de façon plus fiable sur une plus vaste variété de plates-formes. Les pilotes peuvent alors être conçus pour interfacer l'API et se passer ainsi de liaison directe avec le système d'exploitation et le matériel sous-jacent.

À l'heure actuelle, les API les plus importantes dans le domaine des jeux sont les API OpenGL, de SGI, et Direct 3D, de Microsoft. Une troisième API de jeux très répandue, Glide, est en fait une version améliorée de l'OpenGL. Elle est réservée aux cartes vidéo équipées d'un chipset 3Dfx, qui ne sont plus commercialisées aujourd'hui.

OpenGL

OpenGL 2.1 comprend les principales fonctionnalités d'OpenGL 2.0, dont le langage d'ombrage OpenGL (désormais à sa version 1.20), des systèmes d'ombrage programmables des sommets et des fragments, plusieurs cibles de rendu et le support de matrices non carrées, des objets de tampon des pixels, les textures sRGB, les textures sans puissance de deux, les traînées de points et les couches séparées pour les faces avant et arrière des primitives graphiques.

Si OpenGL est une API de jeu populaire, elle est aussi largement utilisée pour le rendu 3D d'applications professionnelles spécialisées, notamment la cartographie, les sciences de la vie, etc. Windows XP et Windows Vista supportent OpenGL par l'accélération logicielle ou matérielle.

Pour en savoir plus sur OpenGL, visitez le site web : **www.opengl.org**.

Microsoft DirectX 9.0c et 10

Direct3D fait partie de l'API multimédia complète de Microsoft, DirectX. Les versions les plus récentes de DirectX sont les versions 9.0c et 10; elles prennent en charge les surfaces d'ordre supérieur (en convertissant les surfaces 3D en courbes), les systèmes d'ombrage des sommets et des pixels.

DirectX 10, développé pour Windows Vista, comprend un moteur de rendu Direct3D totalement remanié avec un tout nouveau système d'ombrage, Shader Model 4.0. Celui-ci ajoute un système d'ombrage de géométrie aux systèmes d'ombrage des pixels et des sommets des précédents modèles pour améliorer la gestion des changements de scènes en temps réel, comme les explosions. La plus grande nouveauté de Shader Model 4.0 concerne toutefois l'emploi de systèmes d'ombrage unifiés,

pouvant basculer à la volée entre les opérations des sommets, des pixels ou de la géométrie, ce qui évite les étranglements et améliore les performances, quels que soient les types de données 3D qui existent dans une scène.

Mise à jour ou remplacement de la carte vidéo

Si vous avez besoin de performances 3D supérieures, de davantage de mémoire ou d'une prise en charge des écrans DVI numériques, vous devez remplacer purement et simplement la carte vidéo. Sur le marché actuel, vous trouverez des cartes vidéo assurant un graphisme 3D réaliste compatible DirectX 10 et OpenGL 2.1, la prise en charge de plusieurs moniteurs et des quantités spectaculaires de mémoire d'affichage (jusqu'à 768 Mo). Si vous souhaitez utiliser l'ordinateur pour la télévision ou de la capture vidéo, vous devrez peut-être ajouter du matériel, comme :

- les cartes tuners TV, qui permettent de recevoir la télévision sur votre ordinateur ;
- les périphériques de capture vidéo, qui permettent de capturer sous forme de fichiers des images fixes ou en mouvement.

Ajouter une carte tuner TV et une carte de capture vidéo

La plupart des cartes vidéo ne disposent pas de tuner TV ni de fonctions de capture vidéo, et cette tendance devrait se poursuivre.

Ces fonctions sont attrayantes si vous voulez faire du montage vidéo, ajouter de la vidéo à un site web, enregistrer de la vidéo HD ou simplement regarder la télévision. Il vous faudra alors une carte de capture vidéo ou un tuner TV dédié qui se couplera à votre carte graphique vidéo 3D standard.

Les ports USB 2.0 peuvent servir à raccorder les options de tuner TV et de capture vidéo compatibles avec la carte vidéo de n'importe quel fabricant comme Dazzle, Hauppauge, etc. Étant donné que les différents modèles de tuners TV et les périphériques informatiques en général peuvent poser des problèmes de compatibilité avec les systèmes de capture, pensez à consulter des sites tels que **http://reviews.cnet.com** et **http://www.epinions.com** avant d'investir dans du nouveau matériel. Pour la prise en charge de la HDTV, recherchez des produits compatibles. Grâce aux tuners HDTV, vous pouvez regarder les diffusions HDTV sur n'importe quel moniteur relié à votre PC, notamment des écrans larges et des projecteurs.

Garantie et assistance technique

Étant donné qu'une carte vidéo peut subir plusieurs changements de pilotes au cours de sa durée de vie (estimée à trois ans, soit deux versions successives de systèmes d'exploitation), le fait d'acheter une carte de marque vous garantit, en théorie, un meilleur suivi. Si vous achetez une carte qui utilise un chipset largement répandu (comme ceux de NVIDIA ou ATI), vous pourrez tester des pilotes provenant d'autres fabricants ou des pilotes génériques si les pilotes livrés avec votre carte ne vous satisfont pas.

Gardez toutefois à l'esprit que l'utilisation de pilotes génériques ou d'autres marques peut engendrer des problèmes si votre carte a été légèrement modifiée par rapport aux normes employées. Interrogez votre revendeur, consultez des forums sur le sujet, des magazines et des sites web (comme celui de ZDNET) pour connaître la stabilité, la compatibilité et l'efficacité des différents pilotes susceptibles de fonctionner avec votre carte. Si vous travaillez sous Windows Me/2000/XP, veillez à employer des pilotes certifiés WHQL pour obtenir des résultats optimaux. Ces pilotes ont été approuvés par le laboratoire de qualité de Microsoft. Vous pouvez vous les procurer par l'intermédiaire de la fonction Update de Windows ou directement sur le site web du fabricant. Pour Windows Vista, utilisez les pilotes WDDM signés numériquement.

Comparer des cartes vidéo équipées du même chipset

De nombreux fabricants créent une ligne de cartes vidéo autour d'un même chipset. Pourquoi ne pas économiser de l'argent en se procurant le modèle le moins cher ? Le Tableau 11.13 répertorie les différences à observer dans un groupe de cartes possédant le même chipset.

Tableau 11.13 : Comparaison de cartes vidéo et de leurs fonctions

Fonction	Effet
Vitesse du RAMDAC	La plupart des cartes 3D utilisent un RAMDAC cadencé à 400 MHz ou plus, ce qui permet des résolutions au-delà de 1280 × 1024 sans scintillement. Toutefois, les cartes les moins chères de conception plus ancienne font souvent appel à un RAMDAC moins performant, ce qui réduit les résolutions maximales possibles sans scintillement. Avec un moniteur à écran cathodique de 17 pouces ou plus, cela peut fatiguer les yeux.
Quantité de RAM	Bien que les cartes AGP puissent utiliser la "mémoire AGP" (une section de la mémoire principale allouée au texturage), il est toujours plus rapide de réaliser le plus de tâches possible avec la mémoire propre à la carte. Les cartes PCI et PCI-Express doivent effectuer toutes les fonctions en utilisant leur propre mémoire. Les cartes les moins onéreuses d'une famille de chipsets embarquent souvent moins de mémoire et bon nombre de modèles actuels ne peuvent pas être mis à niveau. Achetez une carte avec suffisamment de mémoire pour répondre à vos besoins actuels et à venir, pour vos jeux et vos applications. Pour la bureautique, prévoyez un minimum de 256 Mo pour les jeux, l'imagerie 3D et les travaux liés à la vidéo. Si vous prévoyez de passer à Windows Vista, préférez une carte de 256 Mo ou plus et la prise en charge matérielle de DirectX 10 pour utiliser l'interface graphique Aero en option et les jeux.
Type et vitesse de la mémoire	La plupart des cartes du marché utilisent de la SDRAM GDDR2, GDDR3 ou GDDR4. Toutes ces mémoires garantissent de bonnes performances en bureautique, mais pour de la haute résolution ou les jeux 3D choisissez impérativement la SDRAM GDDR4.
Fréquence	De nombreux fabricants ajustent la vitesse recommandée des contrôleurs graphiques afin d'offrir les meilleures performances aux utilisateurs. Parfois, le fournisseur choisira de dépasser les spécifications des puces graphiques. Soyez prudent. Les puces actuelles sont grosses et peuvent surchauffer. Un périphérique overclocké dans un système ouvert et bien aéré peut très bien fonctionner, mais peut aussi lâcher au bout d'un moment. Si vous vous interrogez sur la vitesse optimale de fonctionnement d'un contrôleur, consultez le site web de son fabricant. De nombreux constructeurs overclockent leurs composants, mais cette opération nécessite des précautions : gros ventilateur, refroidisseurs passifs, etc. Certains modèles de cartes possèdent même une sonde de température.

Tableau 11.13 : Comparaison de cartes vidéo et de leurs fonctions (*suite*)

Fonction	Effet
Vitesse de la RAM (en mégahertz)	Comme pour la carte mère, une carte vidéo équipée de mémoire rapide vous donnera de meilleures performances. Plus il y a de hertz et plus la mémoire est rapide. Toutes choses étant égales par ailleurs (processeur graphique, ombreur, bus mémoire), plus la mémoire sera rapide et plus la carte sera rapide.
Sortie TV	Alors qu'elle était rare il y a encore quelques années, la sortie TV est une fonction répandue sur les cartes de milieu et haut de gamme actuelles. Elle permet de visionner des films en DVD et des jeux vidéo sur un grand écran de télévision. Parmi les derniers modèles, certains font de la compression MPEG-2 matérielle ; c'est ce qu'il faut choisir pour faire de la vidéo de meilleure qualité avec moins d'espace disque. Quelques-unes des dernières cartes utilisent aujourd'hui un port VIVO pour accepter les entrées RCA ou S-Vidéo sur les magnétoscopes et les téléviseurs.

Périphériques de sortie vidéo

Lorsque la technologie vidéo est née, elle reposait sur la télévision. Or, les téléviseurs et les ordinateurs utilisent des signaux différents. En France, la télévision couleur est apparue en 1962, et le standard choisi a été le SECAM (séquentiel à mémoire). D'autres pays européens ont adopté le standard PAL (*Phase Alternate Line*, ligne à alternance de phase), tandis que les États-Unis et le Japon ont choisi le NTSC (*National Television Standards Committee*, Comité national des standards de télévision). Le Tableau 11.14 présente les différences existant entre ces standards.

Tableau 11.14 : Téléviseurs et moniteurs

Standard	Année d'apparition	Pays	Lignes	Fréquence
		Télévision		
NTSC	1953 (couleur), 1941 (noir et blanc)	États-Unis, Japon	525	60 champs/s
PAL	1941	Europe*	625	50 champs/s
SECAM	1962	France	625	25 champs/s
HDTV		Divers pays	1080 p × 720 p	25 champs/s, 60 trames/s
		Ordinateurs		
VGA	1987	États-Unis	640 × 480**	72 Hz

* Angleterre, Pays-Bas et Allemagne.
** Le VGA compte davantage de "lignes". Il utilise en réalité non des lignes mais des pixels (480) ; le verrouillage des pixels permet de convertir ceux-ci en lignes et de synchroniser les ordinateurs avec les standards de télévision.

Il faut disposer d'un convertisseur VGA-SECAM pour pouvoir visionner les images d'un ordinateur sur un téléviseur ou les enregistrer sur une cassette vidéo afin de les distribuer plus facilement. Ces produits se classent en différentes catégories selon qu'ils sont ou non équipés de la fonction de verrouillage de pixels (*genlocking*) qui permet à la carte de synchroniser les signaux des diverses sources vidéo ou du magnétoscope avec l'affichage graphique de l'ordinateur. Cette fonction assure la stabilité de signal nécessaire à l'obtention de résultats suffisants pour enregistrer sur une cassette vidéo, mais elle n'est pas indispensable pour utiliser un écran vidéo.

Le convertisseur VGA-SECAM peut prendre la forme d'une carte d'extension ou d'un boîtier externe utilisable avec un ordinateur portable, auquel cas il ne remplace pas la carte VGA mais s'y connecte au moyen d'un câble externe compatible avec tous les types de cartes VGA. Outre une entrée VGA, ce convertisseur comprend en principe une interface de sortie pour les signaux vidéo S-VHS et composites.

Ce convertisseur ne remplace pas votre carte vidéo existante, mais il s'y connecte par le biais d'un câble externe. Outre les ports d'entrée et de sortie VGA, la carte de sortie vidéo possède une interface de sortie vidéo pour le format S-Vidéo et la vidéo composite.

Certains convertisseurs VGA-SECAM sont également compatibles avec les standards PAL et NTSC. La résolution affichée par un téléviseur est en général limitée aux 640 × 480 pixels du VGA mais elle peut monter jusqu'à 800 × 600 avec certains modèles. Certaines cartes sont également équipées d'un circuit antiscintillement qui aide l'image à se stabiliser.

Cartes de capture vidéo

Différents périphériques permettent aujourd'hui de capturer des écrans, puis de les lire et de les modifier. Ces périphériques peuvent être :

- une carte accélératrice 3D équipée d'un port d'entrée TV ;
- une carte tuner TV ;
- un module sur ports USB ou parallèle, tel qu'un tuner TV ou un système de capture ;
- une webcam équipée de ports d'entrée vidéo.

Ces unités capturent des images fixes ou animées à partir d'une source vidéo SECAM (ou PAL ou encore NTSC), telle qu'un magnétoscope ou un caméscope. La qualité finale est limitée par celle des signaux d'entrée, mais elle est en général suffisante pour les présentations et les travaux de PAO. Ces unités fonctionnent avec des cartes VGA 24 ou 32 bits et acceptent souvent des données issues de systèmes VHS, Super VHS et Hi-8. Comme on pouvait s'en douter, ce sont les systèmes qui utilisent des sources vidéo Super VHS ou Hi-8 et un mode d'affichage supérieur à 256 couleurs qui fournissent les meilleurs résultats. Le mieux est cependant d'utiliser un caméscope numérique au format DV, équipé de connecteurs IEEE-1394 (i.Link/FireWire). Un tel appareil est capable de fournir de la vidéo numérique de haute qualité directement à votre ordinateur, sans conversion analogique-numérique et donc sans perte de qualité. Si votre ordinateur n'est pas équipé de ports IEEE-

1394a ou 1394b, il faut installer une carte de ports IEEE-1394 pour capturer le signal de sortie d'un caméscope DV.

La vidéo HD constitue une nouvelle norme vidéo compatible avec la HDTV, pouvant être capturée par les cartes HDTV avec ports d'entrée HDMI.

Cartes d'acquisition vidéo

Il est aujourd'hui possible de capturer des signaux standard ou HD (télévision) sur un ordinateur pour les lire et les modifier. En d'autres termes, il est possible de regarder la télévision dans une fenêtre sur l'écran d'un ordinateur. En matière de capture de signaux vidéo, il faut raisonner en termes de numérique et d'analogique. Pour retoucher de la vidéo, il faut d'abord la capturer, donc la transformer en données numériques stockées dans un fichier sur votre système.

Pour capturer, enregistrer et stocker sur le disque dur de l'ordinateur les signaux diffusés par une source vidéo externe, il faut disposer d'un matériel spécial, qui peut être un tuner TV, un numériseur vidéo ou une carte d'acquisition vidéo.

Infos

La terminologie utilisée dans ce contexte peut être source de confusion. En effet, le terme "vidéo" reprend ici son sens usuel attaché à la diffusion d'images en mouvement. Pour évaluer les performances d'un matériel vidéo, veillez à distinguer les systèmes qui capturent des images fixes à partir d'une source vidéo de ceux qui capturent des séquences vidéo animées.

Aujourd'hui, les sources vidéo peuvent prendre deux formes :

- analogique ;
- numérique.

Le signal vidéo analogique peut être capturé à partir d'une source traditionnelle, telle qu'un téléviseur (relié au câble ou à une antenne hertzienne), un magnétoscope ou un caméscope VHS. Le processus d'acquisition est bien plus gourmand en espace de stockage et en performances système que pour des images fixes.

En effet, l'écran d'ordinateur type a été conçu essentiellement pour afficher des images statiques. Le stockage et la récupération de ces images nécessitent des fichiers d'une taille gigantesque. Imaginez un peu : une seule image, recouvrant totalement l'écran et stockée sous un format non compressé, peut nécessiter jusqu'à 2 Mo d'espace disque. Une séquence vidéo d'une seconde peut donc requérir 45 Mo. De la même manière, les signaux vidéo que vous voulez lire sur votre PC doivent être convertis des formats PAL ou NTSC initiaux en format numérique exploitable par l'ordinateur. De plus, le signal vidéo doit être transmis à l'ordinateur à une vitesse dix fois plus importante que celle offerte par un bus ISA conventionnel. Pour cela, il faut disposer non seulement d'une carte vidéo et d'un moniteur haut de gamme, mais aussi d'un bus d'extension performant (PCI ou AGP).

Sachant que la vidéo a besoin de quantités d'espace disque énormes, il est impératif de se tourner vers la compression des données. Le compresseur/décompresseur (ou codec) prend en charge à la fois les signaux vidéo et audio. Non seulement un fichier compressé occupe moins d'espace disque, mais il s'exécute dans de meilleures conditions (il y a moins de données à traiter). Pour lire les signaux vidéo/audio, l'application décompresse le fichier. Si vous devez travailler avec des séquences vidéo, soyez bien certain de disposer d'un disque dur assez gros et assez rapide pour gérer les fichiers gigantesques qui seront générés.

Il existe deux types de codecs : ceux qui dépendent du matériel et ceux qui dépendent du logiciel (et sont indépendants du matériel). Les codecs matériels sont généralement plus performants, mais ils nécessitent du matériel complémentaire : carte supplémentaire ou carte vidéo haut de gamme avec codecs intégrés. Les codecs logiciels ne nécessitent pas de matériel pour compresser ou pour lire, mais ils n'offrent pas la même qualité ni le même taux de compression. En matière de codecs, on utilise essentiellement deux algorithmes :

- **JPEG** (*Joint Photographic Experts Group*, groupe d'experts photographiques réunis). Conçu initialement pour les images fixes, le format JPEG permet de compresser et de décompresser des images à une vitesse acceptable pour des séquences vidéo à 30 ips. Il utilise une série d'images fixes, ce qui facilite le travail d'édition. Le format JPEG entraîne en principe des pertes de signaux (une partie infime des données initiales est perdue durant la compression, et la qualité de l'image s'en trouve légèrement amoindrie), mais il est également possible de travailler sans perte. La compression JPEG fonctionne en éliminant les données redondantes de chaque image. Le rapport de compression est de l'ordre de 30:1 (de 20:1 à 40:1).
- **MPEG** (*Motion Pictures Experts Group*, groupe d'experts des images animées). Par lui-même, le format MPEG n'offre qu'un taux de compression de 30:1, mais associé à une précompression par suréchantillonnage, le rapport peut atteindre 100:1, dans des conditions de qualité optimale. La compression MPEG offre par conséquent de meilleurs résultats ; les séquences vidéo s'exécutent plus rapidement et nécessitent moins d'espace disque. Le format MPEG est un système de compression intertrame. Étant donné qu'il ne stocke que les modifications incrémentales, il n'est pas employé durant les phases d'édition.

Pour capturer ou compresser des séquences vidéo sur un ordinateur, il faut utiliser des logiciels reposant sur des standards, tels que DirectShow (le successeur de Microsoft Vidéo pour Windows et ActiveMovie), de Microsoft, Windows Vista et Microsoft Media Foundation, la série Real Producer, de Real Network, ou QuickTime Pro, d'Apple. Les lecteurs correspondants sont proposés en téléchargement gratuit sur les sites web des différents concepteurs de logiciels.

Voici le matériel et les logiciels nécessaires pour lire et enregistrer de la vidéo sur un PC multimédia :

- Un logiciel vidéo, tel que QuickTime pour Windows, d'Apple, ou le lecteur Windows Media, de Microsoft.
- Une carte vidéo de compression/numérisation permettant de numériser et de lire des fichiers vidéo volumineux. Pour enregistrer un fichier d'animation, il est possible d'utiliser différents

formats : AVI (*Audio Video Interleave*), MOV (format Apple QuickTime) ou MPG (format MPEG).

- Un adaptateur de sortie vidéo ou TV, se branchant sur un téléviseur ou un magnétoscope.

Selon le produit de capture vidéo employé, il existe plusieurs solutions de capture analogique. La meilleure est la vidéo par composants. Elle utilise trois prises jack RCA pour transporter la luminosité (Y) et deux signaux de coloration (PR et PB) ; ces connecteurs se retrouvent souvent sur les lecteurs de DVD et téléviseurs HDTV. Cependant, les périphériques de capture vidéo grand public ne sont généralement pas compatibles avec la vidéo par composants. Pour cela, il faut recourir à du matériel professionnel, tel que la carte Avid Liquid Pro 7, de Pinnacle Systems, dont le prix public est de l'ordre de 1000 dollars.

L'autre solution est aussi acceptable. Elle est compatible avec de nombreux périphériques de capture vidéo grand public. Elle consiste à employer le connecteur S-Vidéo (S-VHS). Ce connecteur transmet des signaux séparés pour la couleur (chrominance) et la luminosité (luminance). La vidéo composite mélange la luminance et la chrominance. Il en résulte un signal de moindre qualité. Plus le signal est de bonne qualité, meilleur est le résultat.

Jusqu'à récemment, seule la diffusion analogique ou la TV par câble étaient prises en charge par les tuners TV ordinaires. Or, plusieurs fabricants proposent aujourd'hui des tuners TV acceptant les signaux ATSC (HDTV en direct).

Les tuners TV qui proposent des pilotes pour Windows Vista peuvent s'associer au Media Center pour enregistrer, mettre en pause et diffuser de la TV en direct sur un PC Vista et d'autres PC et périphériques du domicile.

Le Tableau 11.15 présente les principales caractéristiques des cartes d'acquisition vidéo et des périphériques de capture. Il n'est pas exhaustif mais vous servira de référence pour vous guider dans votre évaluation.

Tableau 11.15 : Périphériques de capture vidéo

Type de périphérique	Exemple
Tuner TV PCI, PCI-Express et PVR	ATI TV Wonder 650
Tuner TV USB et PVR	Hauppage WinTV-PVR-USB2
Carte de capture vidéo sur port USB	Dazzle Digital Video Creator
IEEE-1394 (FireWire)	AVerMedia DVD EzMaker

La Figure 11.16 montre une carte d'acquisition vidéo PCI-Express type incorporant des fonctions de tuner TV : la carte ATI TV Wonder 650 PCI-Express d'AMD.

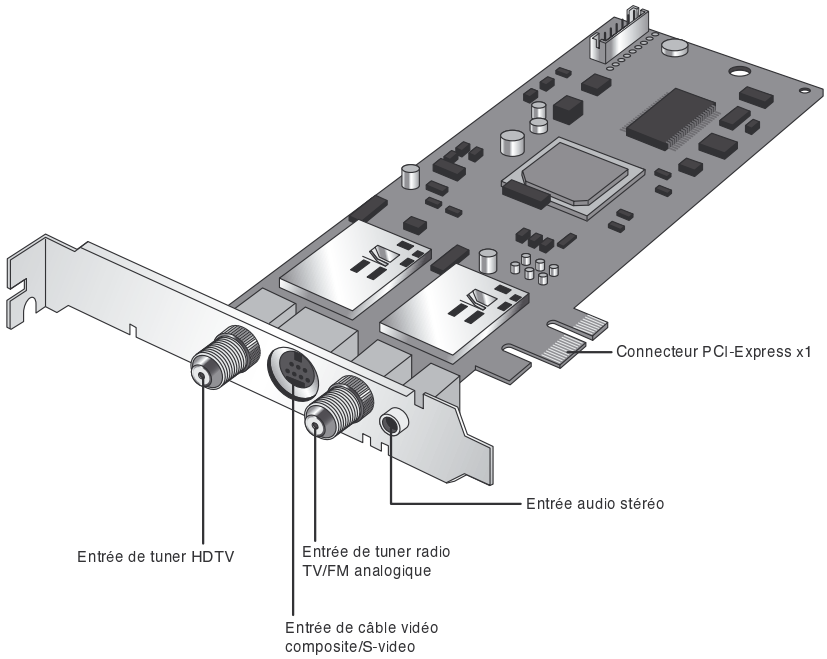


Figure 11.16
La carte ATI TV Wonder 650 PCI-Express se branche dans un connecteur PCI-Express x1 et fournit des entrées de TV analogique, radio FM, S-Vidéo, vidéo composite, audio stéréo et HDTV. Elle est accompagnée d'un câble d'entrée AV et d'une télécommande. Photo reproduite avec l'aimable autorisation d'Advanced Micro Devices.

Chaque type de périphérique présente des avantages et des inconvénients. Le Tableau 11.16 récapitule l'ensemble pour vous aider à décider de la meilleure solution en fonction de vos besoins.

Tableau 11.16 : Comparaison des périphériques multimédias

Type de périphérique	Avantages	Inconvénients
Carte vidéo avec tuner TV et fonction de capture intégrés	Pratique, utilise un seul port.	Une mise à jour passe par le remplacement de la carte.
Carte tuner TV	Permet la mise à jour de la carte vidéo existante ; peut être utilisée avec un nouveau modèle.	Ne peut pas être utilisée avec toutes les cartes graphiques.
Connexion sur port USB	Installation simple sur les nouveaux PC équipés d'un port USB ; périphériques USB 2.0 suffisamment rapides pour une vidéo de qualité	Doit utiliser un port USB 2.0 pour de bonnes performances. Certains n'acceptent pas le codage matériel.
Connexion IEEE-1394 (FireWire)	Pas de conversion analogique/numérique ; le tout-numérique produit de la haute qualité sans compression ; peut servir au transfert analogique *via* un caméscope DV avec passage de vidéo analogique.	Requiert un port IEEE-1394, une connexion IEEE-1394 à la vidéo numérique ; utilise un port PCI (PC de bureau) ; port CardBus ou ExpressCard (portable) pour l'installation ; non compatible avec une source TV analogique. Peut nécessiter l'achat d'un logiciel séparé pour la capture vidéo.

Dépanner les périphériques de capture vidéo

Le Tableau 11.17 donne quelques conseils sur la manière de dépanner les périphériques de capture vidéo. Notez que des conflits d'IRQ peuvent apparaître à la fois avec les périphériques sur port parallèle et avec les cartes d'extension, et que les produits à bande passante modeste (sur ports parallèle ou USB) risquent de ne pas prendre en charge la vidéo à vitesse réelle, à moins d'employer une fenêtre de petite taille.

Tableau 11.17 : Dépannage des périphériques de capture vidéo

Type de périphérique	Problème	Solution
Tuner TV	Pas d'image ou image de mauvaise qualité.	Vérifiez le câblage ; configurez correctement la source du signal dans le logiciel ; mettez à jour le logiciel. Pour Windows XP Media Center Edition ou Windows Vista Media Center, vérifiez la compatibilité des périphériques et installez les derniers pilotes. Sur des périphériques équipés de plusieurs entrées coaxiales, vérifiez que la source de signal correcte est branchée à chaque entrée. Utilisez une antenne TV amplifiée. Dirigez l'antenne pour mieux recevoir les signaux HDTV.
Tous les périphériques	La capture vidéo est saccadée.	Le taux d'images est trop faible ; pour l'augmenter, vous devrez peut-être capturer dans une fenêtre plus petite ; utilisez un processeur plus rapide et augmentez la mémoire vive (RAM) ; vérifiez que les ports USB sont configurés en Hi-Speed (USB 2.0) si vous utilisez des périphériques USB 2.0. Utilisez des périphériques de capture vidéo avec rendu matériel.
Tous les périphériques	La diffusion vidéo s'interrompt, il manque des images.	Le disque dur peut suspendre son fonctionnement pour effectuer une recalibration thermique ; utilisez un disque SCSI AV, un disque UDMA EIDE ou des disques SATA ; installez les pilotes EIDE avec bus mastering approprié au chipset de la carte mère et vérifiez que le mode UDMA est activé pour les ports ATA/IDE. Actualisez les pilotes des périphériques. Utilisez des périphériques de capture vidéo avec rendu matériel.
Périphériques USB	Le périphérique n'est pas détecté ou ne fonctionne pas correctement.	Si vous utilisez un hub USB, vérifiez son alimentation ; vérifiez que le port USB 2.0 est configuré pour fonctionner en mode Hi-Speed ; utilisez des périphériques compatibles USB 2.0 ; actualisez les pilotes ; utilisez un hub USB 2.0 pour les périphériques USB 2.0 et USB 1.1.
Cartes d'interface (tous types)	La carte ne peut être détectée ou ne fonctionne pas.	Cherchez s'il y a des conflits d'IRQ, dans le gestionnaire de périphériques de Windows ; apportez de la puissance supplémentaire à la carte si elle en a besoin.
Cartes IEEE-1394	La carte ne peut être détectée ou ne fonctionne pas.	Vérifiez que le connecteur d'alimentation est relié à la carte s'il s'agit d'une prise jack à quatre broches. Vérifiez et installez les pilotes appropriés.
Tous les périphériques	Problèmes de capture ou d'installation.	Utilisez les derniers pilotes disponibles ; consultez le site web du fabricant pour les mises à jour, les FAQ, etc. Vérifiez les câbles. Pour les périphériques externes, vérifiez la source d'alimentation à CA.

Dépannage du système vidéo d'un ordinateur

Il est souvent relativement simple mais coûteux de remédier à un problème de carte vidéo ou de moniteur, puisqu'il suffit de remplacer l'élément défectueux. Toutefois, avant de franchir le pas, assurez-vous que vous avez exploré toutes les pistes possibles. La première opération de dépannage d'un moniteur consiste à utiliser les réglages tels que le contraste et la luminosité, qui permettent d'ajuster l'image. Sur la plupart des moniteurs LCD et à tube cathodique modernes, les boutons qui permettent d'effectuer ces réglages s'affichent à l'écran (OSD), mais il peut en exister d'autres.

Certains moniteurs à tube cathodique NEC, par exemple, ont une vis d'ajustement de la mise au point, située sur le côté gauche du moniteur. Cette vis étant logée en profondeur, le seul signe qui permet d'en connaître l'existence est un trou dans la grille en plastique placée au-dessus. Pour ajuster la mise au point du moniteur, vous devez glisser un tournevis très long dans le trou et chercher la tête de la vis. En faisant ce réglage vous-même, vous ferez des économies et vous ne vous ridiculiserez pas devant le technicien auquel vous auriez apporté votre moniteur. Pensez à examiner le boîtier du moniteur, la documentation du fabricant et à visiter son site web pour savoir sur quels contrôles vous pouvez jouer.

Quand une carte vidéo est défectueuse, il est souvent préférable de la remplacer plutôt que de la faire réparer. À l'exception des cartes équipant des stations de travail graphiques ou de CAO, pratiquement toutes les cartes d'aujourd'hui coûtent plus cher en réparation qu'en remplacement, et la documentation nécessaire aux réparations est rarement disponible (schémas, câblage et liste des pièces détachées). De surcroît, nombre de ces cartes utilisent une technologie de montage en surface dont la réparation nécessite un équipement très onéreux. Autant dire qu'il est parfaitement inutile que vous essayiez de réparer votre carte manuellement à l'aide de votre petit fer à souder.

La réparation des écrans ne relève pas de la même problématique. Certains écrans (à partir de 20 pouces ou plus pour les écrans à tube cathodique, et tous les écrans LCD en général) valent la peine d'être réparés. Dans ce cas, le mieux est de contacter le fournisseur de l'écran ou un service de réparation spécialisé. Si vous avez un écran de 15 pouces, envisagez directement son remplacement par un écran plus grand. Sur les petits écrans, les coûts de réparation excèdent facilement les coûts de remplacement, d'autant que le prix des écrans plus grands a considérablement baissé.

Dans ce dernier cas, vous envoyez votre moniteur en réparation, et des techniciens spécialisés le remettent en état de marche ou bien vous renvoient un moniteur du même type ayant déjà été réparé. Ces travaux de dépannage sont généralement facturés au forfait : le prix est fixe, quelle que soit la réparation effectuée.

Ces entreprises de réparation vous fournissent un moniteur identique au vôtre mais en état de marche, que vous recevez sitôt l'envoi du moniteur défectueux accompli ou même avant. Si vous avez un modèle courant, il est fort possible que vous repartiez à la maison avec un écran en état de fonctionner, ce qui vous évite d'attendre la fin de la réparation. Dans certains cas, cependant, si votre moniteur est un modèle rare, ou si l'entreprise ne dispose pas de l'équivalent en stock, vous devrez attendre.

Il est relativement simple de déterminer si le moniteur est à l'origine de la panne. Si l'écran reste vide, il vous suffit d'échanger votre moniteur contre un autre que vous savez en état de fonctionnement. Si la panne persiste, le moniteur n'est certainement pas en cause et vous devrez chercher du côté de la carte vidéo ou de l'ordinateur lui-même.

Les moniteurs haut de gamme récents contiennent souvent un panneau de diagnostic. Consultez le manuel de votre écran pour savoir si vous disposez de cette fonction. Ce diagnostic vous aidera à déterminer si le problème vient réellement de l'écran, ou bien du câble ou d'une autre partie du système. Si le diagnostic produit une image à l'écran, voyez les autres composants du sous-système vidéo.

Le câble du moniteur peut parfois être à l'origine de problèmes d'affichage. Il suffit qu'une broche soit tordue dans le connecteur, qui se branche sur la carte vidéo, pour que plus rien ne s'affiche ou qu'il se produise un décalage dans l'agencement des couleurs. En général, il est possible de réparer le connecteur en détordant très délicatement la broche à l'aide d'une pince à bec fin.

Si la broche se casse ou si le connecteur présente un autre problème, l'ensemble du câble peut parfois être remplacé. Certains fabricants de moniteurs utilisent des câbles amovibles à la fois du côté de la carte vidéo et du côté du moniteur. D'autres, en revanche, soudent le câble au moniteur, et il n'est donc pas possible de le remplacer soi-même. Suivant le type du câble et du connecteur, vous devrez peut-être contacter le fabricant pour obtenir une pièce de remplacement.

Si vous identifiez le moniteur comme étant la source de la panne, demandez à son fabricant les coordonnées du service après-vente le plus proche. Vous pourrez également trouver des entreprises tierces spécialisées dans la réparation de moniteurs (si le vôtre n'est plus sous garantie), et dont les tarifs sont le plus souvent inférieurs à ceux pratiqués par les constructeurs.

Attention

N'essayez en aucun cas de réparer un moniteur à tube cathodique vous-même. Certains éléments sont *mortellement dangereux*. Les circuits d'un moniteur peuvent stocker des tensions électriques élevées pendant plusieurs heures, plusieurs jours, voire plusieurs semaines après leur mise hors tension. Le tube et les condensateurs doivent être déchargés par un service qualifié avant qu'une réparation puisse commencer.

Sur la plupart des moniteurs, seuls quelques réglages simples sont possibles. Si vous possédez un moniteur couleur et manquez d'expérience, vous risquez déjà d'éprouver des difficultés à régler les couleurs. Souvent, les techniciens agréés des usines ne disposent pas des guides de réparation des modèles récents ; ils procèdent généralement à un échange standard et réparent l'appareil défectueux plus tard. N'achetez jamais un moniteur que vous ne pourrez pas faire réparer par un service après-vente situé près de chez vous.

Si vous avez un problème avec votre écran, il peut être judicieux de consulter le fabricant. Il se peut qu'il ait constaté un défaut de série et qu'il procède à un échange standard gratuit. Parfois, quand un constructeur constate que de nombreux moniteurs présentent le même problème, il propose une réparation gratuite, un échange ou un dédommagement.

N'oubliez pas que la plupart des problèmes des cartes vidéo et des moniteurs modernes sont provoqués par le pilote qui les contrôle et non par le matériel lui-même. Avant toute réparation, consultez le fabricant pour vous assurer que vous disposez des pilotes appropriés.

Dépanner un moniteur

Problème

Pas d'image.

Solution

Si la LED frontale du moniteur est jaune ou verte et clignote, le moniteur est en mode économie d'énergie. Déplacez la souris ou appuyez sur Alt+Tab et attendez une minute que le système se remette en route.

Si la LED est verte, le moniteur est en mode normal (il reçoit des signaux), mais la luminosité et le contraste sont mal réglés. Faites les réglages nécessaires.

S'il n'y a pas de lumière (LED éteinte), vérifiez l'alimentation et l'interrupteur d'alimentation. Remplacez le cordon d'alimentation par un cordon qui fonctionne. Recommencez le test. Remplacez le moniteur pour vérifier si le problème ne vient pas de là.

Vérifiez le câble de données côté moniteur puis côté carte vidéo.

Problème

L'image tremble.

Solution

- **Écrans LCD.** Utilisez le logiciel d'ajustement de l'affichage ou les menus d'écran pour réduire ou éliminer les problèmes causés par l'utilisation d'un écran LCD numérique avec une source vidéo analogique (VGA). Utilisez le connecteur DVI au lieu du connecteur VGA si l'écran et la carte vidéo acceptent le DVI, afin d'éviter les problèmes de conversion numérique-analogique-numérique comme ceux-ci.
- **Tous les moniteurs.** Vérifiez les câbles au niveau de la carte et du moniteur :

  Otez les câbles d'extension (s'il y en a) et refaites un test en branchant le moniteur directement sur la carte. Si le câble d'extension est défaillant, remplacez-le.

  Vérifiez si les câbles ne sont pas endommagés et remplacez-les si besoin est.

  Si les problèmes sont intermittents, cherchez d'éventuelles interférences (un four à micro-ondes ou des enceintes non blindées peuvent provoquer des distorsions de l'image lorsqu'ils sont mis en service).
- **Moniteurs à tube cathodique.** Vérifiez la fréquence de rafraîchissement de l'écran. Réduisez-la jusqu'à obtenir une qualité d'image correcte :

Utilisez les fonctions d'ajustement de l'image à l'écran jusqu'à ce que cette dernière soit acceptable.

Si les problèmes sont intermittents ou qu'en tapant (doucement) sur le côté de l'écran, ils disparaissent, il y a un problème d'alimentation ou de connexions internes. Vous avez alors deux solutions : remplacer l'écran ou le faire réparer.

Dépanner la carte vidéo et les pilotes

Problème

Vous ne pouvez pas remplacer la carte vidéo intégrée par une carte PCI, AGP ou PCI-Express.

Solution

Consultez le revendeur de votre système et de votre carte pour connaître la liste des cartes vidéo utilisables en remplacement. Essayez une autre carte vidéo avec un chipset différent. Regardez, dans le BIOS ou sur la carte mère, si des paramètres ou des cavaliers ne permettent pas de désactiver la vidéo intégrée. Placez la nouvelle carte vidéo sur le port PCI.

Problème

Vous n'arrivez pas à sélectionner la combinaison de profondeur de couleur et de résolution que vous voulez.

Solution

Vérifiez que Windows a bien identifié la carte et que la mémoire de celle-ci fonctionne correctement. Les logiciels de diagnostic livrés avec la carte vidéo permettent de tester cette mémoire. Si vous n'arrivez pas à diagnostiquer de problème matériel, vérifiez au niveau des pilotes.

Problème

Vous n'arrivez pas à sélectionner la fréquence de rafraîchissement qui vous convienne.

Solution

Vérifiez que Windows a correctement identifié la carte et l'écran. Procurez-vous les pilotes les plus récents pour la carte et pour l'écran.

Problème

Vous n'arrivez pas à activer un moniteur secondaire.

Solution

Si vous utilisez une carte graphique à deux têtes, vérifiez que le moniteur secondaire a été activé dans le pilote du constructeur. Vous devrez peut-être, pour ce faire, ouvrir les paramètres avancés du pilote. Si vous utilisez deux cartes vidéo en configuration SLI (NVIDIA) ou CrossFire (ATI), désactivez SLI ou CrossFire avant d'activer d'autres moniteurs. Si vous utilisez une carte vidéo AGP et

PCI dans différents connecteurs, vérifiez le BIOS VGA principal dans la configuration du BIOS. Modifiez les réglages actuels et redémarrez le système. Actualisez les pilotes de la carte vidéo.

Problème

Vous n'arrivez pas à activer le fonctionnement SLI.

Solution

Vérifiez que le périphérique MIO (pont SLI) est correctement installé entre vos cartes vidéo. Si vous n'utilisez pas de cartes vidéo identiques, utilisez une NVIDIA ForceWare v81.85 ou de nouveaux pilotes pour activer le fonctionnement SLI. Vérifiez que les deux cartes utilisent la même famille de processeurs graphiques. Vérifiez que le fonctionnement SLI est activé dans le pilote ForceWare.

Problème

Vous n'arrivez pas à activer le fonctionnement CrossFire.

Solution

Pour une carte Radeon X800, X850 ou X1800, vérifiez de bien apparier une carte CrossFire Edition et une carte Radeon standard de la même famille. Vérifiez que la CrossFire Edition et la carte standard sont raccordées l'une à l'autre par les ports DMS et DVI.

Pour les cartes plus récentes, employant une interconnexion de pont CrossFire, vérifiez que l'interconnexion est correctement attachée aux deux cartes. Employez des paires de cartes disposant du même processeur graphique.

Actualisez les pilotes d'affichage ATI CATALYST sur la dernière version de production. Activez CrossFire dans votre pilote d'affichage.

Problème

Vous n'arrivez pas à activer le Bureau Aero 3D dans Windows Vista.

Solution

Vérifiez que votre carte vidéo ou que la vidéo intégrée exécute un pilote WDDM et soit compatible DirectX 9.0 ou plus. Actualisez le pilote si le matériel est compatible avec Aero. Actualisez la carte si les pilotes WDDM ne sont pas disponibles.

12 Le matériel audio

Au sommaire de ce chapitre

- Les premières cartes son
- Histoire du PC multimédia
- Fonctionnalités des cartes son
- Concepts et terminologie des cartes son
- Who's who audio
- Le son 3D
- Installation d'une carte son
- Dépannage d'une carte son
- Haut-parleurs
- Microphones

Le matériel audio a considérablement évolué ces dernières années. L'IBM PC original, qui date de 1981, et ses différents successeurs étaient déjà dotés de fonctions audio rudimentaires, mais celles-ci étaient plus destinées au dépannage qu'à des tâches créatives. Ces ordinateurs émettaient de simples bips pour signaler des problèmes de signaux, tels qu'un tampon de clavier plein ou des erreurs pendant la séquence de POST (*Power-On Self-Test*, autotest de démarrage). Le Macintosh, qui a fait son apparition en 1984, était doté de véritables fonctionnalités audio de haute qualité au niveau matériel, mais il a fallu attendre l'apparition des premières cartes son AdLib et Creative Labs, à la fin des années quatre-vingts, pour que le PC offre des fonctions audio comparables.

La concurrence qui existe depuis cette époque entre les différents fabricants a permis l'apparition de standards *de facto*, à la fois dans le domaine du matériel et dans celui des logiciels. Le matériel audio, autrefois cher, rare et difficile à installer, fait aujourd'hui partie intégrante de n'importe quelle configuration informatique.

Le matériel audio pour PC peut prendre différentes formes :

- Une carte son montée sur une carte d'extension PCI, à enficher dans l'un des slots de la carte mère.
- Une puce audio intégrée à la carte mère, produite par des sociétés telles que Crystal, Analog Devices, Sigmatel, ESS ou autres.
- Un circuit audio intégré au chipset de la carte mère. Intel, SiS, NVIDIA, AOpen et VIA Technologies ont tous commercialisé des chipsets de cette catégorie.

Où qu'elles soient placées, les fonctions audio empruntent les prises jack des haut-parleurs et du microphone. En outre, presque toutes fournissent des prises jack dédiées pour les manettes de jeu analogiques et le matériel MIDI (même si, sur les modèles les plus récents, ce sont les ports USB qui permettent de connecter les manettes de jeu). Nous le verrons plus loin dans ce chapitre, un certain nombre de cartes son de milieu et de haut de gamme offrent également une entrée et une sortie audio numériques sophistiquées. Du côté des logiciels, la carte son a besoin d'un pilote qui peut être installé soit directement à partir d'un logiciel, soit depuis le système d'exploitation de l'ordinateur. Ce chapitre traite essentiellement des produits audio que l'on trouve sur les PC récents, de leur installation, de leur utilisation et de leur fonctionnement.

Les premières cartes son

Les cartes son de première génération construites pas AdLib, Roland et Creative Labs, qui apparurent à la fin des années 1980, étaient principalement destinées à un public de joueurs, n'étaient pas compatibles entre elles et étaient très chères.

Infos

La prise en charge de la norme MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*) fit également son apparition en même temps que la sortie de la carte son Game Blaster de Creative Labs. Cependant, le matériel de ce type était utilisé uniquement dans des programmes d'enregistrement spécialisés. Par la suite, de plus en plus d'instruments de musique adoptèrent la norme MIDI, si bien qu'elle se généralisa également sur les ordinateurs.

La carte Game Blaster, qui n'était compatible qu'avec une poignée de jeux, fut rapidement remplacée par la carte Sound Blaster. Cette dernière était compatible avec les cartes son AdLib et Game Blaster, ce qui permettait de prendre en charge les jeux conçus pour l'une ou l'autre. La carte Sound Blaster comprenait une entrée micro, une sortie stéréo et un port MIDI, afin de relier le PC à un synthétiseur ou un autre instrument de musique électronique. Elle établit la base des fonctionnalités qui seront ensuite prises en charge par quasiment toutes les cartes son jusqu'à aujourd'hui. Enfin, cette carte son possédait des capacités qui la rendaient utilisable pour autre chose que des jeux. Sa remplaçante, la carte Sound Blaster Pro disposait de qualités sonores améliorées. La carte Sound Blaster Pro et les suivantes devinrent ensuite la norme pour la reproduction du son sur PC.

Infos

Contrairement aux standards officiels, comme la norme IEEE-1394, qui répond aux spécifications de l'organisation Institute of Electrical and Electronics Engineers, les normes *de facto* désignent les normes qui se développent de manière informelle en raison de la prédominance d'un certain type de produits sur un segment du marché en particulier. La carte Sound Blaster Pro ne constitue qu'un des nombreux exemples de ce type de norme. De la même manière, le standard VGA d'IBM devint une norme *de facto* pour l'affichage et les langages d'impression de HP et d'Apple (HP PCL et Adobe PostScript) devinrent la norme *de facto* pour les imprimantes.

La compatibilité limitée de la carte Sound Blaster Pro

Au cours des années 1990, alors que MS-DOS était le système d'exploitation le plus répandu, de nombreux joueurs n'utilisant pas les cartes son de Creative Labs éprouvaient de grandes difficultés en raison de l'émulation limitée de la Sound Blaster Pro que leur offrait leur matériel. Malheureusement, certaines cartes nécessitaient deux ensembles distincts de ressources matérielles : un ensemble d'adresses IRQ, DMA et E/S pour le mode natif et un second ensemble qui les rendaient

compatibles avec la carte Sound Blaster Pro. D'autres cartes fonctionnaient bien sous Windows ou sous une session MS-DOS exécutant Windows à l'arrière-plan, mais exigeaient que l'utilisateur installe un pilote logiciel résident TSR (*Terminate and Stay Resident*) pour fonctionner sous MS-DOS.

Cependant, le développement des jeux Windows 32 bits rendit la prise en charge audio très simple. Les applications Windows utilisent les pilotes du système d'exploitation comme interface avec le matériel; ainsi, le développeur n'a pas à écrire un code différent pour chaque carte son, carte graphique 3D, etc. Pour le son et les graphismes, Microsoft Windows utilise depuis décembre 1995 une technologie baptisée DirectX. Actuellement, Microsoft prend en charge deux familles distinctes de directX : DirectX 9.0c pour Windows XP et DirectX 10 pour Windows Vista.

Cartes son et DirectX

DirectX est un ensemble d'interfaces de programmation (API) entre les applications multimédias et le matériel. Contrairement aux applications MS-DOS, qui demandaient aux programmeurs de développer directement la prise en charge matérielle des nombreux modèles de cartes son, de cartes graphiques et des contrôleurs de jeux, les applications Windows utilisent DirectX pour "communiquer" avec le matériel d'une manière plus directe que ne le font les pilotes Windows. Cela améliore les performances du programme et évite aux développeurs de devoir modifier leur programme en fonction des différents périphériques. Les programmeurs d'un jeu ne travaillent que sur le moteur audio DirectX, le moteur de rendu DirectX 3D et les autres routines de l'interface DirectX.

L'utilisation de DirectX implique que les développeurs de cartes son et de chipsets s'assurent que leurs produits fonctionnent avec les versions actuelles et récentes de Windows. Cependant, les modifications apportées à la gestion du son dans DirectX 10, qui est uniquement pris en charge par Windows Vista, représentent un défi particulier pour les fabricants de cartes audio.

✔ Pour en savoir plus sur DirectX et le matériel de reproduction du son, voir la section "Le son 3D", p. 771.

Prise en charge audio grâce à la virtualisation

Si vous appréciez toujours de jouer à des jeux fondés sur MS-DOS, les cartes son, chipsets et solutions audio intégrés peuvent poser des problèmes de compatibilité matérielles fondamentales. En effet, les anciennes cartes son de Creative Labs se connectaient sur le bus ISA tandis que les cartes et circuits actuels se connectent sur le bus PCI.

À une certaine époque, le seul moyen de jouer à ces jeux consistait à utiliser un système d'exploitation ancien comme MS-DOS 6.x (avec Windows 3.1 au besoin) et une carte son compatible Sound Blaster Pro connectée au bus ISA. Mais cela n'est plus possible car le bus ISA a disparu des ordinateurs récents. Certaines des premières cartes audio PCI émulaient assez bien la Sound Blaster Pro, mais elles nécessitaient pour cela d'installer des pilotes ou des correctifs propriétaires. Le matériel audio récent est conçu pour la prise en charge de Windows. Par conséquent, il est souvent incapable d'émuler les systèmes audio traditionnels lorsqu'une ancienne application est exécutée directement dans le système d'exploitation récent, qu'il s'agisse de Windows XP ou de Windows Vista.

En revanche, vous pouvez exécuter un système d'exploitation et des programmes anciens qui prennent totalement en charge l'audio en créant un environnement virtuel à l'aide de logiciels comme Microsoft Virtual PC 2007 (pour Windows XP Professionnel et Tablet PC et certaines éditions de Windows Vista), Parallels Desktop (Macintosh équipés d'un processeur Intel), VMware (Windows, Linux, FreeBSD et Solaris) ou autres.

Dans cet environnement virtuel, on crée une machine virtuelle sur le système d'exploitation hôte en installant une application de virtualisation. On installe ensuite dans la machine virtuelle un système d'exploitation invité configuré pour fournir la prise en charge audio souhaitée, puis on installe les jeux. La machine virtuelle convertit l'audio et les autres requêtes matérielles effectuées par le jeu et le système d'exploitation virtuel au système d'exploitation hôte. Ce dernier communique alors avec le matériel qu'il prend en charge. L'ancien jeu qui s'exécute dans la machine virtuelle MS-DOS "pense" donc qu'une carte Sound Blaster Pro ou équivalente est disponible, même si le son est en fait reproduit par une carte Sound Blaster Audigy X-Fi, par un circuit intégré à la carte mère ou par un codec audio AC'97. Vous entendez les effets sonores et musicaux générés par le jeu de la même façon que si le jeu s'exécutait sur un système disposant d'un matériel audio utilisant le bus ISA.

Histoire du PC multimédia

Quasiment tous les ordinateurs actuels sont équipés d'un type de carte son ainsi que d'un lecteur de CD-ROM (ou d'un lecteur compatible comme les graveurs de CD-RW ou les lecteurs DVD). Ces ordinateurs sont souvent désignés comme des PC multimédias, afin de reprendre les normes MPC-1, MPC-2 et MPC-3 qui étaient utilisées pour qualifier les premiers ordinateurs multimédias. Depuis 1996, tous les ordinateurs qui disposent d'une carte audio et d'un lecteur de CD-ROM ou d'un lecteur compatible ont largement dépassé la norme MPC-3.

Comme les spécifications multimédias MPC sont aujourd'hui obsolètes, vous devez vous tourner vers d'autres sources pour en savoir plus. Microsoft et Intel ont publié conjointement plusieurs guides sous le titre *PC System Design Guides*. Bien que la dernière version de ces guides date de 2001 et qu'aucune nouvelle version ne soit prévue, elle constitue avec la version précédente (*PC 99*) des références utiles pour le matériel multimédia et la conception des logiciels; elles sont à ce titre toujours largement suivies par les constructeurs. Ainsi, la plupart des ports d'entrées/sorties des systèmes récents utilisent la norme de couleur définie dans le guide *PC 99*.

Infos

Vous pouvez télécharger le guide *PC 2001* et les précédentes versions sur le site web de Microsoft à l'adresse suivante : **http://www.microsoft.com/whdc/archive/pcguides.mspx**.

Des informations mises à jour spécifiques aux systèmes conçus pour Microsoft sont disponibles à l'adresse suivante : **http://www.microsoft.com/whdc/hwdev/system/platform/pcdesign/desguide/default.mspx**.

Bien que quasiment tous les ordinateurs soient des "PC multimédias" de nos jours, connaître les fonctionnalités des cartes son ou du circuit audio intégré à la carte mère est utile pour savoir ce qu'on peut attendre de son matériel dans les différents domaines d'utilisation que regroupe le terme multimédia actuellement.

Plus loin dans ce chapitre, vous en apprendrez plus sur les fonctionnalités à définir afin de vous assurer que votre carte son, et ce quel que soit son type, soit prête à fonctionner comme vous le souhaitez.

Fonctionnalités des cartes son

Pour prendre une décision d'achat intelligente, vous devez connaître les principaux composants d'une carte son de base et leur rôle, ainsi que les fonctions avancées dont vous pouvez espérer bénéficier de la part des cartes plus évoluées. Les sections suivantes couvrent les fonctions à prendre en compte pour l'évaluation d'une carte son pour PC.

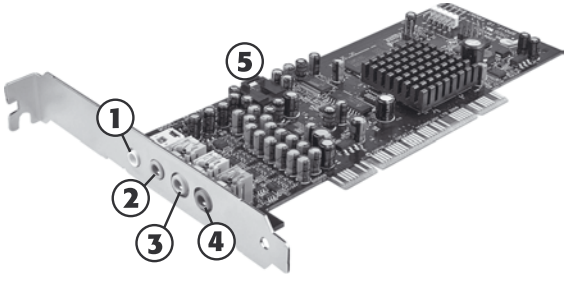
Connecteurs de base

La plupart des cartes son intègrent les mêmes connecteurs externes. Ces connecteurs, en forme de prises jack de 3,5 mm, permettent de transmettre les signaux depuis la carte vers les haut-parleurs, un casque ou un amplificateur externe et de récupérer les sons en provenance d'un micro, d'un lecteur de CD, d'un magnétophone ou d'une chaîne stéréo. Les ordinateurs portables dont la carte audio est intégrée ne disposent souvent que de deux prises jack : une entrée et une sortie ligne stéréo. En revanche, les cartes son et les circuits audio intégrés à la carte mère comprennent généralement des prises jack supplémentaires pour prendre en charge les fonctionnalités surround 5.1 et 7.1 ainsi que l'audionumérique.

Les quatre types de connecteurs dont votre carte son doit impérativement disposer sont décrits à la Figure 12.1. Cette dernière illustre la disposition la plus courante des prises jack internes et externes sur une carte audio, tandis que la Figure 12.2 illustre la disposition des prises jack sur circuit audio intégré au chipset de la carte mère.

Figure 12.1

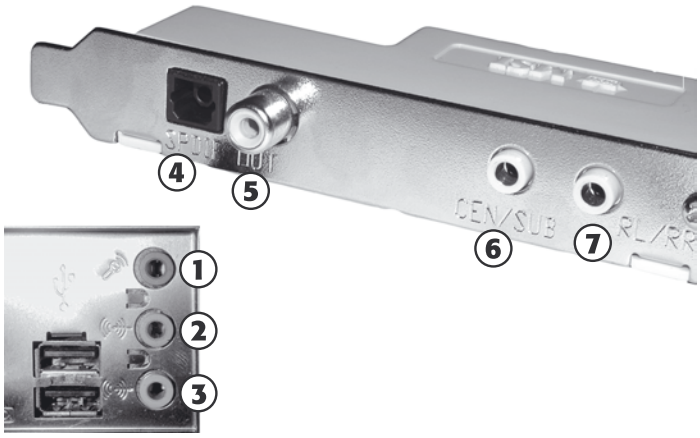
Connecteurs d'entrée et de sortie communs à la plupart des cartes son (Creative Labs Sound Blaster X-Fi XtremeGamer).



1. FlexiJack (blanc ; fournit la ligne d'entrée, l'entrée micro ou la sortie optique ; contrôle logiciel)
2. Sortie ligne stéréo (vert)
3. Sortie ligne arrière (gris ; prend en charge les configurations 5.1, 6.1 et 7.1)
4. Sortie centrale/caisson de basses (orange ; prend en charge les configurations 5.1, 6.1 et 7.1)
5. Auxiliaire audio (noir ; reçoit le signal audio en provenance de sources audio comme les tuners TV)

Figure 12.2

Connecteurs d'entrée et de sortie communs à la plupart des circuits audio intégrés au chipset de la carte mère prenant en charge le son surround 5.1. Les ports audio SPDIF et surround de cette carte mère sont situés sur un câble mâle qui utilise une baie d'extension.



1. Entrée microphone (rose)
2. Entrée ligne (bleu)
3. Haut-parleurs stéréo (vert clair)
4. Sortie optique SPDIF (noir)
5. Sortie coaxiale SPDIF (jaune)
6. Sortie centrale/caisson de basses (vert clair ; prend en charge la configuration surround 5.1)
7. Sortie audio arrière (vert clair ; prend en charge la configuration surround 5.1)

Les prises jack visibles aux figures 12.1 et 12.2 portent généralement des inscriptions qui peuvent être difficiles à lire quand l'ordinateur est installé sous un bureau. Souvent, quand aucun son ne sort d'un PC, c'est que les haut-parleurs ne sont pas branchés sur la bonne prise. Pour éviter ce problème, il existe de nombreuses cartes son grand public qui emploient des connecteurs colorés, conformément aux instructions du *PC 99 System Design Guide* (vous pouvez le consulter sur le site de Microsoft). Les couleurs employées peuvent varier d'une carte à l'autre. (Il peut aussi arriver qu'une carte son n'emploie pas de couleurs du tout.)

De nombreux systèmes récents de circuits audio intégrés au chipset de la carte mère utilisent le standard audionumérique AC'97 version 2.3. Lorsqu'un périphérique est relié au connecteur audio, le pilote audio ouvre une boîte de dialogue demandant quel type de périphérique est utilisé, qu'il s'agisse d'un microphone, de haut-parleurs stéréo ou de tout autre élément. Le pilote audio définit dynamiquement la prise en charge du périphérique connecté, même si le périphérique en question ne correspond pas à la couleur du port. Cette fonctionnalité est parfois appelée autosensing.

Astuces

Pour éviter de perturber la détection des prises jack audio, connectez chaque périphérique séparément et assurez-vous d'indiquer le type de périphérique dans le programme de configuration avant de continuer.

Dans tous les cas, la plupart des cartes son et des circuits audio intégrés offrent les fonctionnalités suivantes :

- **Prise jack de sortie ligne ou audio (vert vif).** La sortie ligne sert à envoyer des signaux depuis la carte son vers un appareil stéréo externe. Les câbles de ce connecteur peuvent être reliés à des

haut-parleurs stéréo, à un casque ou à une chaîne stéréo. En reliant votre carte son à une chaîne stéréo, vous pourrez bénéficier d'une écoute amplifiée. Comme le montre la Figure 12.2, certains systèmes utilisent la même couleur pour le connecteur des sorties surround. Vérifiez les indications sur vos connecteurs ou reportez-vous à la documentation de votre système.

- **Prise jack d'entrée ligne stéréo ou audio (bleu clair).** L'entrée ligne permet d'enregistrer et de mixer les signaux audio *via* une source externe, telle qu'une chaîne stéréo ou un magnétoscope, pour les stocker sur le disque dur. Certaines cartes son, comme la carte Creative Labs Sound Blaster X-FI XtremeGamer illustrée à la Figure 12.1, utilisent un connecteur multifonction (que Creative appelle "FlexiJack") qui prend en charge l'entrée ligne, la sortie optique, l'entrée microphone ou l'entrée ligne ainsi que l'entrée optique plutôt que d'assigner un connecteur précis à chacun. Reportez-vous à la documentation de la carte son ou du circuit audio intégré pour plus de détails.
- **Prise jack de sortie arrière, centrale ou du caisson de basses ou connecteur microphone (pas de couleur standard).** Quasiment toutes les cartes son récentes et les circuits audio intégrés disposent de connecteurs qui prennent en charge les sorties arrière, centrales et du caisson de basses dans un dispositif audio 5.1 et plus. Les systèmes audio 5.1 utilisent trois prises jack : une pour l'avant (stéréo), une pour l'arrière et une pour le caisson de basses. Les systèmes 6.1 et 7.1 peuvent disposer de prises jack supplémentaires ou peuvent redéfinir le port du caisson de basses de façon logicielle afin de fournir une sortie additionnelle. En fonction du pilote de votre logiciel, vous devez soit exécuter un programme de configuration propriétaire, soit sélectionner seulement une configuration dans l'utilitaire de votre système d'exploitation pour disposer du son surround.

Infos

Si votre carte son ne dispose que d'un seul et même connecteur pour la sortie ligne et les haut-parleurs, ajustez précisément le contrôle de volume du logiciel de mixage et le bouton de volume de vos haut-parleurs amplifiés, afin d'optimiser la qualité du son. Évitez si possible d'utiliser des haut-parleurs amplifiés avec un son déjà amplifié.

- **Prise jack de micro, ou mono (rose).** Cette prise sert à connecter un micro et vous permet d'enregistrer votre propre voix ou tout autre son sur le disque dur. Elle ne permet d'enregistrer qu'en mono (et non en stéréo). Pour enregistrer en stéréo, utilisez l'entrée ligne. Beaucoup de cartes son utilisent le procédé AGC (*Automatic Gain Control*, contrôle de gain automatique) pour accroître le gain du signal et améliorer la qualité des enregistrements. Cette fonction ajuste le niveau de l'enregistrement en temps réel. Les micros de 600 ohms à 10 kiloohms dynamiques ou à condensateur sont ceux qui fonctionnent le mieux sur ce type de prise. Certaines cartes bon marché ne disposent pas de prise micro séparée et utilisent à la place la prise d'entrée ligne. D'autres cartes son utilisent une prise jack multifonction à la place d'une prise microphone dédiée.

Outre ces connecteurs externes, certaines cartes son anciennes comprennent un ou plusieurs connecteurs internes à quatre broches permettant de relier directement un lecteur optique à l'aide d'un

câble spécial. Cette connexion transmet directement les signaux audio analogiques du disque à la carte son et il est donc possible d'écouter le son du CD-ROM sur les haut-parleurs de l'ordinateur. Certaines cartes son utilisent un connecteur identique à celui du CD-ROM, d'autres non.

Infos

Reportez-vous à la Figure 12.7 plus loin dans ce chapitre pour voir un exemple de connexion d'un lecteur de CD-ROM à la carte son à l'aide de câbles analogiques et numériques.

Deux possibilités s'offrent à vous pour lire les CD audio : la lecture peut être soit analogique soit numérique. La lecture analogique est prise en charge par le câble analogique audio reliant le lecteur à la carte son. Ce câble ne transmet pas de données depuis le lecteur de CD-ROM vers le bus de l'ordinateur. Il connecte simplement la sortie analogique du lecteur de CD-ROM directement à l'amplificateur audio de la carte son. Cette connexion par câble était nécessaire sur beaucoup d'anciens lecteurs et d'anciennes cartes son pour pouvoir restituer le son des CD audio et des jeux vidéo.

Les lecteurs, cartes son et circuits intégrés récents prennent non seulement en charge la lecture analogique par connexion directe, mais également la prise en charge numérique. Pour savoir si vous pouvez utiliser la lecture audionumérique, ouvrez les propriétés de votre lecteur CD ou DVD dans le gestionnaire de périphériques, puis cliquez sur l'onglet Propriétés. Si l'option Activer la lecture numérique de CD audio sur ce lecteur de CD-ROM s'affiche en grisé (et que vous ne puissiez donc pas l'activer), la lecture numérique n'est pas prise en charge sur ce lecteur ou cette carte.

L'utilisation de la lecture audio analogique permet à plusieurs lecteurs de lire des CD audio. En règle générale, une carte son ne dispose que d'un seul connecteur audio analogique. Par conséquent, si vous disposez de plusieurs lecteurs optiques, un seul peut être relié par câble analogique à la carte son. Si vous souhaitez lire des CD audio sur plusieurs lecteurs, vous devez soit activer la lecture numérique de CD audio sur chaque lecteur, soit acheter un câble Y de CD audio. Dans les deux cas, vous devriez ensuite pouvoir lire les CD audio sur tous les lecteurs de CD ou de DVD.

Infos

La plupart des lecteurs audio récents, comme Windows Media Player, offrent la lecture audionumérique sans qu'il soit besoin d'utiliser de câble numérique à deux broches entre le lecteur de CD-ROM et la carte son. En effet, ces programmes lisent les pistes audio et les convertissent à la volée en données numériques.

Connecteurs pour les fonctions avancées

La plupart des cartes son récentes et des circuits intégrés aux cartes mères sont conçus pour supporter à la fois les jeux élaborés, la lecture des DVD audio et la production sonore ; elles possèdent des connecteurs supplémentaires tels que :

- **Entrée MIDI et sortie MIDI.** Les cartes son les plus anciennes qui disposaient de ports jeux (une broche femelle à 15 broches) prenaient également en charge les entrées et sorties MIDI grâce à des adaptateurs qui se connectaient au port jeu. Sur les cartes récentes les plus évoluées, les ports MIDI sont situés sur un adaptateur de port d'entrées/sorties qui se place dans une baie de l'ordinateur ou sur le bureau (voir Figure 12.3).

- **Entrée SPDIF (également appelée S/PDIF) et sortie SPDIF.** L'interface Sony/Philips Digital Interface reçoit les signaux audionumériques directement des périphériques compatibles sans conversion préalable en analogique. L'interface de sortie SPDIF peut être intégrée à la carte son et peut utiliser une prise jack dédiée ou multifonction. Certaines cartes mères intègrent une sortie SPDIF à l'arrière, tandis que d'autres utilisent un câble de connexion pour fournir une sortie, comme l'illustre la Figure 12.2. Les ports SPDIF peuvent également être incorporés au périphérique placé dans la baie de l'ordinateur ou sur les ports des cartes d'entrées/sorties externes (voir Figure 12.3).

Infos

Certains constructeurs appellent parfois les interfaces SPDIF "interfaces Dolby Digital". Les connecteurs SPDIF utilisent des câbles avec une prise jack RCA standard, mais sont conçus pour fonctionner spécifiquement à une impédance de 75 ohms, comme les câbles vidéo composites. Aussi, vous pouvez utiliser ces derniers avec vos connecteurs SPDIF. Bien que les câbles audio soient également équipés de prises jack RCA, leur impédance est différente, ce qui en fait un choix plus contestable.

- **CD SPDIF.** Une connexion à deux broches qui agit comme interface entre les lecteurs de CD-ROM compatibles et la sortie SPDIF sur l'entrée numérique de la carte son. Emplacement le plus fréquent : sur le côté de la carte son. Reportez-vous à la Figure 12.7 plus loin dans ce chapitre pour voir un exemple de connexion d'un lecteur de CD-ROM à la carte son à l'aide d'un câble CD SPDIF.
- **Entrée TAD.** Permet de connecter des modems internes prenant en charge les répondeurs téléphoniques sur la carte son afin de traiter le son des messages vocaux. Emplacement le plus fréquent : sur le côté de la carte son.
- **Entrée Aux in.** Connexion en entrée pour d'autres sources de son, comme la carte tuner d'un téléviseur. Emplacement le plus fréquent : sur le côté de la carte son (voir Figure 12.1).

Parfois, la carte son comprend d'autres connecteurs mais ceux-ci peuvent également se trouver sur un boîtier de distribution externe ou sur une carte fille. Par exemple, les cartes son des séries Audigy et X-Fi de Creative Labs sont composées de deux éléments. Bien que les détails varient d'une carte à l'autre, la plupart des modèles à deux éléments disposent d'une carte son PCI sur laquelle se trouvent les connecteurs basiques tandis que le composant interne ou externe comprend les ports avancés. Sur la carte Creative X-Fi Fatal1ty, par exemple, les connecteurs supplémentaires se trouvent sur un boîtier de distribution externe qui prend place dans une baie de l'ordinateur (voir Figure 12.3). En revanche, le boîtier externe de la carte Creative X-Fi Elite Pro dispose de la même connectique que la carte elle-même.

Ajout de fonctions audio sans remplacement de la carte audio embarquée

Si vous utilisez un ordinateur portable ou un ordinateur de bureau qui manque de baies d'extension, ou encore que vous ne souhaitiez pas ouvrir votre ordinateur pour améliorer ses performances, vous pouvez alors installer un système audio USB.

Figure 12.3

Le boîtier de connexion interne de la carte Creative Sound Blaster X-Fi Fatal1ty contient les entrées et sorties MIDI, les entrées coaxiales et numériques SPDIF, des contrôles de volume, des connecteurs de sortie ligne stéréo et microphone, une entrée ligne et prend en charge l'utilisation d'une télécommande à infrarouges. Photo reproduite avec la permission de Creative Technology, Ltd.

Contrairement au remplacement normal de la carte son, vous n'avez pas besoin de désactiver le circuit audio intégré de la carte mère ou d'enlever la carte audio lorsque vous utilisez une solution audio USB. Les cartes son USB peuvent en effet coexister avec les cartes son déjà installées. Généralement, comme pour la plupart des éléments matériels, le matériel le plus récemment installé devient celui utilisé par défaut. Vous pouvez toutefois revenir au matériel audio original à l'aide du panneau Propriétés du Gestionnaire de périphériques de Windows.

Non contentes d'ajouter des fonctionnalités audio à la plupart des ordinateurs récents, les solutions audio USB sont particulièrement intéressantes si votre carte son ou le circuit audio intégré dont vous disposez ne prend pas en charge le son 5.1 ou 7.1, ne peut pas enregistrer à des taux de 24 bits et 96 kHz, ou encore manque de sorties numériques. Le Tableau 12.1 contient la liste des principales fonctionnalités des systèmes audio USB actuels et récents.

Les connecteurs et les contrôles de la carte Creative Sound Blaster Audigy 2 NX sont présentés à la Figure 12.4.

Avant d'acheter une nouvelle carte son interne ou USB pour un ordinateur de bureau, vous devez vérifier sur la documentation de votre système ou de votre carte mère que vous disposez de six canaux audio. Si votre carte mère dispose en sortie de six canaux (5.1) ou plus, mais que les seuls ports intégrés à l'arrière de la carte mère ne sont qu'en stéréo (2.0 ou 2.1), vous devez ajouter un câble à la carte mère analogue à celui illustré à la Figure 12.2. Si le câble n'est pas fourni avec la carte mère, contactez le constructeur.

Tableau 12.1 : Les processeurs audio USB

Constructeur	Produit	Qualité de restitution	Qualité d'enregistrement	Prise en charge des haut-parleurs	Notes
Audiotrak	MAYA EX	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 5.1	Dolby Digital AC-3
Audiotrak	MAYA EX7	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 7.1	Dolby Digital AC-3
Creative Labs	Sound Blaster Extigy	24 bits/96 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 5.1	Dolby Digital AC-3
Creative Labs	Sound Blaster MP3+	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	2.1	Entrée/sortie SZPDIF optique
Creative Labs	Xmod	24 bits/96 kHz	N/A	2.1	Convertit les CD 16 bits et l'audio compressé en qualité audio 24 bits
Creative Labs	Audigy 2 NX	24 bits/96 kHz	24 bits/96 kHz	Jusqu'à 7.1	Dolby Digital AC-3, EX. Prise en charge de l'USB 2.0
Creative Labs	Audigy 2 ZS Notebook	24 bits/192 kHz	24 bits	Jusqu'à 7.1	–
Hercules	Game Surround MUSE Pocket	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 5.1	Pas de connecteur SPDIF
M-Audio	Sonica	24 bits/96 kHz	N/A	Jusqu'à 5.1	Dolby Digital AC-3 avec sortie optique uniquement
M-Audio	Sonica Theater	24 bits/96 kHz	24 bits/96 kHz	Jusqu'à 7.1	Dolby Digital AC-3
Philips Aurilium	PSC805	24 bits/96 kHz	N/A	Jusqu'à 5.1	Dolby Digital AC-3. Prise en charge de l'USB 2.0
TerraTec	Aureon 5.1 USB	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 5.1	Dolby Digital AC-3
Turtle Beach	Audio Advantage Micro	16 bits/48 kHz	N/A	Jusqu'à 5.1 (passthrough)	Dolby Digital AC-3. DTS
Turtle Beach	Audio Advantage Amigo	6 bits/148 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 5.1 (passthrough)	Dolby Digital AC-3. DTS
Turtle Beach	Audio Advantage SRM	16 bits/48 kHz	16 bits/48 kHz	Jusqu'à 7.1	Dolby Digital AC-3. DTS

Contrôle de volume

Sur la plupart des cartes son récentes, le volume peut être contrôlé par l'intermédiaire d'une icône en forme de haut-parleur, située dans le Panneau de configuration de Windows ainsi qu'à côté de l'horloge de la barre des tâches. Si vous passez d'une carte son toute simple à une carte plus sophistiquée incluant une sortie ou une entrée Dolby Digital 5.1, vous devrez employer les options de mixage du contrôle de volume pour sélectionner les sources appropriées et configurer correctement les niveaux d'entrée et de sortie de la carte ou du boîtier de distribution. N'oubliez pas que si vous envoyez le signal vers un amplificateur externe, vous devrez aussi régler le volume sur celui-ci. N'oubliez pas non plus d'activer la sortie numérique si vous utilisez la sortie SPDIF.

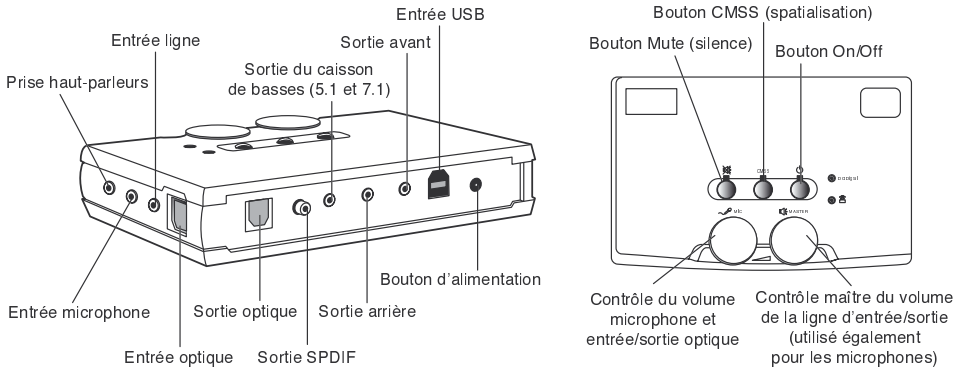


Figure 12.4

La carte Sound Blaster Audigy 2 NX complète les fonctions audio existantes en ajoutant des fonctions d'entrées/sorties et d'échantillonnage semblables à celles de la carte Sound Blaster Audigy 2.

Si les haut-parleurs du PC sont amplifiés et que vous n'entendiez aucun son, vérifiez que vous les avez mis sous tension, que vous avez ouvert le bouton de contrôle du volume, que les bons haut-parleurs sont sélectionnés et qu'ils sont connectés correctement.

Fonctionnalités MIDI

À une certaine époque, avant d'acheter une carte son, vous deviez commencer par choisir entre le mono et la stéréo. Actuellement, toutes les cartes sont stéréo et sont capables de lire des fichiers au standard MIDI, qui proviennent des instruments de musique synthétique ou des échantillons numériques stockés sur la carte son ou dans la RAM.

Les cartes stéréo produisent plusieurs voix simultanément, en employant deux sources. Une voix est un son unique produit par la carte. Un quatuor à cordes utilise quatre voix, une pour chaque instrument. Par ailleurs, un instrument polyphonique tel que le piano requiert une voix pour chaque note d'un accord. Donc, pour reproduire pleinement les notes jouées par un pianiste, il faut dix voix, une pour chaque doigt. Plus la carte son peut reproduire de voix, meilleure est sa fidélité sonore. Actuellement, les meilleures cartes son du marché sont capables de produire jusqu'à 1024 voix simultanées.

Les premières cartes son utilisaient la synthèse FM pour le support MIDI; la carte Yamaha OPL2 (YM3812) produisait 11 voix, tandis que la OPL3 (YMF262) en produisait 20 et était en stéréo. Cependant, pratiquement toutes les cartes son récentes utilisent des échantillons enregistrés pour le support MIDI; c'est ce que l'on appelle les cartes son *à table d'ondes*.

Les cartes son à table d'ondes utilisent des enregistrements numériques d'instruments réels et d'effets sonores au lieu des imitations générées par la puce FM. Lorsque vous écoutez le son d'une trompette d'une partition MIDI jouée avec une carte son à table d'ondes, c'est vraiment la trompette que vous entendez et non son imitation de synthèse. Les premières cartes supportant les tables

d'ondes stockaient 1 Mo de séquences sonores dans des puces ROM placées sur la carte. Toutefois, avec l'émergence du bus PCI, plus performant, et l'augmentation des quantités de mémoire RAM dans les ordinateurs, la plupart des cartes son ont adopté une approche logicielle des tables d'ondes, ce qui consiste à charger dans la RAM de l'ordinateur entre 2 et 8 Mo d'enregistrements échantillonnés d'instruments musicaux.

Le facteur le plus important pour les performances MIDI est le nombre de voix matérielles. Même les cartes haut de gamme, telles que le modèle Sound Blaster X-Fi de Creative Labs, ne prennent en charge que 128 voix au niveau matériel. Si une piste audio MIDI a besoin d'autres voix, celles-ci doivent être générées par un logiciel. Si votre carte son ne prend en charge que 32 voix MIDI au niveau matériel ou qu'elle ne gère que la synthèse logicielle, mieux vaut la remplacer par un modèle plus récent. On trouve aujourd'hui de nombreux modèles de cartes supportant plus de 500 voix simultanées et 64 voix matérielles pour moins de 50 €.

Compression de données

La plupart des cartes son actuelles produisent du son de qualité CD, échantillonné à une fréquence de 44,1 kHz. À cette fréquence, les fichiers enregistrés (même s'il s'agit de votre propre voix) peuvent occuper plus de 10 Mo par minute d'enregistrement. Pour diminuer cette consommation, il existe nombre de cartes son qui intègrent des fonctions de compression de données. Ainsi, la carte Sound Blaster ASP 16 permet d'effectuer des compressions à la volée de fichiers son avec des ratios de 2/1, 3/1 ou 4/1.

Certains fabricants de cartes son utilisent l'algorithme de *compression ADPCM* (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*, modulation de code à impulsions adaptatrices), également appelé IMA-ADPCM, afin de réduire la taille des fichiers avec un ratio supérieur à 4/1. Cet algorithme ramène les échantillons linéaires de 16 bits à une taille de 4 bits par échantillon. Or, dans le domaine de l'audio, dès lors qu'une technologie de compression est employée, la qualité du son baisse. Malheureusement, le système ADPCM n'a fait l'objet d'aucune normalisation. Ainsi, alors que Microsoft et Apple soutiennent tous deux la compression IMA-ADPCM, ils ne l'implémentent pas de la même manière. Les formats de fichiers AIIFF, d'Apple, et WAV, de Microsoft, ne sont pas compatibles entre eux, à moins d'employer un lecteur qui les prenne en charge tous les deux.

Quand vous installez une carte son, plusieurs codecs (programmes de compression/décompression) sont ajoutés. En général, l'ADPCM est installé sous une forme ou une autre, accompagné d'autres systèmes. Pour savoir quels sont les codecs installés sur votre ordinateur, allez dans le panneau de configuration Windows et double-cliquez sur l'icône Multimédia (Windows 9x/Me), Sons et multimédia (Windows 2000), Sons et périphériques audio (Windows XP). Sous Windows 9x/Me, cliquez sur l'onglet Périphériques, puis sur le signe plus (+) attenant à l'entrée Codecs de compression audio pour voir les codecs installés. Sous Windows 2000/XP, cliquez sur l'onglet Matériel, puis sur Codecs audio, et enfin sur Propriétés. Les codecs sont classés par ordre de priorité, de haut en bas. Vous pouvez modifier cet ordre si vous le souhaitez.

Sous Windows Vista, il est plus difficile de trouver ces informations. Pour voir les codecs installés, ouvrez le lecteur Windows Media, affichez les menus classiques, puis cliquez sur Aide > À propos du Lecteur Windows Media Player. Cliquez enfin sur le lien Informations sur le support technique. Faites défiler la fenêtre du navigateur pour visualiser les codecs.

Si vous créez vos propres sons enregistrés et si ceux-ci sont utilisés sur un autre ordinateur, les deux ordinateurs devront utiliser le même codec. Vous pouvez sélectionner un codec à associer à l'enregistrement de sons dans presque tous les logiciels, notamment dans le magnétophone Windows (hormis dans Windows Vista; le magnétophone n'offre pas d'options pour choisir les codecs).

Le standard de compression le plus répandu est le système MPEG (*Motion Pictures Experts Group*), qui permet de compresser des signaux audio et vidéo et qui est de plus en plus supporté en dehors du marché du PC, plus particulièrement par les lecteurs de DVD. Le standard MPEG offre, à lui seul, un ratio de compression de 30/1, et c'est essentiellement pour cette raison que l'on trouve aujourd'hui des films MPEG à vitesse réelle sur DVD et CD-ROM. Le schéma de compression du très célèbre format audio MP3 est un format MPEG; il est possible de le restituer sur la plupart des versions du Lecteur Windows Media de Windows, ainsi qu'avec divers logiciels et périphériques de lecture MP3.

Processeurs de signaux numériques multifonctions

Beaucoup de cartes son utilisent un processeur de signaux numériques ou DSP (*Digital Signal Processor*) qui les rend plus intelligentes et qui décharge le processeur de la carte mère de tâches sollicitant les ressources système de manière intensive (filtrage des bruits durant les enregistrements, compression audio instantanée, etc.).

Le processeur DSP peut être mis à jour en téléchargeant des logiciels qui augmentent encore le nombre de flux audio simultanés. Cette technologie est de plus en plus répandue dans les cartes haut de gamme, et la possibilité de mise à jour par voie logicielle est nettement plus intéressante que le remplacement physique, qui revient plus cher. Pour une liste des processeurs DSP et de leurs développeurs, reportez-vous à la section "Who's who audio" à la fin de ce chapitre.

Pilotes de carte son

Comme pour la plupart des composants de PC, le pilote de la carte son constitue le lien vital entre la carte et le système qui l'héberge. Les systèmes d'exploitation tels que Windows 9x/Me et 2000/XP/Vista incluent une grande bibliothèque de pilotes pour la plupart des cartes son du marché. (Windows NT 4.0 prend également en charge un certain nombre de périphériques audio, mais moins que les autres versions de Windows.) Le plus souvent, ces pilotes sont conçus par le fabricant de la carte son et ils ne sont distribués que par Microsoft. Il est possible que les pilotes livrés avec la carte son soient plus récents que ceux de Windows. Alors que, généralement, le meilleur endroit pour trouver les derniers pilotes pour un périphérique est le site web du fabricant, Windows Me et ultérieurs préfèrent les pilotes signés numériquement qui ont été certifiés par Microsoft Hardware Quality Labs. Ces pilotes peuvent être disponibles sur le site web du fabricant, mais vous pouvez aussi les télécharger et les installer automatiquement par l'intermédiaire de la fonction Windows Update.

Les vieilles cartes son Sound Blaster ISA prenaient en charge les jeux DOS au niveau matériel, mais sur les modèles récents (notamment ceux de la série Sound Blaster Audigy et X-Fi) ainsi que sur la plupart des cartes son comparables il faut exécuter des pilotes logiciels pour obtenir une compatibilité DOS. Ces pilotes doivent être exécutés avant le début du jeu.

Si vous utilisez un environnement virtualisé pour exécuter MS-DOS et des jeux, vous paramétrez la machine virtuelle comme si vous disposiez d'une carte Sound Blaster Pro. L'environnement virtuel prend soin de la traduction nécessaire au bon fonctionnement du son du jeu.

Si votre programme de jeu se bloque quand vous essayez de détecter la carte son pendant la configuration, entrez le type de carte et les paramètres à la main. C'est souvent un signe d'incompatibilité entre la carte Sound Blaster et le pilote. Si vous rencontrez des problèmes, consultez le site web du développeur du jeu ou du fabricant de la carte son ; vous y trouverez sans doute des correctifs ou des moyens de contourner un problème donné.

Infos

Une bonne carte son adaptateur se devait autrefois de prendre en charge la norme Sound Blaster Pro et le port à 15 broches pour les jeux vidéo. Toutefois, compte tenu de l'augmentation des jeux fondés sur Windows, du développement de DirectX et du remplacement du port jeu par les ports USB, ces questions ne sont plus vraiment à l'ordre du jour.

Production audio

Les personnes qui font de la production audio sont fermement décidées à créer leurs propres fichiers audio. Cela va de l'utilisateur occasionnel qui enregistre des annotations vocales basse fidélité au musicien professionnel et au maniaque du MIDI. Ces utilisateurs doivent disposer d'une carte capable de prendre en charge la plus grande partie possible du traitement audio, afin de ne pas surcharger le processeur central. Les cartes utilisant un processeur DSP pour effectuer la compression, entre autres, sont particulièrement intéressantes dans ce cas de figure. Le musicien a indiscutablement besoin d'une carte retransmettant autant de voix que possible et équipée d'un synthétiseur à table d'ondes. Les cartes équipées de baies supplémentaires pour l'ajout de mémoire et capables de créer et de modifier des tables d'ondes personnalisées sont également incontournables.

La plupart des cartes son conçues au départ pour les fans de jeu conviennent aussi à la production audio, à condition d'ajouter le logiciel d'édition audio approprié, comme Sound Forge, et d'équiper la carte de connecteurs pour les interfaces SPDIF audionumériques et MIDI. La carte Sound Blaster X-Fi Platinum inclut une interface externe montée sur la baie pour accueillir ces caractéristiques. Les périphériques USB, comme la carte Audigy 2 NX, capable d'échantillonner l'audio à 24 bits/96 kHz, proposent les mêmes fonctionnalités mais peuvent être ajoutés à n'importe quel ordinateur qui possède un port USB. La carte Audigy 2 NX est capable d'enregistrer à 96 kHz et de lire à 192 kHz, et propose trois modes d'utilisation, ce qui vous permet d'adapter son utilisation à vos besoins :

- **Mode création.** C'est le mode idéal pour l'enregistrement et la création musicale.

- **Mode jeu.** Ce mode est optimisé pour restituer de manière réaliste les ambiances sonores des jeux.
- **Mode divertissement.** Ce mode est spécialement configuré pour écouter de la musique et regarder des films.

Si vous devez modifier ou lire plusieurs sources audio, votre carte son doit être conçue pour gérer plusieurs sources en entrée et en sortie. On peut citer dans cette catégorie de produits les séries de cartes Audiophile et Delta de M-Audio, les cartes développées par E-Mu et Creative Professional, entre autres. Ces produits disposent souvent d'un boîtier externe.

Concepts et terminologie des cartes son

Pour comprendre le fonctionnement des cartes son, il est indispensable de connaître un certain nombre de concepts et de termes tels que "16 bits", "qualité CD", ou encore "port MIDI". Les concepts tels que l'échantillonnage et la conversion numérique-analogique (DAC, *Digital-to-Audio Conversion*) sont souvent présentés sommairement par les articles traitant de nouveaux produits audio. Dans la partie précédente, vous avez étudié quelques termes et concepts de l'univers sonore ; les prochaines sections continuent à préciser les choses.

La nature du son

Pour comprendre le fonctionnement d'une carte son, il faut savoir quelle est la nature du son lui-même. Le son est le produit de vibrations qui compriment de l'air ou d'autres substances. Les ondes sonores ainsi créées se répandent dans tous les sens à partir de la source du son. Lorsque ces ondes atteignent l'oreille humaine, elles provoquent des vibrations que l'oreille perçoit sous forme de sons.

Les deux principaux paramètres utilisés pour mesurer les sons sont la hauteur et l'amplitude.

La *hauteur* correspond tout simplement à la fréquence à laquelle les vibrations sont générées. Elle s'exprime en hertz (Hz) ou en cycles par seconde. Chaque cycle correspond à un aller-retour de vibration. La valeur en hertz est la fréquence du son ; plus la fréquence est élevée, plus la hauteur l'est aussi.

L'oreille humaine ne peut pas percevoir toutes les fréquences possibles, et rares sont les personnes qui entendent en dessous de 16 Hz et au-dessus de 20 kHz (1 kHz = 1000 Hz). La fréquence de la note la plus basse d'un piano est de 27 Hz ; celle de la note la plus haute est légèrement supérieure à 4 kHz. Les stations de radio émettant en modulation de fréquence (FM) ont une fréquence pouvant atteindre 15 kHz.

Les taux de compression impressionnants qu'offre le format MP3 sont en partie dus au rejet des fréquences sonores supérieures et inférieures à ce que l'oreille humaine peut percevoir.

L'amplitude d'un son correspond à son intensité. Elle détermine le volume du son et dépend de la force des vibrations qui produisent le son. Une corde de piano, par exemple, vibre doucement lorsqu'une touche est frappée légèrement. Elle marque un balancement d'avant en arrière en forme

d'arc étroit et la tonalité qu'elle émet est douce. Si la touche est frappée lourdement, en revanche, le balancement de la corde formera un arc plus grand, produisant une intensité et un volume plus importants. L'intensité d'un bruit se mesure en décibels (dB). L'amplitude sonore du bruissement des feuilles des arbres est estimée à 20 dB ; celle d'une rue moyenne, à 70 dB ; celle d'un coup de tonnerre proche, à 120 dB.

Évaluer la qualité de votre carte son

La qualité d'une carte son se mesure à l'aide de trois critères : la réponse en fréquence (ou plage de fréquences), la distorsion harmonique totale et le rapport signal-bruit.

La *réponse en fréquence* correspond à la plage de fréquences à l'intérieur de laquelle un appareil audio peut enregistrer ou lire à un niveau d'amplitude constant et audible. Nombre de cartes son ont une réponse en fréquence de 30 Hz à 20 kHz. Plus la plage est étendue, meilleure est la carte son.

La *distorsion harmonique totale* permet de mesurer la linéarité d'une carte son, ou encore la droiture de sa courbe de réponse en fréquence. Pour l'utilisateur profane, la distorsion harmonique permet de mesurer la précision d'une restitution sonore. Tout élément non linéaire provoque une distorsion dans la forme des harmoniques. Plus le pourcentage de distorsion est faible, meilleure est la carte son. Ce facteur de distorsion harmonique est susceptible de faire la différence entre les cartes qui utilisent les mêmes chipsets audio. Les cartes qui disposent de composants moins chers peuvent produire des distorsions plus grandes, avec comme conséquence une qualité de son bien moins bonne.

Le *rapport signal-bruit* mesure la puissance du signal sonore par rapport au bruit de fond (souffle). Plus la valeur de ce rapport est élevée (il se mesure en décibels), meilleure est la qualité sonore. À titre d'exemple, la carte son haut de gamme Sound Blaster X-Fi Elite Pro présente un rapport signal-bruit de 136 dB, à comparer avec la carte Sound Blaster Audigy 2 (106 dB) ou la carte plus ancienne Sound Blaster Audigy (100 dB).

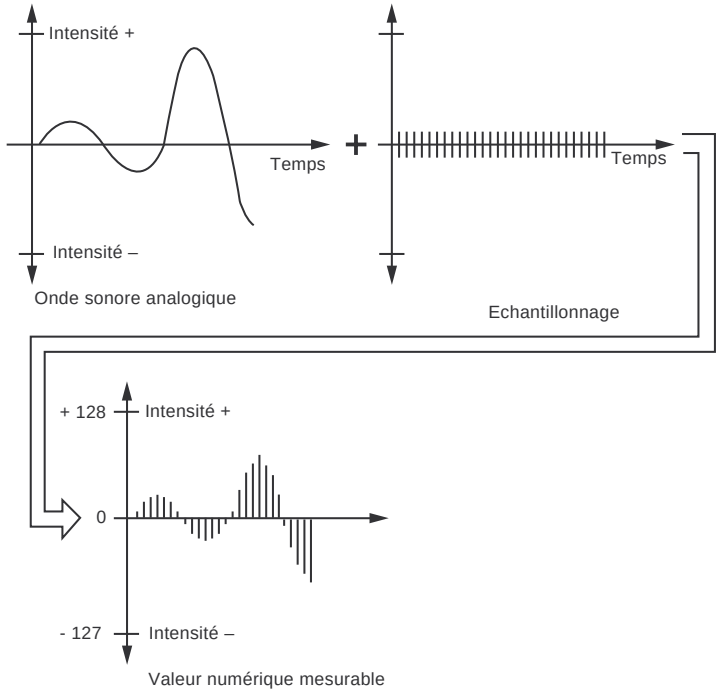
Ces facteurs affectent tous les types d'utilisations des cartes son, depuis la lecture de fichiers WAV à la reconnaissance vocale. Sachez que les microphones et les haut-parleurs bas de gamme peuvent dégrader les performances d'une carte son de bonne qualité.

Échantillonnage

S'il est équipé d'une carte son, un PC peut enregistrer des signaux audio de type forme d'onde. Le son forme d'onde (également appelé *son échantillonné* ou *son numérisé*) utilise le PC comme un système d'enregistrement tel qu'un magnétophone à cassettes. Les ondes sonores analogiques sont converties en bits numériques compréhensibles pour l'ordinateur par une petite puce intégrée à la carte son. C'est ce que l'on appelle l'ADC (*Analog-to-Digital Converter*, ou convertisseur analogique-numérique). À l'inverse, les convertisseurs numérique-analogique convertissent les sons enregistrés en sons analogiques audibles.

L'*échantillonnage* est l'opération qui consiste à convertir les ondes sonores originales analogiques (voir Figure 12.5) en signaux numériques (binaires) pouvant être enregistrés et relus par la suite par l'ordinateur. En quelque sorte, celui-ci prend des instantanés de la fréquence et de l'amplitude des signaux analogiques à intervalles réguliers. Ainsi, à un instant X, le son pourra être mesuré avec une amplitude Y. Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée, plus le son numérique est proche du signal original, et plus il faut d'espace disque pour le stocker.

Figure 12.5
L'échantillonnage convertit une onde sonore changeante en valeurs numériques mesurables.



À l'origine, les cartes son employaient l'échantillonnage numérique 8 bits qui n'offrait que 256 valeurs (2^8) pour convertir un son. La qualité des sons numérisés s'est ensuite améliorée, puisque les cartes sont devenues capables d'échantillonner en 16 bits (2^{16}), ce qui correspondait à 65 536 valeurs distinctes. Les cartes son haut de gamme actuelles offrent un échantillonnage en 24 bits (2^{24}), ce qui correspond à plus de 14,8 millions de valeurs numériques possibles pour représenter un son donné.

Vous pouvez tester les effets produits par les différentes fréquences d'échantillonnage en enregistrant des sons avec le magnétophone de Windows ou une application semblable enregistrant avec la qualité CD. Enregistrez le son et repassez-le ensuite avec les paramètres haute qualité. Ensuite, convertissez le fichier avec des paramètres de moins bonne qualité de son. Enregistrez le fichier de nouveau sur le disque dur avec un nom différent. Rejouez les différentes versions et choisissez la moins bonne qualité de son (et le fichier le plus petit) que vous pouvez vous permettre d'utiliser sans une dégradation importante dans la qualité du son.

Who's who audio

Étant donné que presque tous les ordinateurs disposent d'une carte son, nombreux sont les constructeurs à proposer des cartes son, des puces audio, des circuits audio intégrés à la carte mère, voire même des amplificateurs à lampes. Cette section est consacrée à certaines de ces sociétés et à leurs produits.

Comme vous l'avez vu dans d'autres chapitres, il est très important de rassembler toute la documentation technique de votre ordinateur et ses composants possibles. Si vous connaissez le constructeur de la puce audio, vous savez de quoi est capable votre matériel et pouvez plus aisément trouver des mises à jour et des pilotes logiciels afin de tirer le meilleur parti de votre matériel audio.

Les constructeurs de puce qui fabriquent leurs propres cartes son

Tout comme pour les cartes graphiques, les constructeurs de chipsets, de cartes et de périphériques audio se divisent en deux catégories :

- les constructeurs qui produisent leurs propres puces ;
- les constructeurs qui utilisent les puces d'autres constructeurs.

Creative (anciennement Creative Labs) est un des pionniers dans ce domaine et a longtemps occupé un rôle de leader dans le développement de puces audio. Creative développe avant tout des puces destinées à ses propres produits vendus sous l'appellation Sound Blaster, mais vend également certains de ses anciens produits Sound Blaster 16 sur le marché OEM.

Les principales puces audio de Creative sont les suivantes :

- **Vibra-16.** Utilisée dans les dernières cartes Sound Blaster 16, elle ne prend pas en charge les tables d'ondes ni les effets 3D.
- **Les séries Ensoniq ES137x (ES1370/71/73).** Utilisées dans les séries de cartes Sound Blaster PCI 64 et PCI 128 ainsi que dans les séries Ensoniq Audio PCI et Vibra PCI. Elles prennent en charge les tables d'ondes et Microsoft Direct 3D, acceptent jusqu'à quatre haut-parleurs sur certains modèles, mais ne prennent pas en charge les accélérations 3D ou les effets d'environnement sonore EAX.
- **EMU-8000.** Cette puce audio utilisée sur la série de cartes AWE32/64 dispose d'une table d'ondes de 32 voix mais pas de l'accélération 3D. La carte AWE 64 utilisait une solution logicielle pour générer 32 voix supplémentaires afin de parvenir à un total de 64 voix.
- **EMU10K1.** Cette puce audio était le cœur des séries de cartes son Live! et Live! 5.1 ainsi que de la carte PCI 512. Elle proposait comme fonctionnalité l'accélération 3D, les effets d'environnement sonore EAX pour un flux audio, un DSP reprogrammable et la prise en charge des tables d'ondes.

- **EMU10K2** (connue également sous le nom Audigy). La puce audio des séries Sound Blaster Audigy. Elle prend en charge l'accélération 3D, les effets d'environnement sonore EAX HD pour quatre flux audio, un DSP reprogrammable et la prise en charge des tables d'ondes. Cette puce prend en charge un niveau d'échantillonnage professionnel de 24 bits à 96 kHz et permet d'échantillonner en temps réel à 24 bits et 48 kHz.
- **CA0102** (connue également sous le nom Audigy 2). La puce audio des séries Audigy 2. Il s'agit d'un développement de la puce EMU10K2, à laquelle elle ajoute une sortie en 24 bits à 96 kHz, le décodage Dolby Digital EX 6.1, le son 6.1 dans les jeux vidéo DirectX et 64 voix polyphoniques de façon matérielle.
- **CA0185.** Utilisée sur la carte Sound Blaster MP3+. Elle prend en charge l'audio 2.1 pour les haut-parleurs analogiques et numériques, la lecture et l'enregistrement 16 bits à 48 kHz et l'accélération 3D.
- **CA0186.** Puce audio utilisée sur la carte Audigy 2 NX. Elle prend en charge le décodage Dolby Digital EX 7.1, le son 7.1 dans les jeux vidéo DirectX, la sortie stéréo 24 bits à 96 kHz et l'accélération 3D.
- **CA0102-ICT** (connue également sous le nom Audigy 2 ZS). Cette puce audio était utilisée sur la série de cartes Audigy 2 ZS. Il s'agit d'un développement de la puce CA0102, à laquelle elle ajoute la prise en charge du décodage Dolby Digital EX 7.1, le décodage Dolby ETS, le son 7.1 dans les jeux vidéo DirectX et une sortie stéréo en 24 bits à 192 kHz.
- **Extreme Fidelity (X-Fi).** La puce utilisée dans la ligne des cartes X-Fi de Creative. Ce processeur audio contient plus de 51 millions de transistors capables de gérer plus de 10000 millions d'instructions par seconde (MIPS). Elle est plus de 24 fois plus puissante que la carte précédente, la carte Sound Blaster Audigy 2 ZS.

D'autres entreprises ont également produit leurs propres cartes son dans le passé mais ne le font plus actuellement. Les principaux constructeurs de cette catégorie sont les suivants :

- **Aureal.** Sa technologie A3D était considérée par beaucoup comme supérieure à la technologie EAX 3D de Creative, mais la société a été rachetée en 2000 par Creative. Comme la technologie EAX HD de Creative est supérieure à A3D, celle-ci ne sera plus développée.
- **Yamaha.** Ses puces OPL2 et OPL3 furent parmi les meilleures puces de synthèse FM utilisées sur les anciennes cartes son, tandis que les derniers modèles de cartes Yamaha proposaient des performances MIDI exceptionnelles. Cependant, la société consacre dorénavant ses efforts aux cartes filles MIDI et aux cartes d'enregistrement professionnel comme la SW1000XG. Ces puces peuvent cependant encore se trouver sur des cartes OEM.
- **Philips.** Ses puces ThunderBird Q3D (SAA7780) et ThunderBird Avenger (SAA7785), développées en collaboration avec QSound Labs, fournissaient une prise en charge de très bonne qualité à la série maintenant abandonnée de cartes son PCI Philips. Certaines cartes son tierces utilisaient également la puce SAA7780, mais la puce SAA7785 n'était utilisée que par Philips (voir Tableau 12.2 pour plus de détails).

Tableau 12.2 : Les puces audio Philips ThunderBird

Puces audio	Cartes son	Fonctionnalités audio 3D	Prise en charge des haut-parleurs	Autres fonctionnalités
ThunderBird Q3D (SAA7780)	Philips PSC702, PSC704, Aztech PCI-368DSP; Magic MagicQuad 8, Labway Thunder	64 flux matériels 3D, EAX et QSound	4.1	DOS Sound, table d'ondes 3D Blaster, émulation MIDI
ThunderBird Avenger (SAA7785)	Philips PSC604, PSC605, PSC703,PSC705, PSC706	96 flux matériels 3D, EAX et QSound	Dolby Digital 5.1	DOS Sound, table d'ondes 3D Blaster, émulation MIDI

Devez-vous paniquer si votre carte son favorite est une "orpheline"? Pas nécessairement. Si le constructeur de la carte son fournit un bon support technique et des pilotes mis à jour, vous n'aurez pas de problèmes pour le moment. Cependant, selon les modifications apportées à la manière dont le son 2-3D est pris en charge par DirectX 10 sous Microsoft Windows Vista, il est possible que vous deviez remplacer votre carte son pour tirer pleinement avantage des fonctionnalités audio de Vista.

Les principaux constructeurs de puce

Hormis Creative, la plupart des entreprises dépendent de sociétés tierces pour la fabrication de leurs puces audio. On peut citer parmi les principaux constructeurs Cirrus Logic/Crystal Semiconductor, ESS Technology, C-Media Electronics, ForteMedia, Inc. et VIA Technologies.

Puces audio et cartes son orphelines et abandonnées

Si votre carte son utilise une des séries de puces audio Oak Technologies OTI-601 et Trident 4DWave-NX, vous devrez la remplacer si vous ne parvenez pas à trouver de pilotes pour les systèmes d'exploitation récents et à venir.

Les circuits audio intégrés aux cartes mères

Le chipset Intel 810 fut le premier circuit intégré à une carte mère destiné à un processeur grand public, puisque cette carte mère était destinée à accueillir les processeurs Celeron dérivés des Pentium III. Cette idée prend peut-être son origine dans la série de processeurs Media GX de Cyrix/National Semiconductor, qui intégrait trois puces remplaçant la carte VGA, la carte son, la mémoire et les tâches d'entrée/sortie.

Grâce aux améliorations apportées à la conception des chipsets et aux performances grandissantes des processeurs, les circuits intégrés actuels proposent des performances tout à fait correctes. Presque toutes les cartes mères récentes d'Intel, VIA et SiS comprennent des circuits intégrés (pour plus de détails, reportez-vous au Chapitre 3). Les systèmes actuels prennent en charge au moins une des normes audio suivantes : AC'97 ou Azalia (contrôleur son haute définition d'Intel).

Jeu de composants audio intégrés AC'97

Beaucoup d'ordinateurs récents disposent d'un système audio intégré AC'97. Bien que ce dernier puisse remplacer une carte audio séparée, il peut ne pas être totalement satisfaisant. C'est pourquoi vous devez comprendre sa nature et son fonctionnement.

AC'97 ou AC97 est un standard audionumérique d'Intel qui relie une architecture de compression/décompression (codec) au chipset SouthBridge de la carte de mère, à un hub de communications E/S baptisé contrôle AC-Link ou à un contrôleur audio comme sur les séries Envy24 de VIA. Le contrôle AC-Link fonctionne avec le processeur central et un DSP AC'97 pour créer le son.

Le codec audio AC'97 peut être une puce implantée sur la carte mère (la forme la plus courante sur les ordinateurs récents), une puce située sur une carte fille appelée CNR (*Communications and Networking Riser*) ou un logiciel. Donc, une carte mère qui prend en charge le son intégré AC'97 ne nécessite pas d'utiliser une carte son. Parfois, le codec AC'97 désigne également les puces audio d'une carte son mais, ici, nous utilisons ce terme pour le circuit audio intégré uniquement. Il arrive également que les cartes mères intègrent un modem analogique par le biais d'une puce MC'97, voire une puce AMC'97 (audio/modem) qui combine les deux fonctions.

Infos

Certaines cartes son d'entrée de gamme et certains produits audio USB utilisent les puces du codec AC'97 et d'autres composants plutôt que l'architecture traditionnelle reposant sur une seule puce audio.

Il est important de comprendre que, même si la plupart des cartes mères récentes prennent en charge l'AC'97, cela ne signifie pas que toutes utilisent le même codec AC'97, voire la même méthode pour générer du son. Dans la plupart des cas, l'AC'97 est implémenté *via* une puce de compression/décompression AC'97 installée sur la surface de la carte mère (voir Figure 12.6). Elle peut être intégrée au circuit de la carte, comme l'illustre la Figure 12.6, mais de nombreux constructeurs utilisent plutôt un petit socket.

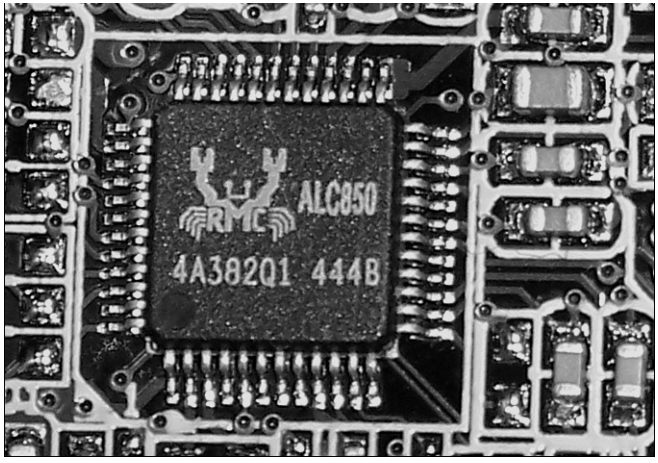


Figure 12.6
Le chipset ALC850 de Realtek est un exemple de puce répondant à la norme AC'97 2.3, qui prend en charge le son surround.

Quelques cartes mères utilisent une carte riser AMR ou CNR pour implémenter la gestion audio AC'97 sur les ports audio.

En raison du prix et des fonctionnalités des codecs audio, les différents constructeurs utilisent des codecs AC'97 différents sur des cartes mères disposant du même chipset.

Les principaux constructeurs de jeu de composants AC'97 sont : Analog Devices (SoundMAX), C-Media, Cirrus Logic (Crystal Audio), National Semiconductor, Realtek (et donc Avance Logic que Realtek a racheté), SigmaTel (STAC C-Major), VIA Technologies et Wolfson Microelectronics plc.

Infos

Les pilotes d'un jeu de composants audio codec AC'97 sont fournis par le constructeur de la carte mère, car ils doivent être personnalisés en fonction du codec et de la puce SouthBridge/ICH que la carte utilise.

Bien que les spécifications AC'97 recommandent un brochage standard, des différences existent entre les différents jeux de composants audio AC'97. Certains constructeurs fournissent des informations techniques pour aider les constructeurs de cartes mères à concevoir des connecteurs utilisables par les différents modèles de puces AC'97. Dans certains cas, toutefois, les codecs AC'97 peuvent également être intégrés sur la surface de la carte mère, comme l'illustre la Figure 12.6.

Le jeu de composants audio AC'97 existe dans les quatre versions suivantes :

- **AC'97 1.0.** Taux d'échantillonnage fixe de 48 kHz et sortie stéréo.
- **AC'97 2.1.** Options permettant un échantillonnage variable et sortie multicanale.
- **AC'97 2.2.** Dispose des fonctionnalités de la version AC'97 2.1 auxquelles s'ajoutent en options l'audionumérique S/PDIF et une prise en charge améliorée des cartes riser. Sortie depuis septembre 2000.
- **AC'97 2.3.** Dispose des fonctionnalités de la version AC'97 2.1/2.2 auxquelles s'ajoute la prise en charge de la détection Plug and Play des périphériques audio. Sortie en juillet 2002.

Infos

Les solutions audio qui utilisent les codecs AC'97 répondant à la norme 2.3 peuvent détecter si vous avez connecté un haut-parleur à la prise micro ou un microphone à la prise haut-parleur et vous avertir de ce problème. Cela élimine ainsi une des causes les plus fréquentes de panne audio.

Les cartes mères récentes disposant d'un circuit audio intégré prennent en charge les codecs AC'97 2.2 ou 2.3. Pour en savoir plus sur les spécifications AC'97, vous pouvez visiter le site Intel – Technology & Research Audio Codec à l'adresse suivante : **http://www.intel.com/technology/computing/audio**.

Pour savoir si l'implémentation du codec AC'97 est satisfaisante sur une carte mère en particulier, procédez de la façon suivante :

1. Lisez le manuel de la carte mère ou regardez quel pilote la carte mère utilise pour l'audio afin de savoir quel jeu de composants audio elle utilise.

2. Recherchez les fonctionnalités et spécifications de la puce. Si vous ne connaissez pas le constructeur du jeu de composants audio, effectuez une recherche sur le numéro de série dans un moteur de recherche comme Google.
3. Utilisez un moteur de recherche pour trouver des articles sur les qualités et les performances sonores du jeu de composants audio (généralement dans des articles consacrés à la carte mère).
4. Regardez les fonctionnalités de la carte mère afin de savoir si elle utilise entièrement les capacités du jeu de composants audio. Les puces qui prennent en charge les spécifications AC'97 2.1 offrent jusqu'à six canaux audio analogiques; celles qui prennent en charge les spécifications AC'97 2.2 peuvent en plus proposer l'audionumérique S/PDIF. Cependant, les constructeurs de cartes mères ne fournissent pas toujours les sorties adéquates.
5. Analysez la manière dont vous utilisez le son. Si vous êtes avant tout un joueur, vous risquez de ne pas vous satisfaire d'une solution audio intégrée, quelles que soient ses fonctionnalités. Vous pouvez donc désactiver le circuit audio intégré dans le BIOS si vous préférez utiliser votre propre carte son.

Contrôleur son haute définition Intel "Azalia"

En 2004, Intel a dévoilé son contrôleur son haute définition (HD) pour la restitution du son en haute définition. Cette nouvelle norme est capable d'effectuer la lecture de plus de canaux que les formats audio intégrés AC'97, et ce avec une meilleure qualité. Le matériel basé sur les spécifications Intel HD Audio est capable de restituer le son avec une qualité de 192 kHz à 32 bits sur huit canaux et prend en charge la norme surround 7.1. Ce contrôleur son HD était baptisé Azalia durant son développement, si bien que certains fournisseurs font toujours référence à ce nom.

Bien que le contrôleur son HD ait été développé par Intel et soit incorporé dans les modèles de cartes mères d'Intel, il est également pris en charge par les constructeurs de codecs audio tiers. La plupart des ordinateurs récents équipés de circuits audio intégrés prennent aussi bien en charge le contrôleur son HD que la norme audio AC'97.

Le contrôleur son HD est à la base de la conception audio UAA (*Unified Audio Architecture*) utilisée sous Windows Vista.

Le contrôleur son HD peut non seulement détecter quels périphériques sont branchés aux prises jack, mais également réaffecter les jacks audio en fonction du type de périphérique branché. Il est possible d'éliminer une des causes les plus fréquentes de panne audio.

Amplification à lampes sur l'ordinateur

Le fabricant de carte mère taïwanais AOpen, qui dépend du groupe ACER, a commercialisé en juin 2002 une solution très intéressante. En effet, cette entreprise a conçu la première carte mère compatible PC offrant un amplificateur à lampes, la carte AOpen AX4B-533 Tube, qui était optimisée pour la musique classique. Vinrent ensuite d'autres produits comprenant des lampes, comme les cartes AX4GE Tube et AX4PE Tube, destinées aux processeurs Pentium 4, et la carte AK79G Tube pour les processeurs Athlon XP. Ces différentes cartes mères sont optimisées pour le rock et la musique pop,

grâce à l'utilisation d'un amplificateur et d'une lampe légèrement différente. L'utilisation d'une lampe offre aux utilisateurs la même restitution sonore de qualité, que les mélomanes apprécient.

Bien qu'AOpen ne produise plus actuellement ce type de cartes mères, l'idée d'utiliser des lampes dans les ordinateurs a fait des émules. La carte mère MSI K8N Diamond Plus destinée aux processeurs Athlon 64/FX/X2 sur le Socket 939 comprend un amplificateur à lampes qui utilise une baie d'extension de 5,25 pouces. Le même composant est disponible sous le nom Cooler Master Musketeer III (ou Musketeer 3).

Infos

Pour en savoir plus sur les cartes mères à lampes d'AOpen, allez à l'adresse suivante : **http://usa.aopen.com**, *puis cliquez sur le lien Innovation. Pour plus d'informations sur la carte mère MSI K8N Diamond Plus, visitez le site* **http://www.msicomputer.com**. *Pour plus d'informations sur la façade Cooler Master Musketeer III, allez à l'adresse :* **http://www.coolermaster.com**.

Le son 3D

Pour évaluer une carte son, les joueurs les plus assidus cherchent avant tout à savoir comment celles-ci effectuent les tâches audio 3D. Plusieurs facteurs ont rendu cette question délicate :

- des standards différents pour les effets d'environnement sonore ;
- le choix du traitement du son 3D (solution matérielle ou logicielle) ;
- la prise en charge de DirectX ;
- la prise en charge de DirectX 10 et de Windows Vista.

Les effets d'environnement sonore

Toutes les cartes son 3D doivent résoudre le problème des effets d'environnement sonore, autrement dit les fonctionnalités de réglage de la réverbération, de la balance ainsi que de l'"emplacement" du son dans l'espace afin de créer l'illusion que le son provient de devant, de côté ou même de derrière l'utilisateur. Un des éléments les plus importants des effets d'environnement sonore est le traitement du signal de type HRTF (*Head Related Transfer Function*), qui désigne la façon dont la morphologie de l'oreille et la position de la tête de l'auditeur influent sur sa perception du son. Comme les facteurs HRTF signifient qu'un son "réaliste" selon la position de l'auditeur peut paraître artificiel si ce dernier se tourne d'un côté ou de l'autre, l'ajout de plusieurs haut-parleurs autour de l'auditeur couplés à des algorithmes audio complexes qui ajoutent et contrôlent la réverbération permettent de rendre le son des jeux vidéo de plus en plus réalistes.

Les extensions audio EAX (*Environmental Audio Extensions*) de Creative sont devenues la norme *de facto* pour le son 3D depuis la disparition de la technologie A3D d'Aureal en 2000. Il existe cinq versions d'EAX :

- EAX 1.0 ;
- EAX 2.0 ;
- EAX Advanced HD (également connu sous le nom EAX 3.0) ;

- EAX 4.0 Advanced HD ;
- EAX 5.0 Advanced HD.

L'EAX 1.0 intégrait 26 effets présélectionnés conçus pour simuler les effets audio en fonction de la position dans le jeu (à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment) ainsi que la capacité à ajuster le volume, la réverbération, le temps de déclin et l'amorti. L'EAX 2.0 ajoutait le support de l'occlusion (la perception des sons produits dans une autre pièce) et de l'obstruction (la perception des sons lorsqu'un objet bloque les ondes sonores et qu'il ne peut être entendu que par réflexion).

Les versions 1.0 et 2.0 d'EAX sont prises en charge par les cartes son des séries Sound Blaster et Audigy de Creative, mais également par la plupart des cartes son tierces et par les circuits audio intégrés car Creative a ouvert ces normes aux autres sociétés.

L'EAX Advanced HD, apparu avec la carte Sound Blaster Audigy, ajoute la prise en charge de plusieurs environnements simultanément ; chaque son (jusqu'à quatre) peut avoir son propre environnement sonore. S'ajoutent également le support du morphing entre les environnements, le contrôle des réflexions et réverbérations. Ces trois méthodes permettent de modifier l'environnement sonore en fonction du déplacement du joueur. Ces filtres environnementaux règlent la façon dont le son est modifié d'un environnement à l'autre. La version d'EAX Advanced HD de la carte Audigy 2 apporte la possibilité de convertir le son 3D DirectX (Direct3D) en son 6.1 sur les ordinateurs dotés de haut-parleurs 6.1. EAX Advanced HD prend en charge jusqu'à 32 canaux de voix 3D traités de façon matérielle.

L'EAX 4.0 Advanced HD, apparu avec la carte Sound Blaster Audigy 2 ZS et également utilisé par la carte Audigy 4, ajoute des effets sonores comme la modification de la fréquence et la tonalité, un contrôle automatique de la compression, une pédale wah-wah, le chorus, la distorsion, le flanger et la modulation en anneau (*ring modulator*). L'EAX 4.0 Advanced HD ajoute également un filtre passe-bande permettant de supprimer les artefacts audio des filtres HRTF, des algorithmes d'annulation de diaphonie communiquant entre eux qui prennent en charge le type de haut-parleurs depuis une configuration 2.0 à 7.1. Enfin, EAX 4.0 prend en charge jusqu'à 64 canaux de voix 3D traités de façon matérielle.

Sound Blaster a lancé l'EAX 5.0 Advanced HD pour exploiter pleinement le potentiel du processeur de la carte X-Fi Xtreme Fidelity Audio. Cette version permet de doubler le nombre de voix traitées, ce qui apporte plus de détails et de vitesse aux jeux et permet aux développeurs d'ajouter plus facilement de la musique interactive. L'EAX 5.0 Advanced HD ajoute une gestion des basses dédiée pour chacune des 128 voix, si bien que la qualité du son dans les jeux se rapproche de celle du cinéma. Une fonctionnalité appelée Environment FlexiFX permet aux développeurs d'utiliser librement quatre effets de leur choix en simultané avec une des 128 voix.

Infos

Les cartes Audigy 2 (et non la carte d'entrée de gamme Audigy LS) peuvent également utiliser l'EAX 4.0 Advanced HD grâce à une mise à jour des pilotes.

La principale alternative à l'EAX est la technologie 3DPA de Sensaura. La plupart des cartes son tierces prennent à la fois en charge le 3DPA et l'EAX 1.0/2.0. Les fonctionnalités complètes de 3DPA de Sensaura sont les suivantes :

- **Digital Ear.** Filtres HRTF.
- **Virtual Ear**. Personnalise la perception de la source en fonction de la morphologie de l'oreille et la position de l'auditeur.
- **MacroFX.** Améliore le réalisme des sources sonores proches, comme le bourdonnement des insectes.
- **ZoomFX.** Améliore le réalisme des sons en fonction de la taille des objets (le son d'un train comparé au son d'une moto par exemple).
- **EnvironmentFX.** Environnements prédéfinis dont les propriétés sont modifiables.
- **XTC et MultiDrive.** Annulation de diaphonie pour les systèmes de haut-parleurs jusqu'en 7.1.
- **Headphone Theater.** Simule le son 5.1 lors de l'utilisation d'un casque d'écoute audio.
- **GameCODA audio middleware.** Développée en utilisant les technologies Sensaura, cette fonctionnalité permet aux développeurs de jeux sur PC, PlayStation 2, Xbox et Nintendo Game Cube d'intégrer facilement du son de très bonne qualité dans leurs jeux.

Infos

Toutes les cartes audio qui utilisent la technologie 3DPA de Sensaura ne prennent pas en charge l'ensemble de ces fonctionnalités. Certaines peuvent nécessiter une mise à jour logicielle. Contactez le fournisseur de votre carte audio ou de votre carte mère pour plus de détails.

Le traitement du son 3D

La façon dont la carte son produit le son est une autre question importante pour les joueurs. Comme pour les graphismes 3D, deux méthodes principales existent :

- Le traitement de la 3D par le processeur principal de l'ordinateur (ce qui peut ralentir toutes les opérations effectuées par l'ordinateur). Il s'agit de la seule technique prise en charge par Windows Vista. Cette méthode est également prise en charge par Windows XP et les plus anciennes versions de Windows.
- Le traitement sur la carte audio (désigné par le terme accélération 3D). La méthode prise en charge par Windows XP et les versions précédentes de Windows.

Pour produire le son en 3D, certaines cartes son 3D effectuent une partie ou la totalité du traitement nécessaire et utilisent le processeur central, tandis que d'autres utilisent un puissant DSP qui effectue le traitement sur la carte son elle-même. La première méthode peut entraîner une chute de la cadence (le nombre d'images par seconde de l'animation affichées à l'écran par un jeu 3D) lorsque la carte son se trouve sur un ordinateur dont le processeur a une puissance inférieure à 1 GHz. En revanche, l'utilisation de cartes qui disposent de leurs propres processeurs 3D n'entraîne que peu de

modifications de la cadence, que le son 3D soit activé ou non. La plupart des puces récentes des cartes son et des circuits audio intégrés récents prennent en charge l'accélération 3D, mais le nombre de flux 3D qu'elles supportent varient énormément d'une puce à l'autre ; et ce nombre peut parfois être limité par des problèmes au niveau des pilotes matériels. Windows Vista ne prend en charge que l'utilisation du processeur principal.

Pour que le jeu soit réaliste, une règle empirique veut que la cadence générale d'un jeu soit d'au moins 30 images par seconde. Avec les processeurs dont la fréquence est égale ou supérieure à 1 GHz, cette règle est facile à respecter avec n'importe quelle carte audio 3D récente ou circuit audio intégré. Toutefois, avec des processeurs plus anciens qui fonctionnent à une fréquence inférieure à 1 GHz, l'utilisation de cartes utilisant le processeur principal pour certains traitements 3D entraîne une baisse de la cadence au-dessous de la moyenne de 30 images par seconde, si bien qu'il devient difficile de jouer. Pour connaître l'effet de l'activation du son 3D sur la cadence, de nombreux jeux disposent de fonctionnalités de suivi. Vous pouvez également chercher en ligne des renseignements sur les ressources matérielles nécessaires demandées par les jeux sur des sites comme **www.anandtech.com**. La cadence est étroitement liée à l'utilisation du processeur principal de l'ordinateur ; plus la carte son ou le circuit audio intégré sollicite celui-ci et plus la cadence diminuera. Comme pour les graphismes 3D, les principaux utilisateurs de son 3D sont les développeurs de jeux, mais l'utilisation du son ultraréaliste devrait rapidement s'étendre à d'autres domaines.

La prise en charge de DirectX

DirectX 9.0c, utilisé par Windows XP, est conçu pour améliorer les performances de toutes les cartes son qui prennent en charge le son 3D par rapport à DirectX 8.x et versions antérieures. Les précédentes versions de DirectX prenaient en charge le son 3D avec DirectSound3D, mais les performances de DirectSound3D étaient limitées. Les programmeurs de jeux devaient tester la carte son pour voir si elle prenait en charge l'accélération DirectSound3D, puis activaient ou désactivaient le son 3D en fonction du matériel détecté. Depuis DirectX 5.0, DirectSound3D utilise des fonctionnalités d'accélération 3D tierces. Par rapport à DirectX 8.x, DirectX 9.0c améliore la qualité et les performances du son 3D. Vous pouvez le télécharger depuis le site web de Microsoft DirectX à l'adresse suivante : **www.microsoft.com/windows/directx**.

La prise en charge de l'audio sous Windows Vista

Windows Vista intègre une nouvelle version de DirectX, DirectX 10, ce qui a créé de nombreux problèmes pour les joueurs utilisant des cartes dotées de processeurs audio reposant sur l'utilisation du matériel, comme la série de cartes Creative Audigy. Dans DirectX 10, DirectSound (le composant audio de DirectX) ne reçoit plus l'accélération matérielle parce que la couche d'abstraction matérielle (HAL) a été supprimée. En conséquence, les cartes audio dotées de processeurs audio ne sont plus capables de produire les effets d'environnement sonore (EAX) ni le son surround. Les cartes utilisant le processeur principal et les pilotes audio continuent, elles, de prendre en charge ces fonctionnalités comme dans les précédentes versions de DirectX.

La nouvelle UAA (*Universal Audio Architecture*) utilisée dans Windows Vista ne fonctionne plus en mode noyau, afin d'éviter le plantage de l'ordinateur si le pilote audio connaît un problème. Bien que cette caractéristique favorise une plus grande stabilité du système (un des principaux objectifs de Windows Vista), elle empêche l'accélération audio. En conséquence, le son des jeux qui ne sont pas conçus pour utiliser l'UAA se réduit à un son stéréo créé de façon logicielle sans effets d'environnement sonore. Le son surround n'est pas disponible non plus.

Pour obtenir un son de haute qualité dans Windows Vista, quelles sont les solutions? De nombreux jeux récents, comme Battlefield 2142, Doom 3, Quake 4, Prey entre autres, prennent en charge une nouvelle norme audio connue sous le nom de OpenAL. La nouvelle carte son Creative X-Fi prend en charge cette norme de façon native. Pour en savoir plus sur OpenAL, et pour obtenir une liste des jeux compatibles OpenAL, visitez le site web OpenAL à l'adresse suivante : **http://www.openal.org**.

Pour les anciens jeux qui ne prennent pas en charge OpenAL, le projet ALchemy de Creative permet aux cartes son X-Fi fonctionnant sous Windows Vista de fournir l'accélération 3D et des effets d'environnement sonore pour beaucoup de jeux. Pour utiliser le programme ALchemy, installez d'abord les derniers pilotes de votre carte X-Fi, puis utilisez ce programme pour configurer le jeu. Pour de plus amples renseignements sur Creative ALchemy, visitez le site ALchemy à l'adresse suivante : **http://connect.creativelabs.com/alchemy/default.aspx**.

Si vous possédez une ancienne carte son Creative, une carte Sound Blaster Live! ou une carte Audigy, Audigy 2 ou Audigy 4, vous devez envisager d'utiliser le circuit audio intégré de votre ordinateur (la plupart des systèmes récents intègrent désormais le son surround 5.1 ou 7.1) au lieu de la carte son. Cette solution est la moins onéreuse et vous garantit la compatibilité avec Windows Vista et DirectX 10. Vous pouvez également remplacer votre carte par une carte Creative X-Fi qui prenne en charge ALchemy, mais cette application ne prend pas en charge tous les jeux.

Installation d'une carte son

Pour installer une carte son, vous devez d'abord ouvrir l'ordinateur. La plupart des cartes son actuelles sont des modèles PCI Plug and Play. Comparées à la génération précédente de cartes son ISA, elles sont plus économes en ressources matérielles, présentent des taux d'utilisation du processeur inférieurs et supportent mieux les API de jeu 3D avancées.

Si votre ordinateur possède un circuit audio intégré, vous devez dans la plupart des cas le désactiver. En effet, l'utilisation conjointe d'AC'97 et du contrôleur son Intel HD et d'une solution qui émule la carte Creative Sound Blaster peuvent générer des conflits de ressources. Pour en savoir plus, reportez-vous au Chapitre 4 consacré au BIOS.

Sélectionner un connecteur d'extension

Si vous avez le choix entre plusieurs connecteurs de bus, installez la carte son le plus loin possible des autres cartes d'extension. Vous réduirez ainsi les risques d'interférences électromagnétiques. En

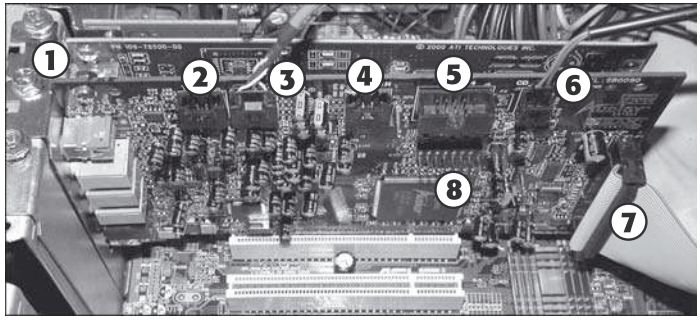
effet, certains signaux errants émis par une autre carte peuvent affecter la carte son. Les composants analogiques des cartes son sont très sensibles aux interférences, même s'ils sont blindés, et ils doivent être protégés autant que possible. Ensuite, ôtez la vis qui maintient le couvercle métallique du connecteur choisi. Retirez la carte son de son emballage de protection en la tenant par ses fixations et arêtes métalliques. Ne touchez aucun des composants de la carte. Si vous transmettez de l'électricité statique aux composants, vous risquez de les endommager. Ne touchez pas non plus aux connecteurs de l'arête dorée. Il peut être judicieux d'investir dans un bracelet antistatique qui, relié à la masse, évacue en permanence l'électricité statique que vous accumulez pendant que vous travaillez sur votre ordinateur.

Avant de décider définitivement du connecteur qui accueillera votre carte son, examinez attentivement les câbles externes à relier à la carte. Les haut-parleurs avant et arrière, le microphone, le contrôleur de jeu, l'entrée ligne, le connecteur S/PDIF ainsi que les autres câbles reliés à votre système sont susceptibles d'interférer avec les câbles existants déjà branchés. Il est généralement préférable de choisir un intervalle grâce auquel diriger les câbles audio sur d'autres trajectoires par rapport à celles des autres câbles. Si vous installez une carte Sound Blaster Live! ou Audigy employant un boîtier de distribution interne au format 5 pouces 1/4 (Live! Drive ou Audigy Drive), veillez à ce que la nappe de connexion permette de relier confortablement le connecteur de la carte. Vous pouvez avoir à déplacer un lecteur de CD-ROM, un graveur ou un lecteur de DVD pour installer le boîtier de distribution.

La Figure 12.7 montre une carte son installée dans un ordinateur. Les câbles analogiques à quatre fils et numériques à deux fils sur le lecteur de CD-ROM sont connectés à la carte, comme l'est la nappe au boîtier de distribution interne de la carte.

Figure 12.7

L'installation typique d'une carte son dans un PC avec les câbles analogiques et numériques connectés au lecteur optique.



1. Vis de montage
2. Connecteur audio analogique TAD (répondeur téléphonique)
3. Câble audio analogique CD
4. Connecteur audio analogique d'entrée auxiliaire
5. Connecteur E/S SB1394 (IEEE-1394a)
6. Connecteur audionumérique CD SPDIF
7. Câble E/S Audigy Drive
8. Broche du port jeu (joystick)

Si votre ordinateur est équipé d'un lecteur de CD ou de DVD interne possédant un câble audio, connectez ce câble au connecteur d'entrée audio, comme illustré à la Figure 12.7. Il s'agit d'un connec-

teur à quatre broches équipé d'un détrompeur, et vous ne pouvez donc pas le brancher à l'envers. Notez qu'il n'existe pas, à proprement parler, de standard de câble audio. Veillez par conséquent à vous procurer un câble adapté à votre carte son. Si vous devez en acheter un, vous trouverez des câbles disposant de plusieurs connecteurs destinés à différentes marques de lecteurs de CD-ROM. Ils permettent de lire des CD audio sur les haut-parleurs de la carte son et d'utiliser le son analogique pour créer des fichiers MP3 à partir de vos CD.

Infos

Si votre PC ne dispose pas de câble audio analogique ou numérique, mais que vous puissiez lire et copier les CD audio, vous n'avez pas besoin d'installer le câble. Toutefois, ces câbles peuvent être nécessaires sous Windows 9x ou d'autres systèmes d'exploitation et lecteurs de musique anciens.

De nombreux lecteurs de CD-ROM et de DVD sont équipés d'un connecteur audionumérique à deux fils. Connectez l'une des extrémités du câble audionumérique à l'arrière du lecteur et l'autre au connecteur CD SPDIF ou CD Digital Audio de la carte son. Ainsi, vous pouvez également créer des fichiers MP3 à partir de vos CD. Notez que les programmes d'enregistrement les plus récents peuvent également utiliser les signaux numériques reçus depuis le câble de données du lecteur.

Ensuite, insérez le connecteur latéral de la carte dans le connecteur. Mais auparavant, touchez un objet métallique tel que l'intérieur du couvercle de l'ordinateur pour vous décharger de votre électricité statique. Une fois la carte bien en place, revissez la vis de fixation de la carte (voir Figure 12.7) et remontez le boîtier de l'ordinateur.

Connecter des haut-parleurs et terminer l'installation

Une fois la carte son installée, vous pouvez connecter de petits haut-parleurs à la prise jack externe prévue à cet effet (il peut y en avoir plusieurs). Les cartes son délivrent en général une puissance de 4 W par canal pour alimenter des haut-parleurs à poser. Si les haut-parleurs que vous utilisez sont d'une puissance inférieure à 4 W, ne réglez pas le contrôle du volume de la carte son sur le maximum ; la surcharge risquerait de les faire griller. Vous obtiendrez de meilleurs résultats en connectant votre carte son à des haut-parleurs alimentés (c'est-à-dire des haut-parleurs à amplificateur intégré). Si votre carte son supporte les systèmes à quatre haut-parleurs, vérifiez la documentation pour voir quelles prises jack servent aux haut-parleurs avant et arrière. Si vous voulez employer les haut-parleurs arrière pour restituer du son 3D, réglez les propriétés du son à l'aide du logiciel de mixage fourni avec la carte son.

Astuces

Si vous disposez de haut-parleurs alimentés mais qu'ils ne contiennent pas de piles ou ne soient pas branchés sur le secteur, ne les allumez pas ! Les allumer sans alimentation vous empêcherait d'entendre quoi que ce soit. Utilisez plutôt le contrôle de volume intégré dans le logiciel de mixage. Les haut-parleurs alimentés donnent un meilleur son quand ils sont sous tension, mais la plupart des petits modèles peuvent fonctionner sans électricité s'il le faut.

Certaines alimentations électriques de PC prévoient de petites prises jack pour l'alimentation des haut-parleurs d'ordinateur.

Une fois la carte son installée, vous devriez voir apparaître une icône de haut-parleur à droite dans la barre des tâches Windows (à côté de l'horloge). Si elle n'apparaît pas, vous pouvez l'afficher en passant par le panneau de configuration, puis par l'icône Ajout/Suppression de programmes. Sous Windows 98/Me, ouvrez l'onglet Installation de Windows et cochez le composant Contrôle de volume. Sous Windows 2000, cliquez sur Démarrer > Panneau de configuration > Sons et multimédia. Dans l'onglet Sons, cochez la case Afficher le contrôle de volume sur la barre des tâches. Sous Windows XP, la procédure est la même, mais l'icône se nomme Sons et périphériques audio. Cliquez sur Ajuster le volume du système et cochez la case Placer l'icône de volume dans la barre des tâches. Avec Windows Vista, ouvrez la boîte de dialogue Propriétés de la barre des tâches du menu Démarrer, cliquez sur l'onglet Zone de notification, puis activez l'option Volume pour ajouter le contrôle du volume sur le Bureau.

Au besoin, insérez le CD-ROM d'installation de Windows pour terminer l'installation.

Si vous employez des sources audionumériques ou des sorties de types Dolby 5.1, CD numérique ou S/PDIF, ouvrez la feuille de propriétés de votre périphérique de mixage et activez l'affichage des contrôles de volume correspondants.

Servez-vous de la fenêtre Contrôle du volume de Windows pour vous assurer que les haut-parleurs reçoivent bien le signal sonore. Parfois, l'option Muet du contrôle de volume est activée par défaut. Vous pouvez, habituellement, ajuster le volume séparément pour les fichiers WAV, MIDI, pour le microphone et d'autres éléments.

Utiliser une chaîne stéréo à la place des haut-parleurs

Vous avez également la possibilité de relier votre carte son à une chaîne stéréo pour bénéficier d'un son fortement amplifié et profiter de la qualité du son Dolby Digital pour la lecture des DVD. Vérifiez les prises et les fiches jack à chaque extrémité des connexions. La plupart des chaînes stéréo utilisent des connecteurs RCA pour transmettre les signaux d'entrée. Certaines cartes son se servent de connecteurs RCA de taille standard, mais la plupart emploient des fiches jack de 3,5 mm, qui nécessitent un adaptateur jack-phono pour pouvoir être reliées à une chaîne stéréo. Si vous souhaitez relier votre carte son à des haut-parleurs Dolby 5.1, assurez-vous que votre câblage est prévu pour les connecteurs S/PDIF de la carte. Certaines cartes son emploient des connecteurs RCA, tandis que d'autres utilisent un câble optique pourvu d'une extrémité carrée.

Veillez à vous procurer des connecteurs stéréo et non mono, à moins que votre carte son ne fonctionne qu'en mono. Procurez-vous un câble de 1,80 m de long pour être sûr de disposer d'une longueur suffisante, afin de relier l'arrière de votre PC à votre chaîne stéréo.

Pour relier votre chaîne stéréo à la carte son, branchez simplement les fiches dans les bonnes prises. Si votre carte son vous permet de choisir parmi plusieurs types de sorties – haut-parleurs/casque et sortie ligne stéréo –, préférez cette dernière pour connecter les fiches. Vous bénéficierez de la meilleure qualité de son possible puisque les signaux de la prise de sortie ligne ne sont pas amplifiés. Il est, en effet, préférable de laisser la chaîne stéréo prendre en charge l'amplification. Dans certains

cas, vous brancherez une prise DIN spéciale sur votre carte son si celle-ci dispose de plusieurs connexions avec la chaîne stéréo.

Connectez cette sortie à l'entrée auxiliaire de votre tuner-amplificateur intégré, de votre préamplificateur ou de votre amplificateur intégré. Si votre chaîne n'a pas d'entrée auxiliaire, vous pouvez choisir, par ordre de préférence, l'entrée tuner, CD, Tape 1 ou Tape 2. (N'utilisez pas l'entrée phono, car le niveau du signal serait inégal.) Vous pouvez par exemple insérer la minifiche stéréo du câble dans la prise jack stéréo de sortie ligne de la carte son, puis insérer les deux fiches RCA dans les prises RCA de l'entrée Tape 2 de votre chaîne stéréo.

La première fois que vous utilisez votre carte son avec une chaîne stéréo, baissez complètement le volume de la chaîne pour empêcher les haut-parleurs de grésiller. Augmentez légèrement le volume et sélectionnez l'entrée appropriée sur votre chaîne – Tape 2, par exemple. Mettez ensuite votre PC sous tension. N'augmentez jamais le volume au-delà des trois quarts du maximum pour ne pas provoquer de distorsions.

Infos

Si vos haut-parleurs stéréo ne sont pas blindés, il se peut que vous perceviez des parasites si vous les avez placés près de l'ordinateur. Essayez de les installer un peu plus loin ou utilisez des haut-parleurs blindés.

Astuces pour activer le circuit Tape Monitor de la chaîne stéréo

Votre amplificateur est probablement équipé d'un dispositif appelé Tape Monitor. Celui-ci dirige le son en provenance du tuner, du lecteur de cassettes ou du lecteur CD vers le port Tape Out, situé à l'arrière, et attend le retour du son dans le port Tape In. Ces ports Tape Out et Tape In, associés aux ports d'entrée et de sortie ligne de la carte son, permettent de diffuser le son d'un ordinateur et celui de la radio sur un même jeu de haut-parleurs.

Voici comment procéder :

1. Désactivez le circuit Tape Monitor de votre amplificateur.
2. Réglez tous les contrôles du logiciel de mixage de votre carte son au minimum.
3. Reliez les ports Tape Out de l'amplificateur à la prise d'entrée ligne de la carte son.
4. Reliez le connecteur de sortie ligne de la carte son aux ports Tape In de l'amplificateur.
5. Mettez l'amplificateur sous tension, sélectionnez un morceau de musique et ajustez le volume sonore à un niveau moyen.
6. Activez le circuit Tape Monitor.
7. Réglez doucement les curseurs d'entrée ligne et de sortie principale du logiciel de mixage de la carte son, jusqu'à retrouver un niveau de son équivalent à celui qui a été obtenu auparavant.
8. Activez et désactivez le circuit Tape Monitor tout en ajustant le niveau de sortie de la carte son, de manière à obtenir un niveau sonore identique, que le circuit Tape Monitor soit activé ou non.

9. Lisez un fichier WAV.
10. Réglez progressivement le curseur de volume correspondant au fichier WAV du logiciel de mixage de la carte son jusqu'à obtenir un niveau sonore convenable (juste en dessous ou au-dessus de celui de l'amplificateur).

Après avoir suivi cette procédure de réglage, vous devez pouvoir recevoir sur vos enceintes stéréo aussi bien la radio que les sons produits par votre ordinateur.

Divers connecteurs peuvent être nécessaires si vous disposez de haut-parleurs numériques surround et d'une des dernières cartes son PCI du marché. Avant de vous lancer, étudiez votre carte son et vos haut-parleurs.

Dépannage d'une carte son

Pour fonctionner, une carte son a besoin de ressources matérielles, telles que des lignes d'IRQ, une adresse d'entrées/sorties de base et des canaux DMA, qui ne doivent pas provoquer de conflits avec les périphériques déjà installés. La plupart des cartes sont livrées configurées pour utiliser les ressources utilisées en standard par les cartes Sound Blaster. Néanmoins, des problèmes peuvent se produire, même en présence d'une carte Plug and Play. Pour y remédier, vous devrez modifier les paramètres employés par le BIOS pour les périphériques Plug and Play, déplacer la carte son et l'installer dans un autre slot, ou même reconfigurer les autres cartes de l'ordinateur. Autant dire que ce travail peut être fastidieux.

Conflits au niveau des ressources matérielles

Lorsqu'une carte son pose des problèmes (notamment quand il s'agit d'un modèle ISA), c'est généralement parce qu'elle entre en conflit avec un autre périphérique déjà installé sur l'ordinateur. Bien que cela soit de plus en plus rare, il se peut que la carte ne fonctionne absolument pas ou répète le même son indéfiniment, ou encore qu'elle provoque un "plantage" de l'ordinateur. C'est ce que l'on appelle un conflit matériel. Le problème se situe, dans ce cas, au niveau des périphériques, qui se disputent les mêmes fils de signaux du bus ou les mêmes canaux (appelés ressources) utilisés pour communiquer avec le PC. L'origine de ces conflits survenant lors de l'installation d'une carte son est généralement de trois ordres :

- **IRQ** (*Interrupt ReQuest*, requête d'interruption). Les IRQ servent à "interrompre" le PC dans son travail pour "attirer son attention". Les cartes PCI peuvent partager des IRQ, contrairement aux cartes ISA et aux ports traditionnellement associés au bus ISA (ports série, parallèle et PS/2).
- **Canaux DMA** (*Direct Memory Access*, accès mémoire direct). Les canaux DMA permettent de transférer directement les informations dans la mémoire du PC sans passer par le processeur. Grâce aux canaux DMA, il est possible de lire des fichiers son pendant que l'ordinateur travaille. Les cartes son PCI émulant le standard Sound Blaster nécessitent des paramètres DMA ; les cartes PCI fonctionnant en mode natif n'utilisent pas les canaux DMA.

- **Adresses de ports d'entrées/sorties (entrées/sorties).** Les adresses de ports d'entrées/sorties servent à canaliser les informations entre les périphériques reliés à la carte son et le PC. Les adresses indiquées dans le manuel de la carte son sont les adresses de départ ou de base. Les cartes son possèdent plusieurs composants devant chacun utiliser une série d'adresses commençant par une base donnée.

Les cartes son PCI et les circuits intégrés basés sur le port PCI peuvent partager des IRQ, n'utilisent pas les canaux DMA (hormis lors de l'émulation d'une carte Sound Blaster) et peuvent utiliser une grande variété d'adresses de ports d'entrées/sorties.

Par conséquent, les conflits dus au carte son PCI sont extrêmement rares aujourd'hui, en partie car les ordinateurs n'utilisent plus les bus ou les cartes ISA (les périphériques ISA ne peuvent pas partager les IRQ). Si vous disposez toujours d'une carte son ISA ou d'une carte PCI qui utilise les ports jeux, cela risque de provoquer des conflits. Les conflits de ressources peuvent également se produire dans un environnement virtualisé.

Autres problèmes de carte son et de circuits audio intégrés

Les problèmes de carte son se manifestent par des symptômes communs. Essayez de diagnostiquer le problème auquel vous êtes confronté.

Absence de son

Si votre carte son n'émet aucun son, suivez les conseils suivants :

- Vérifiez que la carte son est paramétrée de manière à utiliser toutes les ressources par défaut et que tous les périphériques employant ces ressources ont été soit reconfigurés, soit supprimés. Servez-vous du gestionnaire de périphériques à cet effet.
- Les haut-parleurs sont-ils connectés ? Veillez à ce qu'ils soient branchés sur la prise de sortie ligne stéréo ou sur la prise haut-parleur de la carte son (et pas sur la prise d'entrée ligne ou la prise jack du micro).
- Les haut-parleurs sont-ils alimentés ? Vérifiez que le cordon d'alimentation est bien relié au secteur.
- Les haut-parleurs sont-ils stéréo ? Vérifiez que le connecteur inséré dans la prise jack est bien stéréo et non mono.
- Les réglages de mixage sont-ils suffisamment élevés ? Bien des cartes son sont livrées avec un logiciel de mixage. Celui-ci contrôle les paramètres de volume de divers composants de la carte son, tels le micro et le lecteur de CD. Or, il peut proposer des curseurs différents pour le réglage de l'enregistrement et celui de la lecture. Augmentez le volume principal ou celui des haut-parleurs lorsque vous êtes en mode lecture.
- Si l'option Muet est cochée dans le logiciel de mixage, vous n'entendrez rien. Selon le type de haut-parleur et de source sonore, vous devrez peut-être basculer du mode analogique au mode

numérique pour certains types de sorties son. Assurez-vous que les bons curseurs de volume sont activés dans ce logiciel.

- Utilisez le logiciel d'installation ou de diagnostic de votre carte son pour tester son volume et l'ajuster. Ce type de logiciel offre généralement des sons échantillonnés que vous pouvez lire.
- Éteignez l'ordinateur pendant une minute et remettez-le sous tension. Cette réinitialisation du matériel peut suffire à résoudre le problème (contrairement à une simple pression sur le bouton Reset ou sur les touches Alt+Ctrl+Suppr).
- Si le jeu que vous utilisez sur votre ordinateur n'émet aucun son, assurez-vous qu'il est compatible avec votre carte son. Par exemple, certains jeux DOS et les premiers jeux Windows doivent être configurés sur l'IRQ 7 (ou l'IRQ 5), le canal DMA 1 et l'adresse d'entrées/sorties 220 pour être compatibles avec la carte Sound Blaster. Vous pouvez également avoir à charger des pilotes DOS, afin que certaines cartes récentes puissent fonctionner avec des jeux DOS.
- Si vous utilisez un circuit audio intégré à la carte mère disposant d'une tête de câble amovible (comme c'est le cas de nombreuses configurations SPDIF optique ou de haut-parleurs analogiques quatre à six canaux), assurez-vous que l'en-tête du câble est bien connecté à la carte mère.

Son d'un seul côté

Si vous n'entendez du son que sur un haut-parleur, vérifiez les points suivants :

- **La fiche insérée dans la prise jack est-elle mono ou stéréo ?** Les utilisateurs commettent souvent l'erreur d'insérer une fiche mono dans la prise jack haut-parleur ou dans la prise jack de sortie ligne de la carte son. Vue de côté, une fiche jack stéréo présente deux anneaux noirs. Une fiche mono n'en possède qu'un.
- **Si vous utilisez des haut-parleurs avec amplificateur, sont-ils alimentés électriquement ?** Vérifiez la puissance de la batterie ou la connexion au secteur. Si chacun des haut-parleurs est alimenté séparément, contrôlez que les deux sont bien alimentés.
- **Les haut-parleurs sont-ils câblés correctement ?** Si possible, pour éviter les erreurs, utilisez des connecteurs avec détrompeur et couleurs de codage.
- **Le pilote de la carte son est-il chargé ?** Certaines cartes son n'émettent du son que d'un côté lorsque leur pilote n'est pas chargé correctement. Exécutez une nouvelle fois le logiciel d'installation ou réinstallez-le sous le système d'exploitation.
- **Les deux haut-parleurs sont-ils réglés avec le même volume ?** Certains utilisent un contrôle de volume séparé sur chaque haut-parleur. Recourez à la balance de volume pour équilibrer les sons. Ce réglage différencié est intéressant quand les haut-parleurs ne sont pas à la même distance de l'utilisateur.
- **La prise jack du haut-parleur est-elle trop lâche ?** Si vous remarquez que, lorsque vous reliez le haut-parleur à la prise jack, vous n'avez aucun son, mais que lorsque vous la faites jouer dans son logement vous obtenez alors des bribes de son, vous êtes en présence d'un problème de con-

necteur. La solution n'est pas évidente, car vous serez peut-être obligé d'acheter une nouvelle carte son. À moins que vous ne soyez prêt à sortir votre kit du parfait soudeur et à perdre plus de temps qu'il n'en faut pour courir chez votre revendeur favori… Pour éviter d'endommager les connecteurs, enfichez-les bien droits dans leur logement.

Volume trop faible

Si le son est à peine perceptible, vérifiez les points suivants :

- **Les haut-parleurs sont-ils branchés sur la prise jack appropriée?** Les haut-parleurs doivent recevoir un signal plus élevé que les casques. Réglez le volume à l'aide du logiciel de mixage.
- **Les paramètres de mixage ne sont-ils pas trop bas?** Là encore, réglez le volume à l'aide du logiciel de mixage. Si ce logiciel permet de choisir entre les haut-parleurs et le casque, vérifiez que vous avez sélectionné la bonne configuration de haut-parleurs.
- **Le volume initial n'est-il pas trop bas?** Si la carte son possède un potentiomètre, vérifiez qu'il n'est pas réglé sur le minimum. Vérifiez également les potentiomètres des haut-parleurs.
- **Les haut-parleurs sont-ils assez puissants?** Certains haut-parleurs peuvent nécessiter une puissance supérieure à celle que la carte son est capable de délivrer. Essayez d'autres haut-parleurs ou placez un amplificateur stéréo entre la carte et les haut-parleurs.

Certains haut-parleurs ne fonctionnent pas

Si certains haut-parleurs restituent du son mais pas tous, vérifiez les points suivants :

- **Les paramètres de mixage audio.** La plupart des ordinateurs partent du principe que vous utilisez une installation audio stéréophonique (deux canaux), même si vous avez branché quatre haut-parleurs ou plus. Sélectionnez le type de haut-parleurs adéquat dans les propriétés audio de Windows ou d'une application tierce.
- **Les haut-parleurs supplémentaires sont connectés aux mauvaises prises jack.** Assurez-vous de connecter les haut-parleurs supplémentaires nécessaires pour les quatre ou six canaux audio aux prises adéquates. Si vous les connectez à l'entrée ligne ou à la prise microphone, ils ne fonctionneront pas.
- **Mauvaise balance du volume.** Le contrôle du volume ajuste également l'équilibre entre les haut-parleurs situés à gauche et ceux situés à droite. Si le son n'est émis que par les haut-parleurs de gauche ou seulement par les haut-parleurs de droite, la balance du volume doit être centrée. Pour ce faire, recourez aux propriétés audio de Windows ou d'une application tierce.

Infos

Sur certains systèmes audio intégrés, les prises audio ont de multiples utilisations. Ainsi, en mode six canaux sur certains ordinateurs, l'entrée ligne normale et la prise microphone peuvent être reconfigurées pour fonctionner avec les haut-parleurs arrière et centraux. Dans ce cas, les contrôles de la console de mixage doivent être réinitialisés.

Certains types de sons s'entendent, d'autres non

Si vous pouvez écouter des CD audio mais pas les sons numériques WAV ou MP3, ou que vous puissiez écouter les fichiers WAV et MP3 mais pas les CD ni les fichiers MIDI, vérifiez les éléments suivants :

- **Volume faible ou paramètres audio désactivés pour certains types de sons.** Certains logiciels de mixage audio disposent de contrôles de volume séparés pour les sons WAV/MP3, le MIDI, les CD-ROM, les CD audio et d'autres types et sources de sons. Réactivez tous les types audio que vous lisez et ajustez le volume sonore comme vous le souhaitez pour chacun.
- **Conflits d'entrées/sorties ou DMA au cours des jeux DOS.** Sur la plupart des cartes son basées sur le port ISA, PCI ou sur les circuits audio intégrés, des plages d'adresses d'entrées/sorties et des canaux DMA distincts sont utilisés pour le MIDI, la synthèse FM et le son normal. Un conflit peut empêcher la lecture de certains types de sons.
- Vérifiez la connexion audio CD de votre lecteur optique à votre carte son.

Les haut-parleurs grésillent

Un son peut être parasité ou perturbé pour diverses raisons. L'amélioration de la qualité sonore peut parfois être obtenue en réorganisant les composants. La liste qui suit donne quelques-unes des origines possibles des parasites :

- La carte son n'est-elle pas située à proximité d'une autre carte d'extension ? Dans ce cas, elle risque de capter des interférences électriques provenant de cette autre carte. Insérez la carte dans un autre connecteur, aussi éloigné que possible des autres cartes.
- Si votre carte son est une carte ISA, elle mobilise beaucoup le processeur. De fréquents accès au disque dur peuvent être la cause de problèmes dus au fait que le processeur, lors du traitement des données, doit basculer de la carte son au disque dur.
- Les haut-parleurs ne sont-ils pas posés trop près de votre moniteur ? Les haut-parleurs sont susceptibles de capter les interférences électriques provoquées par le moniteur. Éloignez-les de ce moniteur. Les caissons de basses ne devraient jamais être placés près de l'écran en raison des ondes magnétiques qui interfèrent avec l'image. Ils doivent être placés au sol pour une meilleure transmission des graves.
- Rencontrez-vous des problèmes de compatibilité entre des jeux particuliers et votre carte son ? Si les séquences vocales semblent bégayer ou si les images se figent avec certains jeux mais pas avec d'autres, renseignez-vous auprès de l'éditeur du jeu pour savoir s'il existe des patches ou des nouvelles versions de pilotes. Si ces jeux emploient DirectX sous Windows XP ou une version antérieure, exécutez le programme de diagnostic DXDIAG (sélectionnez Démarrer > Exécuter, puis tapez `dxdiag` et cliquez sur OK (Windows Vista contient aussi DXDIAG mais il ne prend pas en charge l'accélération audio matérielle). Dans DXDIAG, cliquez sur l'onglet Son. Décalez le curseur Niveau d'accélération du matériel audio d'une graduation vers la gauche (d'Accélération complète à Accélération standard), puis cliquez sur Enregistrer toutes les infor-

mations. Si le problème persiste, réglez le curseur sur Accélération de base. Si d'autres jeux présentent des problèmes de performances alors que vous avez réglé ce curseur, positionnez-le de nouveau sur Accélération complète avant de jouer à ces jeux.

L'ordinateur ne démarre pas

Si votre ordinateur refuse catégoriquement de démarrer, il est possible que vous n'ayez pas inséré la carte son correctement dans le port. Éteignez l'ordinateur, puis pressez fermement sur la carte jusqu'à ce qu'elle soit correctement enfichée.

Si vous ne parvenez pas à démarrer votre ordinateur alors que vous venez d'installer une nouvelle carte son et ses pilotes, vous pouvez employer le journal de démarrage de Windows pour enregistrer les événements de démarrage. Cette fonction enregistre les pilotes chargés au cours du démarrage et indique le succès ou l'échec des différents chargements. En cas de besoin, voyez la documentation de votre version de Windows pour en savoir plus sur la génération de ce fichier.

Erreurs de parité et autres blocages

L'ordinateur peut afficher un message d'erreur de parité de mémoire ou tout simplement s'interrompre inopinément. Ces problèmes sont généralement dus à des conflits au niveau des ressources suivantes :

- IRQ;
- canaux DMA;
- ports d'entrées/sorties (entrées/sorties).

Si d'autres périphériques de l'ordinateur utilisent les mêmes ressources que la carte son, l'ordinateur risque de s'interrompre, de se bloquer ou d'afficher des erreurs de parité. Assurez-vous que les périphériques de votre ordinateur emploient tous des ressources différentes.

Fonctions avancées

Si vous avez des problèmes pour lire le son DVD, les fichiers MP3 ou pour utiliser les connexions SPDIF, vérifiez que :

- Vous avez activé les ressources matérielles de la carte son.
- Vous utilisez le bon logiciel de lecture.
- Vous avez correctement réglé le contrôle de volume du logiciel de mixage pour le périphérique.
- Vous avez activé la lecture audionumérique (si vous utilisez une sortie coaxiale ou SPDIF optique).
- Vous avez correctement branché le périphérique.

Autres problèmes

Certains problèmes posés par les cartes son sont difficiles à résoudre. Certains circuits de cartes mères sont, en effet, conçus d'une manière très particulière ou provoquent des problèmes de canal DMA, ce qui crée des conflits entre certaines cartes ou certains pilotes. Aussi devrez-vous modifier des paramètres de la rubrique Chipset du BIOS et peut-être procéder à un grand nombre d'essais avant de trouver la solution.

Pour les PC, la notion de standardisation repose sur la coopération de quelques fabricants. Aussi des caractéristiques de BIOS ou de carte mère propres à un fabricant peuvent-elles suffire à transformer un ordinateur standard en ordinateur non standard.

Si vous deviez rencontrer un problème en présence d'une carte Plug and Play, d'un BIOS Plug and Play et d'un système d'exploitation tout aussi Plug and Play (comme Windows 9x/Me/2000/XP/Vista), désactivez la carte son dans le gestionnaire de périphériques, redémarrez l'ordinateur et recommencez la détection automatique des composants de la carte. Cette opération installera une copie "toute neuve" du logiciel tout en recréant les entrées appropriées dans le registre.

Si votre carte mère est équipée d'un chipset VIA, téléchargez et installez les dernières versions des pilotes.

Haut-parleurs

Pour réaliser des présentations professionnelles convaincantes et travailler sous des applications multimédias ou MIDI, vous aurez besoin de haut-parleurs stéréo haute-fidélité. Vous pouvez certes utiliser des haut-parleurs stéréo standard, mais ils seront vraisemblablement trop volumineux pour tenir sur votre bureau ou à proximité. Aussi est-il préférable d'employer des haut-parleurs à poser, plus adaptés à l'environnement bureautique.

Les cartes son délivrent une puissance d'amplification très faible, voire nulle, pour faire fonctionner des haut-parleurs externes. Certaines cartes intègrent un amplificateur de 4 W, mais cette puissance n'est pas suffisante pour faire fonctionner des haut-parleurs de qualité. D'autre part, si vous installez des haut-parleurs classiques près de votre moniteur, des interférences magnétiques risquent de se produire, dénaturant les couleurs et les objets à l'écran et altérant les données de vos disquettes et autres supports magnétiques entreposés à proximité.

Pour éviter tous ces problèmes, il est nécessaire que les haut-parleurs d'ordinateur soient de taille réduite, puissants et autoalimentés. Il est également impératif de prévoir un blindage magnétique sous forme de couches supplémentaires d'isolant dans le logement du haut-parleur ou par un procédé électronique qui éliminera les distorsions magnétiques.

Attention

Bien que presque tous les haut-parleurs d'ordinateur possèdent un blindage contre les rayons magnétiques, ne laissez ni cassettes enregistrées, ni montres, ni cartes bancaires, ni disquettes auprès d'eux pendant une durée prolongée.

Seuls de très bons haut-parleurs permettent d'obtenir un son de qualité. Une carte son 16 bits produit vraisemblablement un son de meilleure qualité qu'une carte 8 bits, mais même une carte 8 bits

pourra délivrer un son excellent si elle est associée à de bons haut-parleurs. À l'inverse, que la carte soit de 8 ou de 16 bits, elle offrira de piètres résultats si elle est utilisée avec des haut-parleurs bon marché.

Il existe sur le marché des dizaines de modèles de haut-parleurs, des modèles d'entrée de gamme de fabricants tels que Sony, Creative et LabTech jusqu'aux modèles autoalimentés et plus volumineux de fabricants tels que Bose, Cambridge Sound Works, Klipsch, Monsoon et Altec Lansing. À partir du milieu de gamme, on trouve des modèles équipés d'un caisson de basses qui améliorent la restitution des graves. Pour évaluer la qualité des haut-parleurs, vous devez connaître un jargon propre à ce domaine. La qualité d'un haut-parleur s'apprécie sur la base de trois critères :

- **Réponse en fréquence.** Cette unité de mesure indique la plage de sons aigus et graves qu'un haut-parleur est capable de reproduire. La plage idéale va de 20 Hz à 20 kHz, ce qui correspond à la plage de l'ouïe humaine. Il n'existe pas de haut-parleur capable de restituer cette plage de fréquences à la perfection. En fait, rares sont les personnes qui entendent des sons au-delà de 18 kHz. Un haut-parleur de qualité exceptionnelle peut couvrir une plage de fréquences de 30 Hz à 23 kHz. Les modèles de qualité moindre peuvent ne couvrir qu'une plage de 100 Hz à 20 kHz. La réponse en fréquence est un critère à manier avec précaution dans la mesure où deux haut-parleurs affichant les mêmes valeurs peuvent résonner d'une manière complètement différente.
- **Distorsion harmonique totale** (*Total Harmonic Distortion*, THD). Plus simplement appelé "distorsion", ce critère correspond à la quantité de bruit provoquée par l'amplification du signal. Plus simplement, il s'agit de la différence entre le signal envoyé aux haut-parleurs et celui que l'oreille humaine entend. La distorsion s'exprime en pourcentage, et son taux doit être inférieur à 0,1 % pour être jugé acceptable. Pour certains matériels de qualité d'enregistrement CD, il est fréquent de trouver une valeur de 0,05 %. Certains haut-parleurs ont une distorsion de 10 %, voire davantage. Les casques ont souvent une distorsion d'environ 2 %, voire moins.
- **Puissance en watts.** Les watts, également appelés "watts par canal", correspondent à la quantité d'amplification disponible en fonctionnement. Vérifiez que le fabricant parle bien de watts "par canal" (ou RMS), et non d'une puissance en watts totale. Beaucoup de cartes son comptent un amplificateur intégré pouvant délivrer jusqu'à 8 W par canal. Toutefois, certains modèles ne délivrent qu'une puissance de 4 W. La puissance en watts ne suffisant pas à garantir un son riche, beaucoup de haut-parleurs ont un amplificateur intégré. Il suffit de faire basculer un interrupteur ou d'appuyer sur un bouton pour qu'ils amplifient les signaux qu'ils reçoivent de la carte son. Pour que le signal ne soit pas amplifié, vous n'avez qu'à laisser les interrupteurs des haut-parleurs sur la position "direct" mais, dans la plupart des cas, vous souhaiterez que ce signal soit amplifié.

Avant d'acheter un ensemble de haut-parleurs, nous vous conseillons d'effectuer une recherche et d'examiner les avis des autres utilisateurs sur ce matériel. Le site web CNET examine et compare de nombreux haut-parleurs à l'adresse suivante : **http://reviews.cnet.com/4566-3179_7-0.html**.

Les haut-parleurs de PC d'entrée de gamme sont généralement alimentés par des piles. Mais comme ils consomment beaucoup, il peut être intéressant pour vous d'investir dans un adaptateur secteur ou de choisir des haut-parleurs alimentés par le secteur. Ainsi, vous n'aurez pas à acheter des piles neuves toutes les deux ou trois semaines. Si vos haut-parleurs ne vous ont pas été livrés avec un adaptateur, vous pouvez vous en procurer un dans un magasin d'accessoires électroniques. Veillez à ce que l'adaptateur que vous achetez soit compatible avec vos haut-parleurs en termes de tension et de polarité. La plupart des adaptateurs secteur achetés séparément fonctionnent sous plusieurs tensions, sont livrés avec plusieurs prises et permettent d'inverser la polarité.

Vous pouvez contrôler le volume et les autres paramètres des haut-parleurs de différentes manières, suivant leur complexité et leur coût. Chaque haut-parleur comprend en principe un bouton de volume, bien que certains ne disposent que d'un bouton pour les deux haut-parleurs. Si un haut-parleur est posé plus loin que l'autre, vous pouvez régler le volume de chacun en conséquence. Beaucoup de haut-parleurs d'ordinateur ont un bouton de renforcement des basses. Ce bouton accentue les basses et rend les médiums plus clairs, indépendamment du réglage de volume. D'autres modèles de haut-parleurs comptent deux boutons distincts pour le réglage des aigus et celui des basses, ou encore un égaliseur trois bandes permettant de régler les fréquences basses, moyennes et hautes. Lorsque c'est la puissance de la carte son et non l'amplificateur intégré aux haut-parleurs qui est utilisée pour régler le volume, les boutons de volume et de renforcement dynamique des basses ne produisent aucun effet. Les haut-parleurs dépendent en effet entièrement de la puissance de la carte son.

Pour une meilleure qualité de son, augmentez le volume global sur la carte son et utilisez le contrôle de volume sur les haut-parleurs alimentés. Sinon, vos amplificateurs vont essayer d'amplifier toutes les distorsions venant des entrées faible puissance de la carte son du PC.

Le premier haut-parleur est relié à la carte son par un fil muni d'une fiche jack stéréo de 3,5 mm. Le signal est ensuite divisé et transmis du premier haut-parleur au second (souvent nommé haut-parleur satellite) par l'intermédiaire d'un autre fil.

Avant d'acheter une paire de haut-parleurs, veillez à ce que les fils reliant les deux haut-parleurs soient suffisamment longs par rapport à la façon dont votre ordinateur est installé. À titre d'exemple, un boîtier de type tour placé au pied d'un bureau nécessitera un fil plus long qu'un ordinateur posé à plat sur votre bureau.

Méfiez-vous des haut-parleurs qui intègrent une fonction de mise en veille. Ces derniers économisent de l'électricité en se mettant hors tension lorsqu'ils ne sont pas utilisés, mais ils présentent l'inconvénient de couper la première partie des sons au terme d'une période d'inactivité.

Les haut-parleurs pour port USB ne seront pas capables de diffuser de la musique de qualité CD, sauf si le lecteur optique peut accomplir l'extraction numérique audio. Vérifiez les spécifications de votre lecteur.

Si votre budget ne vous permet pas d'acheter une paire de haut-parleurs de qualité, vous pouvez utiliser un casque. Le casque offre, de surcroît, plus d'intimité et l'utilisateur peut alors écouter les sons à un niveau sonore aussi élevé qu'il le souhaite.

Pour obtenir de meilleurs résultats avec des cartes son récentes qui supportent quatre haut-parleurs ou plus, vérifiez les propriétés de votre carte son et paramétrez-la pour indiquer si vous vous servez d'un casque, de haut-parleurs stéréo ou d'un plus grand nombre de haut-parleurs. Utilisez le logiciel de mixage audio pour paramétrer le son 3D ou les autres effets sonores.

Vérifiez que vos haut-parleurs sont correctement placés. Si vous avez un caisson de basses, placez-le sur le sol pour une meilleure qualité sonore et pour réduire les interférences avec d'autres périphériques.

Enfin, comment établir si des haut-parleurs sans câble fonctionnant par satellite provoquent des interférences ? Surveillez votre écran car les fréquences atteignant 2 kHz peuvent interférer avec celui-ci. Dans ce cas, éloignez les haut-parleurs de l'écran et testez de nouveau l'affichage.

Son surround et qualité cinéma

Si vous êtes fan de jeux ou que vous aimiez particulièrement le DVD, vous ne serez pas satisfait du son stéréo ordinaire. Aujourd'hui, la plupart des cartes son peuvent accueillir des haut-parleurs avant et arrière, et la plupart des cartes son haut de gamme supportent les haut-parleurs configurés pour le Dolby 4.1 et 5.1. Si vous utilisez Windows XP Media Center ou une version de Windows Vista qui intègre le Media Center comme les éditions Familiale Premium et Ultimate, il peut être préférable de connecter le système audio de l'ordinateur à un système de home cinéma.

Pour être sûr d'obtenir le meilleur de vos quatre (ou plus) haut-parleurs, qu'ils soient connectés directement ou *via* un système home cinéma, vérifiez les points suivants :

- **Utilisez la feuille de propriétés de votre carte son pour décrire votre configuration de haut-parleurs.** Sélectionnez le nombre de haut-parleurs installés, activez les options de son 3D environnemental et positionnel telle la réverbération et n'oubliez pas de déclarer votre caisson de basses si vous en avez un.
- **Ne vous trompez pas dans le câblage entre les haut-parleurs et la carte son.** Si vous prévoyez d'employer des configurations AC3/Dolby, comme le 4.1, 5.1, 6.1 ou 7.1, vérifiez que vous passez par la configuration et la connexion S/PDIF appropriées. Celles-ci varient d'une carte son à l'autre ; consultez le site web du constructeur pour plus de détails.
- **Vérifiez que vous avez placé vos haut-parleurs aux bons emplacements.** Dans certains cas, il est judicieux d'ajuster les propriétés de la carte son pour améliorer la qualité sonore, mais il suffit parfois de déplacer les haut-parleurs.
- **Vérifiez que vous avez connecté vos haut-parleurs aux bonnes prises jack.** Si vous confondez la droite et la gauche, ou l'avant et l'arrière, vous obtiendrez une qualité médiocre.

- **Sélectionnez les bons paramètres de configuration pour votre amplificateur.** Si vous envoyez les signaux audio de votre ordinateur à un amplificateur home cinéma, assurez-vous de sélectionner l'option de sortie correspondant aux prises d'entrée que vous utilisez. Par exemple, beaucoup d'amplificateurs home cinéma disposent d'options de sélection DVD ou vidéo. Si un lecteur de DVD est également connecté à votre home cinéma, utilisez la connexion DVD pour le lecteur DVD et la connexion vidéo pour l'ordinateur. Lorsque vous allumez l'amplificateur, sélectionnez Vidéo pour diffuser le son de l'ordinateur.

Configurations types des haut-parleurs

La configuration audio la plus simple est la stéréo, qui fait appel à deux haut-parleurs placés de manière à superposer le son. La plupart des cartes son supportent actuellement quatre haut-parleurs, mais en fonction du modèle de carte, des paramètres et des options de sortie son du programme, les haut-parleurs arrière peuvent se limiter à reproduire les sorties des haut-parleurs avant; par ailleurs, vous risquez aussi d'obtenir quatre flux sonores distincts.

Le son surround en quatre points utilise quatre haut-parleurs plus un caisson de basses pour "entourer" l'utilisateur avec la musique et les effets sonores produits par les jeux. Les quatre haut-parleurs sont placés autour de l'auditeur et le caisson de basses est à placer au sol près d'un mur ou à l'angle de la pièce pour amplifier les graves. Dans ce type de configuration, le caisson de basses n'est pas un circuit à part; il est contrôlé par les mêmes signaux que ceux qui sont envoyés aux autres haut-parleurs.

Avec le son surround 5.1, également appelé Dolby Digital ou son DTS Surround, cinq haut-parleurs sont présents en plus du caisson de basses. Le cinquième haut-parleur est placé entre les deux haut-parleurs avant pour remplir les sons manquants du fait d'un mauvais placement des haut-parleurs. Le caisson de basses est contrôlé indépendamment. C'est le système à préférer pour visionner des films DVD. La plupart des cartes son d'entrée de gamme ne supportent pas le son surround 5.1.

Certaines cartes son récentes et certains circuits audio intégrés à la carte mère prennent en charge le son surround 6.1 et 7.1. La configuration 6.1 ressemble à celle du son surround 5.1, à laquelle s'ajoute un haut-parleur central. La configuration 7.1 utilise des haut-parleurs milieu-gauche et milieu-droit, qui sont placés de part et d'autre de l'auditeur, et un caisson de basses.

En fonction de la carte son, certaines cartes produisent du son en configuration surround 5.1 ou plus seulement avec des haut-parleurs analogiques, tandis que d'autres peuvent également transmettre du son Dolby Digital (AC-3), DTS Surround ou du son audionumérique Dolby EX par le port audionumérique SPDIF à un système home cinéma.

Microphones

Seules certaines cartes son sont livrées avec un micro. Mais vous devrez impérativement en posséder un si vous avez besoin d'enregistrer votre voix sous forme de fichier WAV. Il est très facile de choisir un micro. Il doit avoir une fiche jack de 3,5 mm, que vous pourrez brancher sur la prise jack

micro (ou audio in) de la carte son. La plupart des micros possèdent également un interrupteur marche/arrêt.

Comme celle des haut-parleurs, la qualité d'un micro est fonction de la plage de fréquences qu'il couvre. Cela dit, ce n'est pas un facteur d'achat prépondérant dans la mesure où la voix humaine s'étale sur une plage de fréquences limitée. Pour n'enregistrer que des voix, vous pouvez vous contenter d'un micro bon marché couvrant une plage de fréquences limitée. Les micros couvrant une plage de fréquences plus étendue que celle de la voix humaine coûtant plus cher, il est inutile de payer pour des caractéristiques que vous n'exploiterez pas.

Si, en revanche, vous prévoyez d'enregistrer de la musique, investissez dans un micro de meilleure qualité, mais vérifiez que la carte son est capable de restituer correctement le son qu'il produit. Un micro de haute qualité peut produire des résultats médiocres s'il est couplé avec une carte son 8 bits bon marché.

Si vous travaillez dans un bureau bruyant, vous préférerez sans doute utiliser un micro unidirectionnel, qui n'enregistrera pas les bruits parasites. Les micros omnidirectionnels sont les plus adaptés aux enregistrements de conversations de groupe.

La plupart des cartes son haut de gamme sont livrées avec un micro qui peut être de type différent. Il peut s'agir d'un petit micro-cravate, d'un micro à tenir à la main ou encore d'un modèle sur trépied de table. Pour conserver les mains libres, choisissez un micro-cravate plutôt qu'un modèle tenu dans la main. Si votre carte son vous a été livrée sans micro, vous pouvez vous en procurer un dans un magasin de hi-fi ou de composants électroniques. Veillez à ce que l'impédance du modèle que vous avez choisi soit compatible avec celle de la prise d'entrée de la carte son.

Si vous utilisez des logiciels comme le système de reconnaissance vocale intégré de Microsoft, Dragon Naturally Speaking, IBM Via Voice, Philips FreeSpeech ou autres, prenez le microphone fourni avec l'application ou choisissez parmi les modèles recommandés par le concepteur du logiciel. Relancez le programme d'installation de votre microphone si votre logiciel a des problèmes pour reconnaître votre voix. Certains nouveaux modèles sont équipés d'un pack de piles pour optimiser la qualité sonore ; vérifiez alors que les piles sont chargées et remplacez-les régulièrement pour conserver une bonne qualité de reconnaissance.

Si vous parlez mais que votre logiciel de reconnaissance ou d'enregistrement ne réagisse pas, vérifiez les points suivants :

- **Mauvais branchement de la prise jack.** Il est fréquent de mettre la fiche du microphone dans la mauvaise prise. Repérez d'une marque la prise correcte du microphone pour faciliter les branchements ultérieurs. Si la carte son ou le circuit audio intégré à la carte mère prend en charge la fonctionnalité de reconnaissance automatique d'AC'97 2.3, assurez-vous de brancher un câble à la fois, puis sélectionnez le périphérique que vous connectez lorsque le programme d'installation audio vous le demande.

- **Vérifiez le volume d'enregistrement dans le contrôle de volume.** L'option Muet est souvent cochée par défaut pour éviter des parasites.
- **Assurez-vous que le microphone est bien activé dans le logiciel d'enregistrement ou de reconnaissance vocale.** Vous devez cliquer sur le bouton Enregistrement dans le logiciel de reconnaissance. Beaucoup de programmes de reconnaissance vocale vous permettent de désactiver le micro quand vous devez répondre au téléphone et de le réactiver ensuite. Cherchez l'icône Microphone dans la barre d'outils système de Windows pour basculer d'un mode à l'autre.

13 Les interfaces d'entrées/sorties

Au sommaire de ce chapitre

- Introduction aux interfaces d'entrées/sorties
- USB
- IEEE-1394
- Ports série
- Ports parallèles

Introduction aux interfaces d'entrées/sorties

Ce chapitre traite des principales interfaces d'entrées/sorties de périphériques externes présentes sur les PC récents. Nous aborderons d'une part les ports parallèles et série conventionnels, qui sont des standards depuis le début du PC, et d'autre part les ports USB (*Universal Serial Bus*, bus série universel) et IEEE-1394 (i.Link ou FireWire), qui ont progressivement remplacé leurs prédécesseurs. Bien que l'interface eSATA soit elle aussi considérée comme une interface d'entrées/sorties, nous avons déjà abordé l'interface SATA au Chapitre 6. Nous n'aborderons pas non plus ici l'interface SCSI, un autre type d'interface entrées/sorties, car elle est de plus en plus rarement implémentée sur les PC actuels.

Actuellement, les deux architectures de bus série à haut débit les plus répandues sur les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables sont les architectures USB et IEEE-1394, encore appelée FireWire ou i.Link. Ces deux interfaces existent chacune dans deux versions : USB 1.1 et USB 2.0 d'une part et IEEE-1394a (FireWire 400) et IEEE-1394b (FireWire 800) d'autre part. Ces deux types de ports de communication à haut débit offrent des performances largement supérieures à celles des ports série et parallèles de la plupart des ordinateurs actuels. Ils peuvent être considérés comme les remplaçants de l'interface SCSI pour les connexions de périphériques à haut débit. Outre des performances plus intéressantes, ces nouveaux ports offrent une consolidation des périphériques d'entrées/sorties, ce qui signifie que tous les modèles de périphériques externes peuvent s'y connecter.

Pourquoi une architecture série?

Les conceptions actuelles de bus de périphériques hautes performances comme l'USB et le FireWire se fondent sur une architecture série. Contrairement à l'architecture parallèle, qui utilise 8 ou 16 fils (voire même davantage) à la fois pour envoyer plusieurs bits simultanément, un seul bit est envoyé à la fois le long d'un fil électrique dans une architecture série. À une fréquence d'horloge équivalente, le bus parallèle est donc plus rapide. Pourtant, le bus série a toujours l'avantage. Cependant, il est beaucoup plus facile d'augmenter la fréquence d'horloge d'une connexion série que celle d'une

connexion parallèle, si bien que les vitesses de transfert pouvant être atteintes grâce à cette architecture constituent un net avantage sur le fait d'envoyer plusieurs bits en même temps.

Les connexions parallèles souffrent en général d'un certain nombre de problèmes, dont les plus importants sont le décalage et le vacillement des signaux. Ces décalages et ces vacillements limitent l'utilisation des bus parallèles comme le SCSI à une distance de trois mètres seulement, voire moins. Bien que 8 ou 16 bits de données soient envoyés au même moment par l'émetteur, des retards de propagation font arriver certains bits avant ou après les autres au récepteur. Plus le câble est long, plus l'écart séparant les premiers et les derniers bits à l'autre extrémité du câble est important. Ces *décalages* ne permettent pas un taux de transfert élevé ni l'utilisation d'un câble long. Les *vacillements* correspondent aux fluctuations rapides de la tension du signal.

Avec un bus série, les données sont envoyées bit par bit. Puisqu'il n'y a pas lieu de se soucier de l'arrivée simultanée de plusieurs bits, la fréquence d'horloge peut être augmentée considérablement. Par exemple, le débit maximal possible avec un port parallèle ECP/EPP est de 2 Mbit/s, tandis qu'un port IEEE-1394a (utilisant une technologie série à haut débit) supporte des taux de transfert de 400 Mbit/s (50 Mo/s), ce qui est 25 fois plus rapide que le port parallèle ! L'USB 2.0 monte à 480 Mbit/s, soit 60 Mo/s (ce qui est 30 fois plus rapide que pour le port parallèle). La nouvelle norme IEEE-1394b (FireWire 800) atteint des taux de transfert de 800 Mbit/s (100 Mo/s), ce qui est environ 50 fois plus rapide que les ports parallèles.

Quand la fréquence d'horloge est élevée, les signaux parallèles tendent à interférer les uns avec les autres. Là encore, le port série présente un gros avantage dans la mesure où, avec seulement un ou deux fils pour les signaux, les phénomènes de diaphonie et d'interférences entre les fils du câble sont négligeables.

En général, le câblage parallèle revient plus cher que le câblage série. Outre les nombreux fils supplémentaires nécessaires pour véhiculer les différents bits en parallèle, le câble doit posséder une structure limitant les risques de diaphonie et d'interférences entre les canaux de données adjacents. C'est notamment pour cette raison que les câbles SCSI externes coûtent si cher. Le câblage série, en revanche, est très bon marché. Il ne comprend qu'un petit nombre de fils et ne nécessite qu'un blindage sommaire, même à un débit élevé. De ce fait, il est également plus facile d'opérer en mode série pour transmettre des données de manière fiable sur une longue distance, ce qui explique que la longueur maximum d'un câble parallèle soit plus courte que celle d'un câble série.

Ces nouveaux bus série très performants ont été conçus pour ces raisons, mais aussi pour satisfaire le besoin d'interfaces de périphériques externes Plug and Play et pour limiter la prolifération des ports physiques sur les ordinateurs portables. Le port USB est devenu une interface standard sur tous les ordinateurs récents. Quant au port IEEE-1394, à l'origine développé pour certaines utilisations particulières (comme la connexion des caméscopes numériques), il est maintenant utilisé avec d'autres périphériques nécessitant des taux de transfert élevés, comme les scanners haute résolution et les disques durs externes.

Comparaison des ports IEEE-1394 et USB

Même si nous allons examiner les deux ports USB et IEEE-1394 en détail dans les sections suivantes, il est utile d'abord de les comparer. En raison de leur similitude, aussi bien dans leur forme que dans leur fonction, certaines personnes les confondent assez facilement. Le Tableau 13.1 résume les différences entre ces deux technologies.

Tableau 13.1 : Comparaison des ports IEEE-1394 et USB

	EEE-1394a (également appelé i.Link ou FireWire 400)	IEEE-1394b (ou FireWire 800)	USB 1.1	USB 2.0
Ordinateur hôte requis	Non	Non	Oui	Oui/Non[1]
Nombre maximum de périphériques	63	63	127	127
Branchement à chaud	Oui	Oui	Oui	Oui
Longueur maximum de câble entre les périphériques	4,5 mètres	4,5 mètres (broche cuivre 9 broches) ; 100 mètres (fibre optique)[2]	5 mètres	5 mètres
Taux de transfert	400 Mbit/s (50 Mo/s)	800 Mbit/s (100 Mo/s)	12 Mbit/s (1,5 Mo/s)	480 Mbit/s (60 Mo/s)
Taux de transfert futurs envisagés	Aucun	1 600 Mbit/s (400 Mo/s) ; 3200 Mbit/s (800 Mo/s)	Aucun	Aucun
Type de périphériques	Caméscopes DV, appareils photo numériques haute résolution, TV HD, box ADSL, disques dur haute vitesse, scanners haute résolution et instruments de musiques électronique	Tous les périphériques 1394a	Souris, clavier, joysticks, appareils photo numériques d'entrée de gamme, disques durs basse vitesse, modems, imprimantes et scanners basse résolution	Tous les périphériques USB 1.1, caméscopes DV, appareils photo numériques haute résolution, TV HD, box ADSL, disques dur haute vitesse et scanners haute résolution

1. Pas avec l'extension USB On-The-Go.
2. Prise en charge de la norme UTP CAT5 pour le transfert à 100 Mbit/s (100 mètres maximum) ; prise en charge de la fibre optique pour les transferts à 100 Mbit/s et 200 Mbit/s (50 mètres maximum).

Actuellement, l'USB est de loin l'interface externe la plus populaire sur les PC, à tel point qu'elle éclipse toutes les autres. Cela tient principalement au fait qu'Intel a développé la plupart des spécifications USB et a intégré la prise en charge USB à toutes ses cartes mères depuis 1996 et que les autres fabricants de chipsets ont suivi cette tendance. *A contrario*, peu de chipsets de carte mère intègrent une interface 1394a ou 1394b. Dans la plupart des cas, une puce supplémentaire doit être ajoutée en option à la carte mère. Le coût supplémentaire du circuit 1394 (dont une redevance de 0,15 € versée à Apple Computer par ordinateur) et la présence d'une interface USB sur toutes les cartes mères ont limité la popularité du FireWire sur le marché des PC.

Le FireWire a un avantage sur l'USB 1.1 et l'USB 2.0 : il n'est pas nécessaire d'utiliser un PC hôte. Autrement dit, les périphériques USB peuvent uniquement communiquer entre eux par le biais d'un PC. À l'inverse, l'interface IEEE-1394 prend en charge la connexion de deux appareils directement car le bus est conçu pour que n'importe quel périphérique puisse contrôler les transferts. Cela influe beaucoup sur les performances, car si le taux de transfert entre les périphériques *via* un port USB dépend en grande partie de la puissance du PC qui contrôle le bus, le débit du bus FireWire ne dépend que des périphériques effectuant le transfert. Ainsi, le port IEEE-1394 permet de connecter directement un caméscope DV à un magnétoscope DV pour réaliser le doublage ou le montage des bandes. Bien que l'extension USB On-The-Go, présentée en 2001, permette une connexion "sans hôte" pour la norme USB, elle n'est pas conçue pour supplanter la norme FireWire mais plutôt pour améliorer la prise en charge du nombre toujours croissant d'appareils électroniques portatifs, comme les appareils photo numériques, les téléphones cellulaires et les lecteurs multimédias numériques. Grâce à cette extension, ces appareils peuvent échanger des informations entre eux ou communiquer avec des imprimantes et des lecteurs USB sans PC hôte.

Le dernier membre de la famille USB, *Wireless USB* (USB sans fil), a été lancé en 2005, bien que sa prise en charge à grande échelle tarde encore.

Comme les interfaces USB 2.0 et 1394a (FireWire) disposent plus ou moins toutes deux des mêmes capacités et des mêmes performances, le choix d'utiliser l'une ou l'autre dépend du périphérique à connecter. Si votre caméscope numérique ne possède qu'une connexion 1394 (FireWire/i.Link), vous devez ajouter une carte FireWire 1394 à votre ordinateur, à moins que votre carte mère ne comprenne déjà un port de ce type. Sur PC, la plupart des solutions de stockage, des périphériques d'entrées/sorties et des autres périphériques utilisent l'interface USB, et seuls quelques appareils vidéo et périphériques de stockage disposent d'une connexion IEEE-1394. Toutefois, de nombreux périphériques contiennent maintenant à la fois une interface USB 2.0 et une interface 1394, ce qui permet de les utiliser avec un plus grand nombre d'ordinateurs différents.

Performances : mythes et réalité

À la question de savoir qui était le plus rapide de l'interface USB 2.0 ou FireWire 400 (1394a), les élèves d'un cours informatique ont répondu l'USB 2.0, car cette norme offre un taux de transfert de 480 Mbit/s (60 Mo/s) contre un taux de transfert de 400 Mbit/s (50 Mo/s) pour l'interface FireWire 400. Or, après avoir procédé à un test, les élèves ont été surpris de constater qu'ils se trompaient! Leur enseignant a certes confirmé les spécifications techniques annoncées, mais il a ensuite indiqué que la norme FireWire était plus rapide que l'USB dans la pratique, car son "temps de gestion" (*overhead*) interne est moindre, quand bien même son débit brut est inférieur en théorie.

D'un point de vue technique, cette question est tellement imprécise et mal formulée que les deux réponses sont sans doute correctes. Ainsi, la notion de "rapidité" porte-t-elle sur la vitesse brute du bus ou sur le débit en conditions réelles, comme la lecture ou l'écriture de fichiers? Et s'il s'agit de la seconde option, quelles sont les circonstances exactes? Dans une situation comme celle-là, la meilleure chose à faire est en général de rester simple et d'éviter de trop réfléchir à la réponse. Étant donné le nombre de variables inconnues lors d'un test d'utilisation en conditions réelles, la réponse

la plus correcte ne tient compte que de la vitesse de transfert brute. La réponse est alors simple : puisque le taux de transfert de l'interface USB 2.0 est de 480 Mbit/s (60 Mo/s), et que le taux de transfert de l'interface 1394a est de 400 Mbit/s (50 Mo/s), l'USB est plus rapide.

Certaines personnes ne sont évidemment pas d'accord, y compris sans doute le professeur de ce cours d'informatique. Beaucoup pensent (et de nombreux tests l'ont montré) que si l'USB est plus rapide en théorie, l'interface FireWire est plus rapide en pratique. Comme pour toute interface ou bus d'un ordinateur, il ne suffit pas de prendre en considération ses spécifications brutes, car de nombreux autres facteurs influent sur ses performances lors de l'exécution d'une tâche spécifique dans certaines conditions. Même si beaucoup de personnes tiennent pour acquis que l'interface FireWire est plus rapide en pratique, la conception des interfaces USB et FireWire sont si différentes qu'il est difficile de prévoir les résultats d'un test précis sans en connaître tous les détails.

Pour conforter ce point de vue, nous avons procédé à quelques tests et enregistré les résultats. Nous avons utilisé à cet effet un disque dur Maxtor de 250 Mo à 7200 tours/min, monté dans un boîtier externe qui prend en charge les deux interfaces FireWire 400 (1394a) et USB 2.0. Le disque ne contenait qu'une seule partition FAT32, à moitié pleine. Nous avons créé un dossier TEMP dans lequel nous avons copié un fichier vidéo de 300 Mo sous le nom TEMP1.AVI. Nous avons volontairement choisi un fichier suffisamment volumineux pour qu'il ne tienne pas dans un cache ou une mémoire tampon du lecteur ou des ordinateurs utilisés.

Nous avons effectué le test sur les deux ordinateurs dotés d'interfaces FireWire 400 et USB 2.0 suivants :

- Ordinateur 1 : ordinateur de bureau, processeur Pentium 4 à 3,6 GHz, 1 Go de RAM, Windows XP ;
- Ordinateur 2 : portable, processeur Pentium M à 1,7 GHz, 1 Go de RAM, Windows XP.

Pour tester le débit, nous avons copié le fichier TEMP1.AVI sous le nom TEMP2.AVI dans le dossier TEMP et mesuré le nombre de secondes nécessaires à la réalisation de cette commande. Le fichier était lu puis réécrit sur le même disque, ce qui revient à un aller-retour sur l'interface (du lecteur au PC et *vice versa*). Nous avons utilisé deux commandes différentes (`COPY` et `XCOPY`) quatre fois de suite chacune, en ne tenant compte que des trois dernières exécutions. Voici les commandes utilisées pour copier les fichiers :

```
COPY /Y TEMP1.AVI TEMP2.AVI
XCOPY /Y TEMP1.AVI TEMP2.AVI
```

Infos

L'option `/Y` force la réécriture du fichier de destination sans demander de confirmation, ce qui permet de répéter la commande sans avoir à se préoccuper des fichiers de destination créés par la commande précédente.

Pour mesurer le temps pris par chaque copie de fichier, vous pouvez utiliser l'utilitaire `TimeIt`, un outil en lignes de commande qui enregistre le temps nécessaire à l'exécution d'une commande. `TimeIt.exe` est fourni avec le pack Server Resource Kit Tools de Windows 2003. Vous pouvez télécharger ces outils d'administration sur le site de Microsoft à l'adresse suivante : **http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=4544**.

Le temps nécessaire à la copie du fichier à chaque exécution de la commande sur l'ordinateur de bureau est indiqué en secondes au Tableau 13.2.

Tableau 13.2 : Temps de copie d'un fichier de 300 Mo sur un ordinateur de bureau avec un processeur à 3,6 GHz *via* les interfaces USB et FireWire

Ordinateur de bureau, processeur Pentium 4 à 3,6 GHz		USB 2.0	FireWire 400
Commande COPY du fichier de 300 Mo	Première exécution	20,65	23,23
	Deuxième exécution	20,60	23,45
	Troisième exécution	20,76	23,28
	Moyenne	20,67	23,32
USB comparé à FireWire		12,82 %	–11,36 %
Commande XCOPY du fichier de 300 Mo	Première exécution	12,41	15,66
	Deuxième exécution	12,47	15,60
	Troisième exécution	12,69	15,60
	Moyenne	12,52	15,62
USB comparé à FireWire		24,73 %	19,83 %
XCOPY comparé à COPY		65,05 %	49,30 %

Comme vous pouvez le voir, la copie du fichier par le port USB a été de 13 % (en utilisant `COPY`) à 25 % (à l'aide de `XCOPY`) plus *rapide* sur l'ordinateur de bureau qu'en utilisant le port FireWire. Notez également que l'utilisation de la commande `XCOPY` a été de 49 à 65 % plus rapide que celle de `COPY` avec les deux interfaces.

Le temps nécessaire à la copie du fichier à chaque exécution de la commande sur l'ordinateur portable est indiqué en secondes au Tableau 13.3.

La copie du fichier sur l'ordinateur portable a été de 21 % (avec `COPY`) à 18 % (avec `XCOPY`) plus *lente* sur le port USB que le port FireWire. Notez également que l'utilisation de la commande `XCOPY` a été de 52 % à 57 % plus rapide que celle de `COPY` sur les deux interfaces.

Alors quelle interface est la plus rapide en pratique ? Dans cet exemple, l'interface USB 2.0 a été plus rapide que l'interface FireWire sur l'ordinateur de bureau mais plus lente sur l'ordinateur portable. On peut également remarquer un autre détail intéressant : il semble que la vitesse relative et les performances du PC aient une grande importance sur le débit des transferts USB 2.0, alors qu'elles n'en ont pratiquement pas sur les transferts FireWire 400, comme l'illustre le Tableau 13.4.

Le transfert en USB est plus rapide de 48 à 55 % sur l'ordinateur de bureau que sur l'ordinateur portable mais seulement de 1 à 3 % plus rapide comparé au transfert par le port FireWire. En d'autres termes, le débit de l'interface FireWire est quasiment identique sur les deux ordinateurs, même si la différence de fréquence des deux processeurs est très importante. Cela se comprend car la concep-

Tableau 13.3 : Temps de copie d'un fichier de 300 Mo sur un ordinateur portable à 1,7 GHz *via* les interfaces USB et FireWire

Ordinateur portable, processeur Pentium M à 1,7 GHz		USB 2.0	FireWire 400
Commande COPY du fichier de 300 Mo	Première exécution	30,59	23,95
	Deuxième exécution	30,48	24,66
	Troisième exécution	30,42	23,79
	Moyenne	30,50	24,13
USB comparé à FireWire		–20,87 %	26,37 %
Commande XCOPY du fichier de 300 Mo	Première exécution	19,83	15,71
	Deuxième exécution	19,16	15,81
	Troisième exécution	19,12	15,98
	Moyenne	19,37	15,83
USB comparé à FireWire		–18,26 %	22,34 %
XCOPY comparé à COPY		57,44 %	52,42 %

Tableau 13.4 : Différences du temps de copie d'un fichier de 300 Mo sur un ordinateur de bureau avec processeur Pentium 4 à 3,6 GHz et un ordinateur portable avec processeur Pentium M à 1,7 GHz

Action	USB 2.0	FireWire 400
Commande COPY du fichier de 300 Mo	47,54 % plus rapide	3,49 % plus rapide
Commande XCOPY du fichier de 300 Mo	54,67 % plus rapide	1,37 % plus rapide

tion de l'interface FireWire repose sur une connexion pair-à-pair, si bien que le PC ne gère pas l'interface. À l'inverse, l'USB est une conception centrée autour de l'ordinateur qu'elle utilise comme contrôleur hôte. En raison des différences de conception internes entre l'USB et le FireWire, le processeur et les performances d'ensemble de l'ordinateur ont un effet beaucoup plus important sur l'interface USB que sur l'interface FireWire.

Il est également intéressant de constater que la méthode utilisée pour copier le fichier (`COPY` ou `XCOPY` dans notre exemple) a une *plus* grande influence que l'interface ou la puissance de l'ordinateur, ce qui amène d'autres questions : quelles seraient les différences de débit si le disque était formaté en NTFS et non en FAT32 ? Que se serait-il passé en copiant plusieurs fichiers de petite taille au lieu d'un seul fichier de grande taille ? Et que se serait-il passé en utilisant exactement le même chipset FireWire et USB sur les deux ordinateurs (deux ordinateurs de bureau dans lequel seraient installés les mêmes cartes USB et FireWire) ?

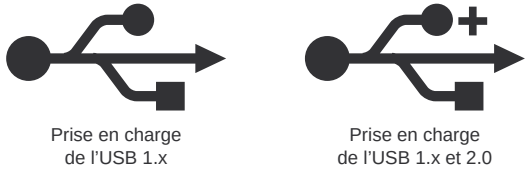
Cela étant dit, quelle est donc la "bonne" réponse ? Si la question est simplement la suivante : "Quelle interface est la plus rapide entre l'USB 2.0 et le FireWire 400 (1394a) ?", la réponse, fondée uniquement sur la vitesse brute du bus (480 Mbit/s, soit 400 Mo/s), est l'USB. Toutefois, si la question est : "Lorsque vous copiez un fichier de 300 Mo sur un disque formaté en FAT32 sous Windows XP, quelle interface est la plus rapide de l'USB 2.0 et du FireWire 400 (1394a) ?", la réponse serait alors : "l'une ou l'autre, selon le matériel et les logiciels utilisés pour copier le fichier". Voilà l'idée. La question originale était "incorrecte", car elle ne tenait pas compte du grand nombre de variables à considérer pour établir une référence ou effectuer une comparaison et qu'il n'existe pas de réponses simples à des questions ambiguës !

USB

L'USB (*Universal Serial Bus*, bus série universel) est un standard de bus pour périphériques externes conçu pour apporter des fonctions Plug and Play à la connexion de ces périphériques. L'USB remplace les ports spécialisés et diminue le nombre de cartes d'entrées/sorties spécialisées (ce qui réduit la nécessité de reconfigurer l'ordinateur à chaque ajout de périphérique). Le bus USB est aussi moins gourmand en ressources système car il consomme moins d'IRQ ; quel que soit le nombre de périphériques reliés au port USB, une seule IRQ est nécessaire. Les PC équipés d'un port USB autorisent la reconnaissance automatique des périphériques et leur configuration dès que la liaison est établie. Le standard USB accepte jusqu'à 127 périphériques simultanément sur un même ordinateur, et des périphériques tels que des moniteurs et des claviers peuvent alors faire office de hubs, ou plates-formes de connexion. Les périphériques, câbles et connecteurs USB sont reconnaissables à leur logo spécifique (voir Figure 13.1). Quand un petit "plus" apparaît dans l'angle supérieur droit de l'icône, le matériel est compatible avec le standard USB 1.x, et également avec le standard USB 2.0 (USB haut débit). Quasiment tous les ordinateurs fabriqués ces dernières années supportent les deux standards, si bien que le symbole "plus" n'est plus autant utilisé.

Figure 13.1

Ces logos permettent d'identifier les périphériques, les câbles, les hubs et les connecteurs USB.



Intel est la société qui s'est la plus impliquée dans la création du standard USB. Tous ses chipsets pour PC, à commencer par le circuit South Bridge PIIX3 (lancé en février 1996), sont compatibles en standard avec la technologie USB. Les autres constructeurs de chipsets ont suivi, ce qui fait du standard USB une fonctionnalité généralisée sur les PC et les portables, au même titre que les ports série et parallèles.

Six autres sociétés ont collaboré avec Intel à l'élaboration du standard USB : Compaq, Digital, IBM, Microsoft, NEC et Northern Telecom. Ensemble, ces sociétés ont mis en place l'USB-IF (*USB*

Implementers Forum, forum d'implémentation du standard USB) pour développer, supporter et promouvoir l'architecture USB.

✔ Voir la section "Chipsets", p. 135.

Le forum USB-IF a officiellement publié la spécification USB 1.0 en janvier 1996 et la spécification USB 1.1 en septembre 1998. Cette mise à jour consistait essentiellement en une clarification de certains points liés notamment aux hubs. La plupart des périphériques et hubs sont compatibles avec la version 1.1, même s'ils ont été commercialisés avant la publication de la nouvelle version. Plus récemment, le forum USB-IF a publié la spécification USB 2.0, qui est 40 fois plus rapide que l'USB d'origine tout en restant compatible avec les versions antérieures du standard. Il est possible d'ajouter des ports USB sur un PC ancien qui n'en possède pas, par le biais d'une carte d'extension PCI (pour un ordinateur de bureau) ou PC Card (pour un portable). Il existe également des cartes d'extension permettant de mettre à niveau un ordinateur qui ne possède qu'une interface USB 1.1. À l'heure où nous écrivons, la quasi-totalité des cartes mères du marché sont équipées d'au moins quatre ports USB 2.0.

Détails techniques de l'interface USB

La version 1.1 de l'interface USB prévoit un débit de 12 Mbit/s (1,5 Mo/s) par l'intermédiaire d'une simple connexion à quatre fils. Le bus accepte jusqu'à 127 périphériques (fonctions et hubs compris). Il utilise une topologie en étoile à plusieurs niveaux reposant sur des hubs d'extension situés dans le PC ou sur l'un des périphériques du bus USB, et qui peuvent même se présenter sous forme de boîtiers de connexion indépendants. Il faut noter que, bien que le standard autorise la connexion de 127 périphériques, ceux-ci doivent tous se partager une bande passante de 12 Mo/s ; autrement dit, pour chaque périphérique supplémentaire, le transfert des données sera un peu ralenti sur le bus. En pratique, peu d'utilisateurs connectent plus de huit périphériques à la fois.

Pour les périphériques fonctionnant à bas débit, comme les dispositifs de pointage et les claviers, le bus USB possède également un sous-canal plus lent, dont le débit ne dépasse pas 1,5 Mbit/s.

Le standard USB fait appel à un système d'encodage des données, appelé NRZI (*Non Return To Zero Invert*). Dans cette méthode d'encodage, les 1 et les 0 sont représentés par des variations de puissance opposées qui alternent les tensions hautes et basses sans retourner à la tension de référence entre les bits encodés. Le 1 est représenté par l'absence de changement de niveau du signal ; le 0 est représenté par un changement de niveau du signal. Une chaîne de plusieurs 0 successifs provoque le positionnement des données encodées à chaque bit. Une chaîne de plusieurs 1 successifs entraîne de longues périodes sans transitions entre les données. L'efficacité de ce système tient à ce qu'il économise un grand nombre d'impulsions, ce qui engendre un gain de la bande passante et des pertes de temps minimisées.

Les périphériques USB sont considérés soit comme des *hubs*, soit comme des *fonctions*, soit les deux. Les hubs fournissent des points de connexion supplémentaires au port USB, ce qui permet de

connecter des hubs ou des fonctions supplémentaires. On appelle ici "fonctions" les périphériques individuels connectés au port USB, par exemple un clavier, une souris, un appareil photo, une imprimante, un téléphone, etc. Les ports initiaux du PC constituent ce qu'on appelle le *hub racine*, ou *concentrateur racine*; ils sont le point de départ de l'interface USB. La plupart des cartes mères disposent de deux, trois, voire quatre ports USB, chacun pouvant recevoir des fonctions ou des hubs supplémentaires. En règle générale, chaque hub racine possède deux ports USB.

Sur certains modèles, un ou deux connecteurs USB sont installés sur la façade du boîtier, ce qui est très pratique pour les périphériques utilisés occasionnellement, comme les appareils photo numériques et les lecteurs de carte à mémoire flash. Les hubs externes (appelés également *hubs génériques*) sont essentiellement des concentrateurs de câblage. Ils permettent le raccordement de plusieurs périphériques selon une topologie en étoile. Chaque point de connexion est considéré comme un port. La plupart des hubs disposent de quatre ou huit ports, mais ils peuvent en posséder plus. Pour augmenter encore le nombre de branchements, vous pouvez connecter d'autres hubs aux ports d'un hub existant. Le hub contrôle à la fois la connexion et l'alimentation de chaque fonction.

En plus d'offrir des connecteurs supplémentaires, le hub alimente en courant électrique les périphériques qu'il dessert. Il autorise la connexion dynamique des périphériques et fournit à ceux-ci au moins 0,5 W de puissance électrique pendant la durée de l'initialisation. S'il est contrôlé par un pilote logiciel, le hub peut augmenter cette puissance jusqu'à 2,5 W.

Selon le type de périphériques USB, la puissance nécessaire à leur alimentation, mesurée en milliampères (mA), est très différente. Les périphériques alimentés par le bus USB (qui tirent leur énergie du port USB) peuvent nécessiter jusqu'à 500 mA (la puissance maximum que peut fournir un port USB), voire seulement 100 mA ou même moins. Les périphériques autoalimentés tirent également de l'énergie du port USB, mais le courant de charge peut alors se réduire à 2 mA.

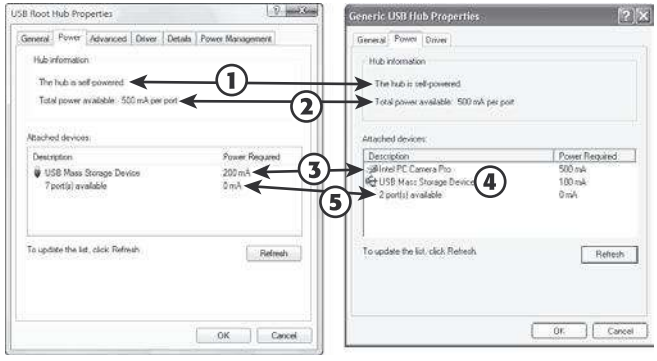
En raison de la nature Plug and Play de ce bus, l'ordinateur peut interroger les périphériques connectés sur leurs besoins en courant électrique et générer un avertissement si le niveau de courant électrique disponible est insuffisant. Cette particularité est non seulement importante pour les ordinateurs portables, car la puissance de la batterie ne peut faire fonctionner qu'un nombre limité de périphériques, mais elle permet aussi de gérer les différences qui existent entre les hubs.

Les hubs racines et autoalimentés (hubs connectés à un adaptateur secteur) fournissent une puissance de 500 mA à chaque port USB. Toutefois, les hubs alimentés par le bus (hubs sans adaptateur secteur) ne fournissent que 100 mA par port, car ils utilisent la puissance fournie par le port USB en amont et la répartissent sur chaque port. Si vous branchez un périphérique USB qui nécessite plus de puissance que le port ne peut en fournir, l'appareil ne fonctionnera pas. Dans le pire des cas, vous pourriez même endommager le périphérique. Par exemple, le contenu de certains lecteurs USB à mémoire flash (qui exigent généralement de 200 à 500 mA) peut être détruit lorsque ces lecteurs sont connectés à un hub alimenté par le bus (qui ne prévoit que 100 mA par port). Certains constructeurs incorporent maintenant des protections contre les surtensions dans leurs produits, mais il reste risqué et donc déconseillé de connecter un lecteur USB à mémoire flash ou un lecteur de cartes USB dans un hub alimenté par le bus.

Pour connaître la puissance exigée par un périphérique USB avant de l'acheter, vérifiez les spécifications du produit ou contactez son fabricant. Pour déterminer la puissance disponible par port et la puissance des appareils branchés dans le port USB sous Windows, ouvrez le panneau de configuration, ouvrez le panneau Propriétés de chaque hub racine ou générique, puis cliquez sur l'onglet Marche/Arrêt. La section Informations du concentrateur sous cet onglet indique le type de hub (autoalimenté ou alimenté par le bus) ainsi que la puissance disponible par port. Dans la section Périphériques attachés, chaque périphérique connecté au hub est classé par catégories et selon la puissance nécessaire à son fonctionnement (voir Figure 13.2).

Figure 13.2

Exemples de hub USB et de puissance d'alimentation sous Windows Vista (à gauche) et Windows XP (à droite).



1. Type de hub
2. Puissance par port
3. Périphériques demandant beaucoup de puissance
4. Périphériques demandant peu de puissance
5. Ports restants

En raison des grandes différences de besoins en alimentation que requièrent les différents périphériques USB et les risques encourus, nous vous recommandons d'utiliser exclusivement des hubs USB autoalimentés. Gardez à l'esprit que certains concentrateurs USB sur le marché ne disposent pas d'adaptateur secteur et qu'un certain nombre de hubs USB 1.1 sont encore en vente. Les périphériques USB 2.0 connectés à un hub USB 1.1 ne fonctionnent qu'à la vitesse de la norme USB 1.1.

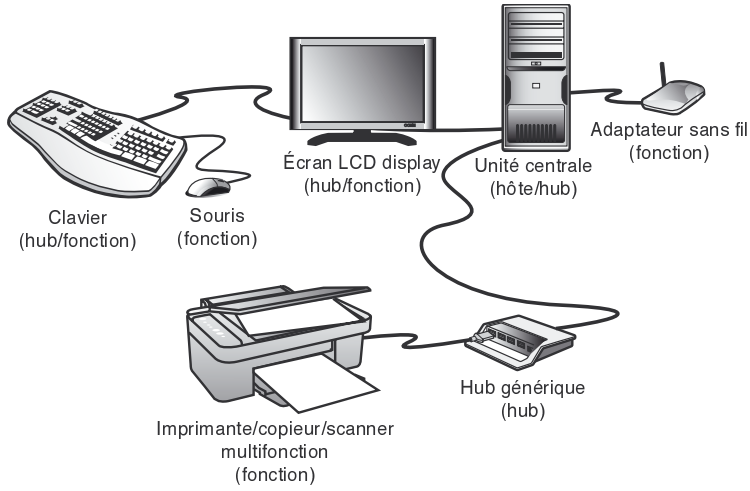
Les périphériques qui utilisent plus de 100 mA, comme les webcams et les périphériques de stockage de masse USB, doivent être connectés à un hub principal ou à un hub générique autoalimenté, comme l'illustre la Figure 13.2. Les périphériques qui n'utilisent que 100 mA ou moins, comme certains types de claviers et de moniteurs, peuvent être connectés à des hubs alimentés par le bus.

Si un dispositif branché à un hub autoalimenté cesse de fonctionner, vérifiez la connexion de la source d'alimentation du hub autoalimenté. Si l'alimentation connaît une défaillance, le hub autoalimenté devient un hub alimenté par le bus et ne fournit plus que 100 mA par port au lieu de 500 mA.

Lorsque vous connectez un hub pour la première fois, il se voit affecter une adresse unique; il est possible d'installer jusqu'à cinq hubs en cascade (voir Figure 13.3). Un hub fonctionne comme un répéteur bidirectionnel : il répète les signaux USB en fonction des besoins en amont (vers le PC) et en aval (vers les périphériques). Il surveille également ces signaux et gère les transactions qui lui sont adressées. Toutes les autres transactions sont redirigées vers les périphériques concernés. À la Figure 13.3, le terme "hôte" désigne le PC et "hub" les PC, les hubs externes ou les périphériques qui disposent d'un hub. Le terme "fonction" désigne, lui, les périphériques USB connectés à un concentrateur racine ou à un hub générique.

Figure 13.3

Un PC avec des périphériques USB peut supporter un large éventail de périphériques qui se connectent au hub le plus pratique pour eux.



Infos

Un hub USB 1.1 supporte un débit de 12 Mbit/s (pour les périphériques rapides) et 1,5 Mbit/s (pour les périphériques plus lents). Tous les hubs USB 2.0 supportent également ces débits, ainsi que le débit de 480 Mbit/s utilisés par les périphériques USB 2.0 natifs.

À haut débit (480 Mbit/s pour l'USB 2.0 ou 12 Mbit/s pour l'USB 1.1), la longueur maximale du câble séparant deux périphériques, ou un périphérique et un hub, est de cinq mètres avec un câble à paire torsadée de 20 (échelle de calibrage AWG, soit 0,8 mm de diamètre). À faible débit (1,5 Mbit/s), elle est de trois mètres avec un câble à paire non torsadée. Ces valeurs maximales diminuent parallèlement au diamètre du câble (voir Tableau 13.5).

Bien que le bus USB 1.1 n'offre pas un débit aussi élevé que les bus FireWire ou SCSI, il reste très intéressant pour les types de périphériques pour lesquels il a été conçu. La version 2.0 fonctionne 40 fois plus vite et autorise des débits de 480 Mbit/s (60 Mo/s), ce qui rend son utilisation tout à fait adaptée à la connexion de disques durs externes, de cartes mémoire flash, de scanners ou d'imprimantes. À quelques très rares exceptions près, toutes les cartes mères actuelles et les cartes USB additionnelles prennent en charge la norme USB 2.0. La plupart des hubs génériques répondent également à cette norme, bien que certains fournisseurs continuent de vendre des hubs USB 1.1. Un avantage supplémentaire de la version 2.0 est sa capacité à gérer des transferts simultanés, ce qui

Tableau 13.5 : Longueur maximale du câble USB en fonction de la section des fils

AWG (en mm)	Résistance (en ohm/mètre)	Longueur maximale
28 (0,3)	0,232 /m	0,81 m
26 (0,4)	0,145 /m	1,31 m
24 (0,5)	0,091 /m	2,08 m
22 (0,65)	0,057 /m	3,33 m
20 (0,8)	0,036 /m	5,00 m

permet aux périphériques compatibles USB 1.1 de transférer des données en même temps sans encombrer le bus USB.

✔ Pour en savoir plus sur la version USB 2.0, reportez-vous à la section "USB 2.0", p. 809.

Les différentes spécifications USB (USB 1.1, USB 2.0 et USB On-The-Go) ont entraîné l'apparition de nombreux types de connecteurs. À l'origine, quatre types de connecteurs USB existaient : les connecteurs de types A, B, mini-A et mini-B. Les connecteurs A sont destinés aux connexions en amont, entre un périphérique et un hôte ou un hub. Les ports USB des cartes mères et des hubs sont généralement de type A. Les connecteurs B sont destinés aux connexions en aval, vers des périphériques équipés d'un câble amovible. Comme leur nom l'indique, les connecteurs mini-A et mini-B sont simplement des versions miniatures des connecteurs normaux et sont conçus pour la connexion de périphériques plus petits, comme les caméscopes, les assistants électroniques et les lecteurs multimédias. Pour les périphériques USB On-The-Go, un miniconnecteur A-B a été conçu afin qu'un périphérique puisse agir à la fois en amont et en aval avec un autre périphérique.

En avril 2006, les connecteurs Micro-B et Micro-AB ont été ajoutés à la liste des connecteurs USB certifiés tandis que les connecteurs Mini-A et Mini-AB ont été retirés de cette même liste en mai 2007. Ainsi, depuis mi-2007, les nouveaux et futurs périphériques USB peuvent uniquement utiliser les connecteurs suivants : Série A, Série B, Mini-B, Micro-B et Micro-AB (le connecteur Micro-AB n'est utilisé que par les produits OTG).

Le connecteur physique d'un bus USB est de petite taille (en particulier les connecteurs mini et micro) et, contrairement à celui d'un câble parallèle ou série, il n'est pas fixé par des vis. Ses broches sont résistantes, ce qui rend les périphériques USB faciles à installer et à désinstaller. Les fiches USB illustrées à la Figure 13.4 s'enfichent dans leurs prises respectives.

La prise mini-AB fait double emploi puisqu'elle accepte indifféremment des fiches mini-A ou mini-B. Les nouveaux connecteurs mini-A et mini-B contiennent une partie en plastique qui permet de les repérer par leur couleur. Le Tableau 13.6 indique leurs couleurs.

Figure 13.4
Fiches et prises USB de types A et B.

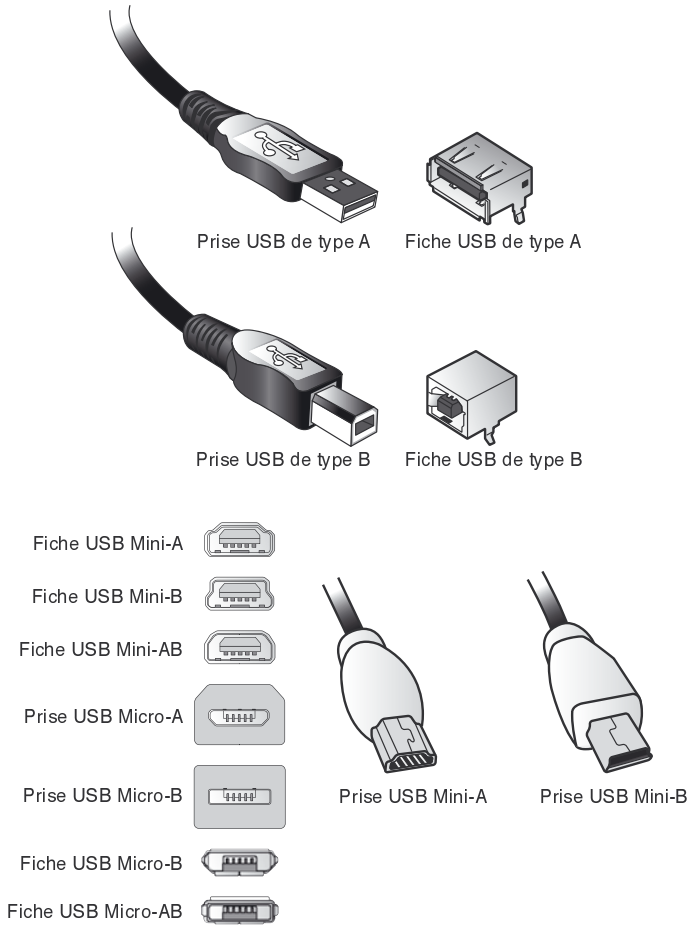


Tableau 13.6 : Couleur des connecteurs USB mini-A et mini-B

Connecteur	Couleur
Prise Mini-A	Blanc
Fiche Mini-A ou Micro-A	Blanc
Prise Mini-B ou Micro-B	Noir
Fiche Mini-B ou Micro-B	Noir
Prise Mini-AB ou Micro-AB	Gris

Les Tableaux 13.7 et 13.8 présentent le brochage des connecteurs et des câbles USB. De nombreux ordinateurs équipés de connecteurs USB disposent d'une ou deux paires de connecteurs de type A à l'arrière du boîtier. Certains modèles possèdent également une ou deux paires de connecteurs en façade pour une connexion plus facile des périphériques qui ne restent pas reliés en permanence.

Tableau 13.7 : Brochage des connecteurs USB A et B

Broche	Nom du signal	Couleur du fil	Commentaire
1	Vbus	Rouge	Alimentation du bus
2	– Données	Blanc	Transfert de données
3	+ Données	Vert	Transfert de données
4	Masse	Noir	Masse
Gaine	Blindage	–	Fil de drainage

Tableau 13.8 : Brochage des connecteurs USB mini et micro A/B

Broche	Nom du signal	Couleur du fil	Commentaire
1	Vbus	Rouge	Alimentation du bus
2	– Données	Blanc	Transfert de données
3	+ Données	Vert	Transfert de données
4	ID	–	Identification de connecteur A ou B*
4	Masse	Noir	Masse du câble
Gaine	Blindage	–	Fil de drainage

* Utilisé pour distinguer un connecteur mini-A d'un connecteur mini-B ou un connecteur Micro-A d'un connecteur Micro-B. Le fil d'ID est relié à la masse dans le cas d'une fiche mini-A, mais pas dans le cas d'une fiche mini-B (il est libre).

Le standard USB se conforme à la spécification Plug and Play (PnP) d'Intel, qui prévoit notamment la possibilité de brancher les périphériques de manière dynamique, c'est-à-dire alors que l'ordinateur est allumé et sans qu'il faille ensuite le réinitialiser. Il suffit de brancher le périphérique pour que le contrôleur USB du PC le détecte, puis détermine et affecte automatiquement les ressources et les pilotes nécessaires.

Sous Windows 95B et 95C, la prise en charge du standard USB 1.1 est très limitée. Les pilotes nécessaires ne sont pas présents sous les versions originales de Windows 95 et 95A. Sous Windows 95B, les pilotes USB ne sont pas inclus automatiquement mais ils sont disponibles séparément. La dernière version de Windows 95, Windows 95C, inclut les pilotes USB. Toutefois, de nombreux périphériques USB ne fonctionnent avec aucune version de Windows 95, même quand les pilotes sont disponibles séparément.

Windows 98 et les versions ultérieures prennent en charge la version 1.1 du standard USB. Toutefois, des pilotes supplémentaires sont nécessaires pour la version 2.0. Ils peuvent généralement être téléchargés sur le site de Microsoft, à l'aide de la fonction Windows Update. Microsoft Vista prend bien sûr en charge la version USB 2.0 nativement.

Pour certains périphériques USB, comme les claviers et les souris, la technologie USB doit être prise en charge par le BIOS. Il existe des cartes d'extension PCI et PC Card qui permettent d'ajouter le support USB à des ordinateurs ne l'intégrant pas en standard sur la carte mère. Parmi les périphériques USB, on trouve des modems, des scanners, des imprimantes, des lecteurs de CD-ROM, des téléphones, des manettes de jeu, des claviers et des dispositifs de pointage, tels que les souris et les trackballs.

La spécification USB présente un autre avantage : l'auto-identification des périphériques, fonction qui facilite considérablement leur installation. Autrement dit, il n'est pas nécessaire de définir des ID (ou *identificateurs*) exclusifs à chaque périphérique, le bus USB s'en chargeant automatiquement. Par ailleurs, les périphériques USB peuvent être branchés et débranchés "à chaud", c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire d'éteindre ou de réinitialiser l'ordinateur à chaque connexion ou déconnexion d'un périphérique.

Infos

Bien que les périphériques USB prennent en charge le branchement à chaud Plug and Play, vous devez installer les pilotes pour certains périphériques USB. S'il est indiqué que vous devez installer le logiciel avant de connecter le périphérique USB, assurez-vous de le faire, sinon le système ne sera pas en mesure de reconnaître le périphérique. Toutefois, même si le périphérique est accompagné d'un CD-ROM contenant les pilotes, nous vous conseillons de vérifier s'il existe des pilotes mis à jour sur le site web du constructeur.

Activer la prise en charge USB

Sur nombre d'ordinateurs fabriqués avant le lancement de Windows 98, la carte mère intègre bien des ports USB mais ils ont été désactivés à l'usine. Dans certains cas, surtout sur les cartes mères Baby AT, il est impossible de savoir de l'extérieur si une carte intègre des ports USB. En effet, un certain nombre d'ordinateurs sont commercialisés sans les câbles ni les connecteurs permettant de relier un périphérique ou un hub USB à la carte mère.

Si la prise en charge de la technologie USB a été désactivée dans le BIOS de votre ordinateur, redémarrez celui-ci et localisez l'écran de configuration du BIOS qui fait référence aux ports USB pour activer la fonction USB. Si vous voyez une entrée distincte pour l'IRQ USB, activez-la également. Dès que vous redémarrez l'ordinateur, votre système d'exploitation détecte votre "nouveau" hub USB et installe les pilotes requis si vous travaillez sous Windows 98 ou une version plus récente. Sous les dernières versions de Windows 95, vous pouvez avoir à installer les pilotes manuellement. Les pilotes USB 2.0 n'étaient pas fournis lors du lancement de Windows XP, mais sont maintenant disponibles en effectuant des mises à jour ou en téléchargeant les service packs. Utilisez la fonctionnalité Windows Update pour vous connecter au site de Microsoft et télécharger toutes les mises à jour nécessaires. Les cartes d'extension USB 2.0 peuvent être fournies avec leurs propres pilotes, que vous devez alors installer.

Si des connecteurs USB sont disponibles sur votre ordinateur, vous pouvez vous servir de vos "nouveaux" ports USB dès que les pilotes USB ont été installés. Toutefois, si le fabricant de la carte mère n'a pas fourni ces connecteurs, vous devez vous en procurer. Vérifiez auparavant la configuration des broches USB de la carte mère (la configuration standard consiste en deux rangées de cinq broches chacune). Vous pouvez commander des connecteurs de ce type sur de nombreux sites web de vente d'accessoires informatiques. La Figure 13.5 montre un jeu de connecteurs et de câbles USB types.

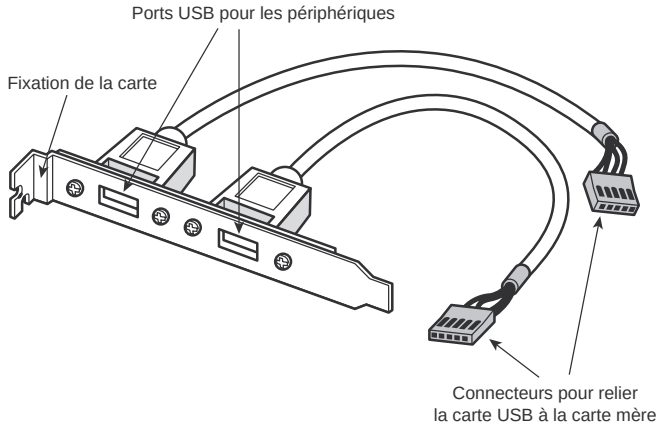


Figure 13.5
Jeu de connecteurs et de câbles USB pour carte mère. Grâce à cet accessoire, il est possible de relier des périphériques à la carte mère quand celle-ci n'intègre pas de ports USB.

L'un des principaux avantages du bus USB est qu'il ne monopolise qu'une seule requête d'interruption (IRQ) sur le PC. Il est donc possible de connecter jusqu'à 127 périphériques sans que chacun d'entre eux n'utilise une IRQ différente, ce qui serait le cas si chaque périphérique était connecté à une interface distincte.

L'interface USB peut également être adaptée à des périphériques anciens. Pour en savoir plus, reportez-vous à la section "Adaptateurs USB", plus loin dans ce chapitre.

USB 2.0

La version 2.0 de la norme USB offre une compatibilité descendante totale avec la version 1.1. Elle emploie les mêmes câbles, connecteurs et pilotes, mais est 40 fois plus rapide. Ces meilleures performances sont répercutées sur celles des périphériques, comme les webcams haute résolution, les scanners et les imprimantes. On connecte ces appareils au moyen de la même installation Plug and Play que les périphériques compatibles avec les anciennes versions. Du point de vue de l'utilisateur, l'interface USB 2.0 fonctionne exactement comme les versions antérieures, mais à une vitesse accrue et avec des périphériques plus rapides et plus intéressants. Tous les périphériques USB conçus pour la version 1.1 sont compatibles avec le standard 2.0, qui prend en charge les vitesses de connexion plus élevées. Le Tableau 13.9 présente les débits de données USB.

Tableau 13.9 : Débits de données USB

Interface	Mbit/s	Mo/s
USB 1.1 bas débit	1,5	0,1875
USB 1.1 haut débit	12	1,5
USB 2.0	480	60

Si votre carte mère ou votre ordinateur dispose de ports compatibles USB 2.0, vous pouvez devoir activer la prise en charge de la version USB 2.0 dans le BIOS et installer le pilote approprié. Dans le cas contraire, les ports USB 2.0 seront utilisés comme des ports USB 1.1.

✔ Pour plus détails, voir la section "Le menu Advanced", p. 319.

La prise en charge des périphériques USB 2.0 à haut débit passe par l'utilisation d'un hub USB 2.0. Vous pouvez continuer d'utiliser un hub USB 1.1 sur un bus USB 2.0, mais les périphériques ou les hubs supplémentaires connectés en aval d'un hub 1.1 conserveront les débits inférieurs de l'USB 1.1. Seuls les périphériques connectés sur un hub USB 2.0 fonctionneront à leur débit maximal. Les débits supérieurs obtenus par le biais d'un bus 2.0 sont négociés périphérique par périphérique, et si ce débit n'est pas supporté par l'appareil, la liaison fonctionne au débit de la version 1.1.

Ainsi, un hub USB 2.0 accepte les transactions à haut débit et doit les restituer aux périphériques à haut débit de la version 2.0 ainsi qu'aux périphériques USB 1.1. Cette obligation de respecter les débits de données engendre une plus grande complexité et implique la mise en mémoire tampon des données qui entrent à haut débit. Lorsqu'il communique avec un périphérique USB 2.0, le hub 2.0 se contente de répéter les signaux envoyés à haut débit. Lorsqu'il communique avec un périphérique 1.1, en revanche, le hub USB 2.0 effectue une mise en mémoire tampon et gère la transition entre le haut débit du contrôleur hôte USB 2.0 (au niveau du PC) et le débit inférieur du périphérique 1.1 en utilisant un traducteur de transaction (TT). Certains constructeurs de cartes d'extension USB 2.0 équipent leurs cartes de ports USB 2.0 internes et externes.

Infos

Si un hub n'utilise qu'un seul TT pour tous les ports, les performances USB 1.1 en souffrent. Pour de meilleures performances, choisissez un hub qui utilise un TT séparé pour chaque port USB. Ces hubs sont généralement plus chers que les hubs utilisant un seul TT.

Pour distinguer les périphériques conçus pour prendre en charge une version de la norme USB en particulier et savoir s'ils ont obtenu la certification du forum USB-IF, vérifiez que l'emballage du produit contient les logos USB-IF indiquant si le produit a réussi les tests de certification USB, USB OTG et USB sans fil.

USB On-The-Go

Au mois de décembre 2001, le forum USB-IF a introduit une extension à la norme standard USB 2.0. Ce supplément, appelé "USB On-The-Go" (OTG), avait pour but de pallier l'un des principaux inconvénients du standard USB : le fait qu'un PC était requis pour transférer des données entre deux

périphériques. En d'autres termes, il n'était pas possible de transférer des données entre deux appareils photo sans passer par un PC. Avec la technologie USB On-The-Go, par contre, deux périphériques conformes à ce standard continuent de fonctionner normalement quand ils sont reliés à un PC mais ils offrent aussi d'autres possibilités quand ils sont reliés l'un à l'autre.

Bien que cette possibilité d'échange de données concerne aussi les périphériques informatiques, elle a été prévue principalement pour les appareils électroniques grand public, qui ne sont pas toujours situés à proximité du PC. Avec ce standard, des appareils tels que des magnétoscopes numériques ou des organiseurs de poche peuvent échanger des données entre eux. Le supplément On-The-Go rend la technologie USB 2.0 plus universelle, à la fois dans le monde de l'informatique et dans celui de l'électronique grand public.

La version actuelle 1.3 d'USB OTG est apparue en décembre 2006. Elle contient de nombreuses modifications par rapport aux versions précédentes, comme la possibilité d'utiliser les ports micro USB plutôt que les ports mini comme c'était le cas auparavant. Avec l'adoption des ports micro, USB OTG 1.3 permet aux périphériques électroniques plus compacts de prendre en charge l'extension USB OTG.

Wireless USB

Avec la généralisation de l'USB et la popularité croissante des connexions sans fil, il était évident qu'une extension sans fil de l'USB ne tarderait pas à apparaître. En réalité, deux visions différentes de l'USB sans fil ont vu le jour, chacune utilisant une technologie radio à bande ultralarge (*Ultra Wide Band*, ou UWB) différente :

- CableFree USB ;
- Certified Wireless USB.

L'extension CableFree USB, développée par Freescale Semiconductor, utilise le signal *Direct Sequence UWB* (DS-UWB) élaboré par le Forum UWB. Mais les constructeurs ont en majorité dédaigné CableFree USB, et seul Belkin a commercialisé un hub de ce type en 2006.

Les spécifications Certified Wireless USB ont été annoncées en 2004 par l'USB-IF. La version 1.0 est apparue en mai 2005 et à subi plusieurs modifications depuis. La norme Certified Wireless USB utilise la technologie radio à bande ultralarge Wi-Media MB-OFDM développée par l'association WiMedia Alliance (**www.wimedia.org**), sur une gamme de fréquences radio allant de 3,1 à 10,6 GHz. L'utilisation de fréquences supérieures à 2,4 GHz (la fréquence utilisée par la plupart des réseaux fondés sur la norme 802.11) évite les interférences avec les normes de réseau sans fil les plus populaires. En divisant cette large gamme de fréquences en canaux de 528 MHz, il est possible d'utiliser la norme UWB dans des pays où les fréquences autorisées pour les communications sans fil sont différentes.

La norme Certified Wireless USB offre des vitesses allant jusqu'à 480 Mbit/s (soit autant que l'interface USB 2.0) dans un rayon de trois mètres et de 110 Mbit/s jusqu'à dix mètres. Les premiers

produits Certified Wireless USB ont été commercialisés en 2007. Il est amusant de constater que Belkin, qui a lancé un des premiers hubs CableFree USB, a présenté le premier hub Certified Wireless USB.

Les deux normes sans fil USB obligent l'utilisateur à valider le droit d'utilisation des périphériques en connectant une clé matérielle ou un câble de connexion *one-time* afin de garantir le cryptage de la connexion entre les périphériques.

Adaptateurs USB

Si vous possédez encore des périphériques anciens et que vous souhaitiez profiter des avantages du port USB de votre carte mère, sachez qu'il existe divers modèles de convertisseurs de signaux et d'adaptateurs USB. De nombreuses sociétés spécialisées dans les accessoires informatiques comme Belkin proposent des convertisseurs de différents types :

- USB-parallèle (imprimantes);
- USB-série;
- USB-SCSI;
- USB-Ethernet;
- USB-clavier/souris;
- USB-TV/vidéo.

Ces adaptateurs prennent la forme d'un câble équipé d'une fiche mâle USB à l'une de ses extrémités et de plusieurs connecteurs d'interface à l'autre. Dans certains cas, vous devez connecter un câble USB et le câble standard du périphérique à un adaptateur indépendant.

Mais ces dispositifs proposent plus de fonctions qu'un simple câble : des composants électroniques actifs sont cachés à l'intérieur d'un module qui longe le câble ou qui est placé près de l'une de ses extrémités. Ces composants sont alimentés par le bus USB. Ils convertissent les signaux avant de les envoyer vers l'autre interface. Si vous ne pouvez pas utiliser un adaptateur natif sur votre périphérique, la conversion de ses ports en USB à l'aide d'un de ces adaptateurs vous permet de toujours utiliser ce périphérique. Par exemple, grâce à un adaptateur USB-Ethernet, un ordinateur dénué de baies d'extension peut se connecter à un périphérique Internet à haut débit (modem câble ou DSL).

Ces câbles présentent cependant quelques inconvénients. Par exemple, le convertisseur USB-parallèle ne fonctionne qu'avec les imprimantes et non avec les autres périphériques en parallèle, comme les scanners, les appareils photo numériques, les lecteurs externes, etc. Avant d'acheter un tel câble, assurez-vous qu'il va fonctionner avec le ou les périphériques concernés. Si vous avez besoin de relier plusieurs périphériques non-USB à votre PC, envisagez l'installation d'un hub spécial intégrant plusieurs combinaisons possibles de types de ports. Ces hubs sont plus onéreux que les câbles USB uniquement, mais ils reviennent moins cher que le coût combiné d'un hub USB comparable et de deux ou trois câbles de conversion.

Il existe un autre type d'adaptateur fonctionnant en connexion directe. Celui-ci permet de connecter ensemble et directement deux PC équipés de ports USB, afin de former un réseau. Cette solution est bien connue des amateurs de jeux habitués à jouer à plusieurs. Il peut également être utilisé pour le transfert de fichiers. En effet, cette connexion semble fonctionner aussi bien, voire mieux, que la connexion parallèle directe. Il existe également des commutateurs USB grâce auxquels il est possible de partager un périphérique sur plusieurs bus USB. Notez que ces deux solutions ne sont pas certifiées USB, même si elles sont commercialisées.

IEEE-1394

L'IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, Institut des ingénieurs en électricité et en électronique) a lancé le standard IEEE-1394 (en abrégé 1394) à la fin de l'année 1995. Pour la petite histoire, ce standard était le 1 394e que publiait cet institut. Il est apparu pour répondre aux besoins importants des périphériques multimédias audio et vidéo en matière de transfert de données. L'avantage de l'interface IEEE-1394 est avant tout son incroyable vitesse ; le standard actuel supporte des taux de transfert pouvant atteindre 400 Mbit/s.

Les standards 1394

Le standard IEEE-1394a, également appelé 1394a-2000 pour indiquer l'année de son apparition, a été introduit afin de résoudre les problèmes d'interopérabilité et de compatibilité que rencontrait le standard 1394 d'origine. Il emploie les mêmes connecteurs et supporte les mêmes débits que ce dernier.

La famille de standards 1394 compte également la version 1394b, apparue au début de l'année 2003. Initialement, 1394b supporte des taux de transfert de 800 Mbit/s ; mais les versions futures devraient monter jusqu'à 3200 Mbit/s. La norme 1394b sera capable d'atteindre des vitesses nettement supérieures aux standards 1394 et 1394a dans la mesure où elle prendra en charge les technologies réseau fondées sur les câbles en fibre optique en verre ou en plastique, les câbles de catégorie UTP 5 capables d'augmenter les distances entre les périphériques ; enfin, elle aura pour conséquence une amélioration des signaux. Elle offrira une compatibilité descendante totale avec les périphériques 1394a.

Le standard 1394 est également connu sous deux autres appellations : i.Link et FireWire. La première, *i.Link*, est la désignation utilisée par Sony pour attribuer un nom un peu plus sympathique au standard IEEE-1394. La plupart des sociétés qui fabriquent des ports 1394 pour PC ont adopté cette dénomination. Quant au terme *FireWire*, il s'agit d'une appellation commerciale propre à Apple, qui vend les licences aux fabricants souhaitant adjoindre ce nom de FireWire à un produit. Toutefois, en mai 2002, Apple et la 1394 Trade Association ont annoncé la signature d'un accord autorisant la Trade Association à distribuer des licences sans redevance pour utilisation de la marque FireWire avec des produits dont la conformité au standard 1394 a été testée par l'association. Apple continue d'utiliser "FireWire" dans son marketing pour les périphériques IEEE-1394. La désignation

FireWire 400 fait ainsi référence aux produits Apple conformes à la norme IEEE-1394a et FireWire 800 aux produits Apple conformes à la norme IEEE-1394b.

Détails techniques de l'interface IEEE-1394a

Le standard IEEE-1394a existe aujourd'hui en trois versions qui se distinguent par leurs débits, respectivement de 100, 200 et 400 Mbit/s (12,5, 25 et 50 Mo/s). La plupart des cartes d'extension pour PC sont compatibles avec le débit de 400 Mbit/s (50 Mo/s), même si le taux de transfert de certains périphériques actuels peut être moindre. Une même carte d'extension IEEE-1394 admet un maximum de 63 périphériques, reliés en chaîne bouclée et à branches. Les périphériques IEEE-1394, à la différence de leurs contreparties USB, peuvent ainsi être montés sans passer par un hub. Les hubs sont toutefois recommandés pour les périphériques nécessitant un branchement à chaud. Les câbles des périphériques IEEE-1394/1394a utilisent des connecteurs dérivés de la console de jeux Game Boy, de Nintendo. Ils sont composés de six conducteurs. Quatre fils servent à transmettre les données; les deux autres servent à acheminer le courant électrique. La connexion avec la carte mère s'effectue à l'aide d'une interface IEEE-1394 dédiée ou d'une carte PCI. La Figure 13.6 illustre le câble ainsi que la fiche et la prise de l'interface IEEE-1394/1394a.

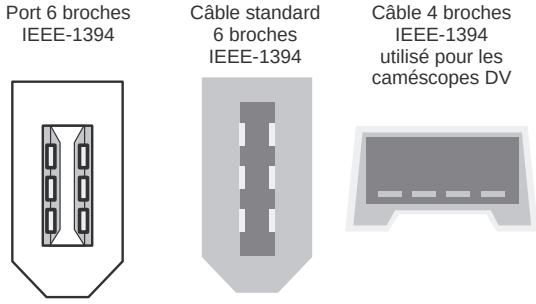


Figure 13.6
Port IEEE-1394, câble à six broches et câble à quatre broches.

Ce bus 1394 est en fait issu du bus FireWire, originalement conçu par Apple et Texas Instruments. Le standard IEEE-1394a utilise un simple câble à six fils composé de deux paires différentielles d'horloge et de données, auxquelles s'ajoutent deux fils d'alimentation. Le câble à quatre broches de la Figure 13.7 est utilisé sur les périphériques autoalimentés, par exemple les caméscopes numériques. À l'instar du standard USB, le standard IEEE-1394 se conforme pleinement à la spécification Plug and Play, et il permet lui aussi de brancher et de débrancher les périphériques à chaud (sans qu'il soit nécessaire de redémarrer l'ordinateur après avoir connecté ou déconnecté un périphérique). Contrairement au bus parallèle SCSI, beaucoup plus complexe, le bus IEEE-1394 ne nécessite pas de terminaison sophistiquée, et les périphériques connectés au bus peuvent absorber jusqu'à 1,5 A de courant électrique.

Le standard IEEE-1394 repose sur une topologie à chaîne bouclée et à branches. Il permet de connecter jusqu'à 63 nœuds, chaque nœud pouvant recevoir une chaîne de 16 périphériques au maximum. Si cela n'est pas suffisant, ce standard autorise aussi de connecter jusqu'à 1023 bus pontés afin de relier un total de 64000 nœuds! En outre, il est possible de connecter au même bus des périphériques

travaillant avec des débits différents, tout comme le bus SCSI. La plupart des adaptateurs 1394 disposent de trois nœuds, chacun pouvant supporter 16 périphériques dans une combinaison de type chaîne bouclée. Certaines cartes 1394 supportent également des périphériques 1394 internes.

Parmi les types de périphériques qui pourront être connectés à un PC par l'intermédiaire d'un port IEEE-1394 figurent principalement les caméscopes, les équipements d'édition vidéo et toutes les formes de lecteurs, qu'il s'agisse de disques durs, de disques optiques, de lecteurs de disquettes, de lecteurs de CD-ROM ou de lecteurs de DVD-ROM. Beaucoup d'appareils photo numériques, de lecteurs de bandes, de périphériques à haut débit et de scanners haute résolution compatibles avec le standard IEEE-1394 intègrent eux aussi une interface. On constate le remplacement progressif des autres bus à haut débit, comme l'USB, par le bus IEEE-1394 tant sur les ordinateurs de bureau que sur les ordinateurs portables.

Beaucoup de constructeurs fabriquent des chipsets et des adaptateurs PCI pour le bus IEEE-1394. Certains modèles supportent à la fois le standard 1394 et d'autres types de ports sur un seul et même connecteur. Microsoft a conçu des pilotes permettant d'utiliser ce bus sous Windows 9x et les versions ultérieures. Les appareils conformes au standard IEEE-1394 sont pour l'essentiel des caméscopes et des magnétoscopes numériques. Sony a été l'un des premiers fabricants à proposer des appareils de ce type, avec le logo i.Link. Cependant, comme à l'accoutumée avec ce constructeur, les produits Sony emploient un connecteur spécifique. Ce connecteur ne possède que quatre fils et nécessite un cordon adaptateur pour pouvoir être utilisé avec les cartes IEEE-1394 pour PC. C'est pourquoi Sony n'utilise pas les dénominations IEEE-1394 ou FireWire; il a créé sa propre dénomination : i.Link (certains appareils récents de Sony utilisent le port standard six broches IEEE-1394, tout en continuant à utiliser le nom i.Link). D'autres constructeurs, comme JVC, Panasonic et Sharp, proposent du matériel de vidéo numérique IEEE-1394. Le standard IEEE-1394 est utilisé pour des périphériques qui ne sont pas liés directement à l'informatique de bureau, dans des domaines tels que la visioconférence numérique, la diffusion audio et vidéo par satellite, la synthèse audio, la lecture de DVD et d'autres formes de disques à haut débit.

Étant donné que les fabricants de périphériques IEEE-1394 semblent actuellement mettre l'accent sur la vidéo numérique, la plupart des cartes FireWire pour PC commercialisées aujourd'hui sont livrées avec des logiciels de capture vidéo numérique et de montage vidéo. Si vous êtes disposé à investir dans de l'équipement vidéo numérique, ces cartes devraient vous permettre de bénéficier sur votre PC de possibilités très étendues en matière d'édition vidéo et de doublage. Bien entendu, vous devez pour ce faire être équipé d'une connectivité d'entrées/sorties IEEE-1394, ce qui n'est pas encore systématique sur les cartes mères actuelles.

Détails techniques de l'interface IEEE-1394b

IEEE-1394b est la deuxième génération du standard 1394, dont les premiers produits (des lecteurs de disque externes à hautes performances) ont été introduits en janvier 2003. IEEE-1394b utilise l'un des deux nouveaux câbles et connecteurs à neuf broches pour prendre en charge des vitesses de

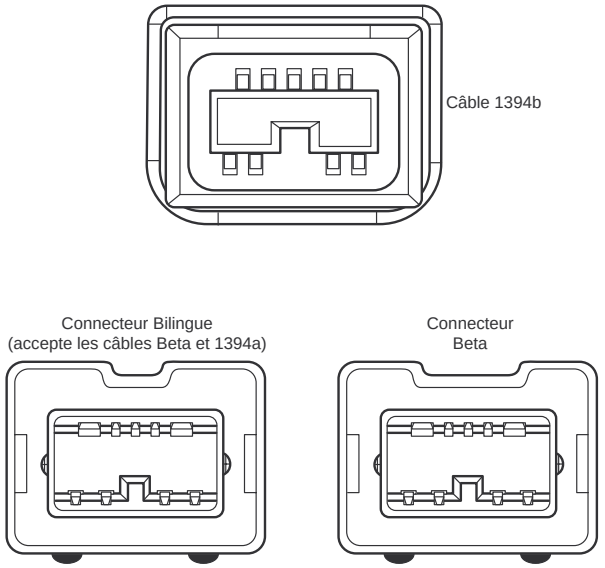


Figure 13.7
Connecteurs et câbles Bilingue et Beta. Beaucoup d'implémentations 1394b utilisent les deux types de connecteurs.

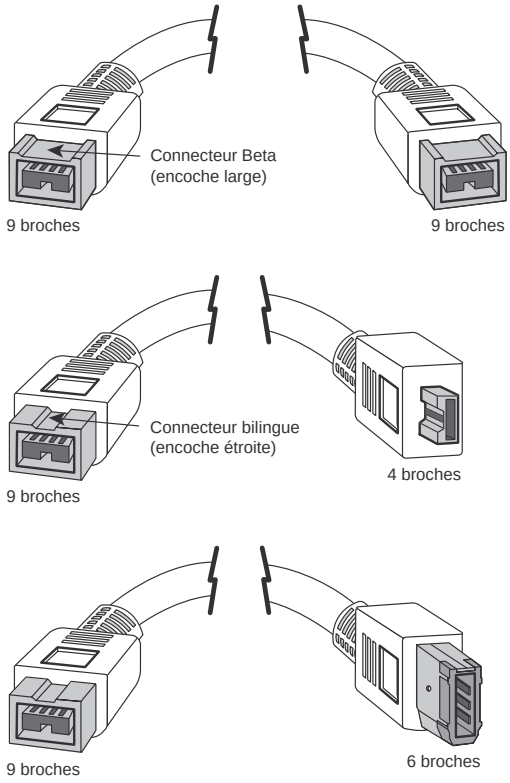
800 Mbit/s à 3200 Mbit/s avec un câblage de cuivre ou de fibre optique. En plus de ces taux de transfert plus rapides, 1394b offre quelques autres caractéristiques nouvelles :

- Autoréparation des boucles. Si des périphériques 1394b sont incorrectement connectés les uns aux autres pour créer une boucle logique, l'interface corrige automatiquement le problème, ce qui n'était pas le cas d'IEEE-1394a.
- Double simplex continu. Des deux paires de fils utilisées, chaque paire transmet des données à l'autre périphérique de manière à conserver une vitesse constante.
- Support de la fibre optique et du câblage réseau CAT5 ainsi que les câblages standard en cuivre 1394a et 1394b.
- Arbitrage amélioré des signaux pour prendre en charge des performances accrues et des câblages plus longs.
- Support des câbles CAT5, même s'il n'utilise les broches 1 et 2 ainsi que 7 et 8 que pour une meilleure fiabilité. Ne requiert pas de câbles croisés.

Les implémentations initiales d'IEEE-1394b utilisent une nouvelle interface à neuf fils avec deux paires de fils de signaux. Néanmoins, afin que le port puisse prendre en charge des périphériques compatibles 1394a, il existe deux versions différentes de ports 1394b :

- Beta ;
- Bilingue.

Figure 13.8
Câble 1394b Beta-Beta (en haut) comparé à un bilingue à 4 broches (milieu) et un bilingue à 6 broches (en bas).



Les connecteurs Beta supportent uniquement des périphériques 1394b, les connecteurs bilingues acceptant les périphériques 1394a et 1394b. Comme le montre la Figure 13.7, les connecteurs et les câbles ont le même brochage, mais leurs détrompeurs sont différents.

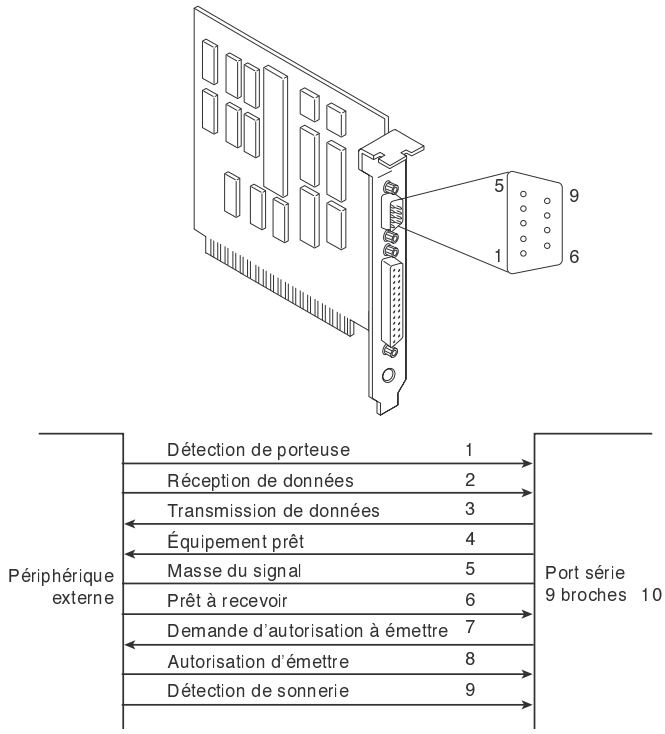
Notez que les connecteurs et les câbles bilingues ont un détrompeur plus petit que les connecteurs et câbles Beta. Cela évite ainsi de connecter des périphériques 1394a au connecteur Beta. La Figure 13.8 compare un câble 1394b Beta-Beta à des câbles bilingues-1394a.

Ports série

L'interface série asynchrone a été conçue comme port de communication de système à système. Le terme asynchrone signifie qu'aucun signal de synchronisation (ou horloge) n'est présent, afin que les caractères puissent être envoyés à intervalle de temps arbitraire.

Chaque caractère qui est envoyé sur une connexion série est encadré par un signal standard de démarrage et d'arrêt. Un seul bit 0, appelé le bit de démarrage, précède chaque caractère pour indi-

Figure 13.9
Spécifications du connecteur de port série à 9 broches de type AT.



quer au système récepteur que les huit bits suivants constituent un octet de données. Un ou deux bits d'arrêt suivent le caractère pour signaler que le caractère a été envoyé. Du côté du récepteur, les caractères sont reconnus par les signaux de démarrage et d'arrêt et non par le moment où ils arrivent. L'interface asynchrone est orientée caractère et possède une surcharge d'environ 20 % pour les informations supplémentaires qui sont nécessaires à l'identification de chaque caractère.

Le terme *série* se réfère aux données qui sont envoyées sur un seul fil, chaque bit étant aligné en série lors de leur envoi. Ce type de communication est utilisé sur le système téléphonique, car il n'utilise qu'un fil pour les données émises dans chaque direction.

L'emplacement des ports série

Les ordinateurs de bureau comprennent généralement un ou deux ports série, dont les connecteurs sont situés à l'arrière du système. Cependant, la plupart des ordinateurs portables récents ne disposent plus de ports série, tandis que certains ordinateurs destinés aux utilisateurs plus anciens intègrent un port série sur la face avant destiné aux appareils photo numériques (mais fonctionnant comme un port série normal). Sur les systèmes récents, ces ports série intégrés sont contrôlés par une puce South Bridge intégrée à la carte mère.

Si vous avez besoin de plus de ports série que votre système n'en contient en standard, vous pouvez acheter des cartes d'extension offrant un ou plusieurs ports voire des cartes *multi E/S* qui disposent de deux ports série et d'un ou deux ports parallèles.

Il est à noter qu'un port série peut être incorporé aux cartes des modems internes en tant que partie intégrante du circuit du modem (à l'exception des modems sans contrôle du flux logiciel). La Figure 13.9 montre le connecteur à neuf broches standard utilisé par les ports série externes les plus modernes. La Figure 13.10 illustre la version standard initiale à 25 broches.

Les ports série ont été utilisés pour connecter différents périphériques, qu'il s'agisse de modems, de traceurs, d'imprimantes, d'assistants électroniques, de stations d'accueil, d'autres ordinateurs, de lecteurs de codes-barres et des circuits de contrôle. Bien que la plupart des périphériques qui utilisaient auparavant les ports série utilisent maintenant les ports USB, certains périphériques s'en servent encore.

Les spécifications officielles RS-232 recommandent une longueur de câble maximale de 15 mètres. Le facteur limitant est la capacité de charge totale des câbles et des circuits d'entrée de l'interface. La capacité maximale est de 2500 pF (picofarads). Des câbles spéciaux à faible capacité peuvent effectivement augmenter considérablement la longueur de câble maximale, jusqu'à 152 mètres, voire plus. L'utilisation d'amplificateurs et de répéteurs de ligne peut elle aussi augmenter encore la longueur du câble. Les Tableaux 13.10, 13.11 et 13.12 détaillent respectivement le brochage des connecteurs série à neuf broches de type AT, des connecteurs à 25 broches et des câbles adaptateurs 9 broches-25 broches.

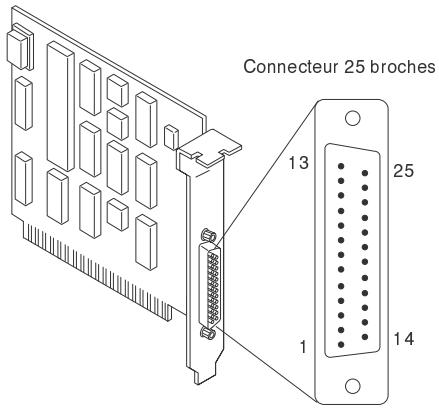
Tableau 13.10 : Connecteur de port série à 9 broches (AT)

Broche	Signal	Description	Entrées/sorties
1	DCD	Détection de porteuse	Entrée
2	RD	Réception de données	Entrée
3	TD	Transmission de données	Sortie
4	DTR	Équipement prêt	Sortie
5	SG	Masse du signal	–
6	DSR	Prêt à recevoir	Entrée
7	RTS	Demande d'autorisation à émettre	Sortie
8	CTS	Autorisation d'émettre	Entrée
9	RI	Détection de sonnerie	Entrée

Infos

Les anciens ordinateurs Macintosh utilisent une interface série similaire, baptisée RS-422 (les Macintosh PowerPC récents et tous les Mac qui utilisent une puce Intel ne disposent plus de ports RS-422). La plupart des modems externes basés sur le port série peuvent se connecter avec les ports RS-232 ou RS-422, mais il est plus sûr de faire en sorte que le modem externe que vous achetez soit pour un PC et non pour Macintosh.

Figure 13.10
Spécifications du connecteur de port série standard à 25 broches. NC signifie *non connecté,* ce qui indique une broche non utilisée.



Périphérique externe	Description	Broche	Adaptateur de communications asynchrones (RS-232C)
	NC	1	
←	Transmission de données	2	
→	Réception de données	3	
←	Demande d'autorisation à émettre	4	
→	Autorisation d'émettre	5	
→	Prêt à recevoir	6	
	Masse du signal	7	
→	Détection du signal reçu	8	
←	+ Données de boucle de courant de transmission	9	
	NC	10	
←	– Données de boucle de courant de transmission	11	
	NC	12	
	NC	13	
	NC	14	
	NC	15	
	NC	16	
	NC	17	
→	+ Retour de boucle de courant de transmission	18	
	NC	19	
←	Équipement prêt	20	
	NC	21	
→	Détection de sonnerie	22	
	NC	23	
	NC	24	
→	– Retour de boucle de courant de transmission	25	

Tableau 13.11 : Connecteur de port série à 25 broches (PC, XT et PS/2)

Broche	Signal	Description	Entrées/sorties
1	–	Masse de protection	–
2	TD	Transmission de données	Sortie
3	RD	Réception de données	Entrée
4	RTS	Demande d'autorisation à émettre	Sortie
5	CTS	Autorisation d'émettre	Entrée
6	DSR	Prêt à recevoir	Entrée
7	SG	Masse du signal	–
8	CD	Détection de porteuse	Entrée
9	–	+ Données de boucle de courant de transmission	Sortie
11	–	– Données de boucle de courant de transmission	Sortie
18	–	+ Retour de boucle de courant de transmission	Sortie
20	DTR	Équipement prêt	Sortie
22	RI	Détection de sonnerie	Entrée
25	–	– Retour de boucle de courant de transmission	Entrée

Tableau 13.12 : Connexions des câbles adaptateurs 9 broches-25 broches

9 broches	25 broches	Signal	Description
1	8	CD	Détection de porteuse
2	3	RD	Réception de données
3	2	TD	Transmission de données
4	20	DTR	Équipement prêt
5	7	SG	Masse du signal
6	6	DSR	Prêt à recevoir
7	4	RTS	Demande d'autorisation à émettre
8	5	CTS	Autorisation d'émettre
9	22	RI	Détection de sonnerie

La puce UART

Au cœur de tout port série universel se trouve la puce UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). Cette puce contrôle complètement le processus de formatage des données nativement parallèles dans le PC en données série et plus tard de conversion des données série en données parallèles.

Plusieurs types de puces UART sont disponibles sur le marché. L'original PC et XT utilisent la puce UART 8250, présente sur les cartes d'entrée de gamme pendant de nombreuses années. La puce UART existait en fait sur les premiers ordinateurs 16 bits. La seule différence entre ces puces est leur capacité à gérer les vitesses élevées. La puce 16450 est mieux adaptée aux communications très rapides que la puce 8250; sinon, les deux puces semblent identiques à la plupart des logiciels. La puce UART 16550 a été la première série de puces utilisées sur le port PS/2 d'IBM. Les ordinateurs 386 et suivants l'ont ensuite rapidement adoptée. La puce 16550 fonctionne de la même manière que les puces 16450 et 8250 qui l'ont précédée, mais y ajoute une mémoire tampon de 16 octets, ce qui a engendré une vitesse des communications accrue. On appelle parfois cette mémoire tampon FIFO (*First In First Out*, ou "premier entré, premier sorti"). Malheureusement, les premières puces 16550 présentaient quelques bugs, en particulier dans la zone tampon, qui furent ensuite corrigés avec la sortie de la puce 16550A. La puce la plus récente, la puce 16550D, est apparue en 1995 et est produite par National Semiconductor. La puce 16550D ou son équivalent se trouve dans quasiment tous les PC et les cartes à port série produites depuis la fin des années 1990. Les ordinateurs les plus récents disposent d'une puce super E/S ou Super South Bridge sur la carte mère; ces puces émulent les fonctionnalités de la puce 16550D.

✔ Voir la section "Puces de Super-entrées/sorties", p. 218.

Plusieurs sociétés ont produit des versions de la puce 16550, dont la vitesse maximale est de 115 Kbit/s et qui comprennent de plus grandes mémoires tampon :

- 32 octets pour la puce 16550;
- 64 octets pour la puce 16750;
- 128 octets pour la puce 16850;
- 128 octets pour la puce 16950 qui peut également fonctionner à un débit normal ou ×4.

Ces puces n'étant pas de National Semiconductor, leurs appellations indiquent seulement qu'elles sont compatibles avec les puces 16550, mais disposent d'une plus grande mémoire tampon. Ces versions dotées d'une plus grosse mémoire tampon autorisent respectivement une vitesse de 230 Ko/s (16650), 460 Ko/s (16750) et 920 Ko/s (16850 et 16950) et sont recommandées lors de l'utilisation d'un lien de communication externe à grande vitesse, comme un adaptateur de terminal RNIS ou un modem 56 K externe. Les entreprises Lava Computer Mfg et SIIG offrent toutes deux une gamme complète de cartes destinées au port série ou parallèle, qui intègrent des ports série basés sur ces puces.

Cartes série haut débit

Si vous utilisez des périphériques externes RS-232 conçus pour fonctionner à des vitesses supérieures à 115 Ko/s (la vitesse maximale de la série de puces UART 16550 et leurs équivalents), ils ne

peuvent fonctionner à leur vitesse maximale que si vous remplacez vos ports série par des cartes additionnelles utilisant une des puces UART 16650, 16750, 16850 ou 16950 mentionnées. La plupart des cartes autorisent le paramétrage de la vitesse du port à 230 Ko/s, 460 Ko/s voire plus, ce qui est intéressant lors de la connexion d'un PC à un composant externe très rapide, comme un adaptateur RNIS. Pour que vous soyez en mesure de tirer le meilleur parti d'un modem RNIS externe, le port série doit en effet accepter un taux de transfert de 230 Ko/s au moins.

Configuration du port série

Chaque fois qu'un caractère est reçu par un port série, il doit attirer l'attention de l'ordinateur en soulevant une ligne de demande d'interruption (IRQ). Les bus 8 bits ISA disposent de huit de ces lignes, et les bus ISA 16 bits disposent de 16 lignes. Le contrôleur d'interruption de la puce 8259 ou son équivalent gère en général ces demandes. Dans une configuration standard, le port COM1 utilise IRQ4 et COM2 utilise IRQ3. Même sur les derniers ordinateurs, l'assignation par défaut des ports COM restent les mêmes afin de garantir la compatibilité avec les ordinateurs et les logiciels plus anciens.

Lorsqu'un port série est installé dans un ordinateur, il doit être configuré pour utiliser certaines adresses d'entrées/sorties (ports) et certaines interruptions (IRQ) en particulier. Le meilleur moyen de paramétrer ces périphériques consiste à suivre les normes existantes. Pour la configuration des ports série, utilisez les adresses et les IRQ indiquées au Tableau 13.13.

Tableau 13.13 : Adresses d'entrées/sorties et interruptions des ports série standard

COMx	Ports d'entrées/sorties	IRQ
COM1	3F8-3FFh	IRQ4
COM2	2F8-2FFh	IRQ3
COM3	3E8-3EFh	IRQ4[1]
COM4	2E8-2EFh[2]	IRQ3[1]

1. Bien que de nombreux ports série puissent être paramétrés pour utiliser IRQ3 et IRQ4 avec COM1 et COM2, cela n'est pas recommandé. La meilleure solution consiste à utiliser l'interruption IRQ10 sur le port COM3 et l'interruption IRQ11 sur le port COM4 (si disponible). Si des ports supérieurs à COM3 sont nécessaires, il est conseillé d'acheter une carte série multiport, de préférence une carte basée sur PCI qui prenne en charge le partage des IRQ sans conflits.
2. Cette adresse d'entrées/sorties peut entrer en conflit avec les registres de certaines cartes graphiques. Dans ce cas, vous ne pouvez pas utiliser COM4, à moins que le port COM4 de la carte graphique puisse être configuré pour utiliser une autre plage d'adresses d'entrées/sorties.

Si vous utilisez d'autres ports série que les ports COM1 et COM2 standard, assurez-vous qu'ils utilisent des interruptions uniques et n'entrent pas en conflit. Si vous achetez une carte série afin de dis-

poser de ports supplémentaires aux ports COM1 et COM2 standard, assurez-vous qu'elle peut utiliser d'autres interruptions que IRQ3 et IRQ4. Les cartes série basées sur le port PCI tirent parti du partage des IRQ, afin que les ports COM3 et suivants puissent utiliser une seule IRQ sans entraîner de conflit.

Il est à noter que la prise en charge des ports COM3 et COM4 n'a jamais été implémentée dans le BIOS. Par conséquent, DOS ne peut utiliser que les ports série COM1 et COM2, puisque DOS tire ses informations d'entrées/sorties du BIOS. Le BIOS découvre les composants installés sur votre système et leur emplacement au cours du test POST (*Power-On Self-Test*). Le test POST vérifie uniquement les deux premiers ports installés. Cela ne pose aucun problème sous Windows 95 et les versions suivantes, car ces systèmes d'exploitation prennent en charge jusqu'à 128 ports.

La prise en charge de 128 ports série sous Windows rend l'utilisation de cartes multiports beaucoup plus facile. Les cartes multiports donnent au système la capacité de recueillir ou de partager des données avec plusieurs périphériques en n'utilisant qu'une seule fiche (slot) et une seule interruption.

Attention

Le partage des interruptions entre les ports COM (ou entre n'importe quel périphérique) peut parfois fonctionner correctement et d'autres fois non. Il est recommandé de ne jamais partager d'interruptions entre plusieurs ports série basés sur ISA, comme c'est le cas des ports COM intégrés à la carte mère ou ceux des modems ISA. Trouver des pilotes, des correctifs et des mises à jour afin que cela fonctionne (si cela est encore possible pour votre ordinateur) peut nécessiter des heures de recherche et être très frustrant.

✔ Voir la section "Résolution des conflits de ressources", p. 271.

Tester les ports série

Vous pouvez effectuer plusieurs essais sur les ports série et parallèles. Il existe deux principaux types de tests : ceux qui portent uniquement sur les logiciels et ceux qui concernent à la fois le matériel et les logiciels. Les tests uniquement logiciels sont effectués avec des programmes de diagnostic comme la détection de modem intégré dans Windows, alors que les tests matériels et logiciels nécessitent d'utiliser une prise spéciale (wrap) pour effectuer les tests en boucle.

✔ Voir la section "Diagnostics avancés à l'aide d'un test en boucle", p. 826.

✔ Voir la section "Tester les ports parallèles", p. 830.

Utiliser MSInfo32 pour visualiser les informations sur le port série

Les différentes versions de Microsoft Windows intègrent des programmes de diagnostic, ce qui peut être utile pour tester et configurer les ports série et parallèles. Depuis Windows NT, Windows intègre un utilitaire Informations système, baptisé WinMSD.exe sous Windows NT et Msinfo32.exe sous Windows 2000, XP et Vista. Un outil basé sur DOS appelé Microsoft Diagnostics (MSD) est livré avec MS-DOS 6.x, Windows 3.x et Windows 9x/Me. L'outil Informations système est automatiquement copié sur le disque dur lors de l'installation de Windows NT et des versions suivantes. Pour l'exécuter, sélectionnez Démarrer > Exécuter, entrez `Msinfo32` et cliquez sur OK. Si l'outil Informations système ne se lance pas, utilisez la fonction de recherche pour localiser Msinfo32.exe ou WinMSD.exe sur le disque dur, puis double-cliquez dessus.

L'outil Informations système vous permet d'afficher le type de puce série dont votre ordinateur dispose ainsi que les ports disponibles. Il fournit également des informations sur les ports en cours d'utilisation (avec une souris, par exemple).

Ces outils de diagnostic sont utiles pour savoir si vos ports série répondent et pour connaître la façon dont ils sont configurés.

Problèmes de ports sous Windows

Windows 9x/Me peut vous indiquer si vos ports fonctionnent. Vous devez tout d'abord vérifier que les fichiers de communication requis pour la prise en charge des ports série sont présents sur votre système :

1. Vérifiez que les pilotes série 16 bits (COMM.DRV) et 32 bits (SERIAL.VXD) sont présents dans le dossier WINDOWS\SYSTEM.
2. Vérifiez que le fichier SYSTEM.INI contient les lignes suivantes :

```
[boot]
comm.drv=comm.drv
[386enh]
device=*vcd
```

Il est à noter que le pilote SERIAL.VXD n'est pas chargé dans SYSTEM.INI, mais par le biais de la base de registres.

Pour Windows 2000, XP et Vista, recherchez plutôt les pilotes de gestion des périphériques RS-232 SERIAL.SYS et SERENUM.SYS dans le dossier WINDOWS\SYSTEM32\DRIVERS.

Si les deux pilotes sont présents et pris en compte, vous pouvez savoir si l'adresse d'entrées/sorties et l'IRQ d'un port série en particulier sont correctement définies en suivant la procédure suivante :

1. Faites un clic droit sur l'icône du poste de travail sur le Bureau et sélectionnez Propriétés. Vous pouvez également double-cliquer sur l'icône Système dans le panneau de configuration. Cliquez sur l'onglet Matériel, puis sur le bouton Gestionnaire de périphériques. Cliquez ensuite sur Ports, puis sélectionnez un port spécifique (COM1 par exemple).
2. Cliquez sur le bouton Propriétés, puis sur l'onglet Ressources pour afficher les paramètres actuels de ressource (IRQ, E/S) de ce port.
3. Vérifiez la liste de périphériques en conflit pour voir si le port utilise des ressources qui entrent en conflit avec d'autres périphériques. Dans l'affirmative, cliquez sur le bouton Modifier les paramètres, puis sélectionnez une configuration qui n'entraîne pas de conflits de ressource. Il est possible que vous deviez essayer plusieurs paramètres avant de trouver le bon.
4. Si les paramètres de ressource ne peuvent être modifiés, ils doivent alors être changés dans la configuration du BIOS. Arrêtez et redémarrez l'ordinateur, entrez dans la configuration du BIOS et changez la configuration du port.

✔ Voir "Résolution des conflits de ressources", p. 271.

Diagnostics avancés à l'aide d'un test en boucle

Le test en boucle est un des tests de diagnostic les plus utiles pour vérifier le bon fonctionnement du port série et de tout câble connecté. Les tests en boucle sont essentiellement internes (numériques) ou externes (analogiques). Pour exécuter des tests internes, il vous suffit de débrancher les câbles du port puis de procéder au test à l'aide d'un programme de diagnostic.

Le test en boucle externe est plus efficace. Ce test exige qu'un connecteur loopback (ou une prise wrap) soit branché sur le port en question. Lorsque le test est lancé, le port est utilisé pour envoyer des données à la prise loopback qui, en retour, route tout simplement les données dans les broches de réception du port, si bien que le port transmet et reçoit des données simultanément. Une prise loopback ou wrap n'est rien de plus qu'un câble qui forme une boucle sur lui-même. La plupart des programmes de diagnostic qui exécutent ce type de tests sont fournis avec la prise loopback. Dans le cas contraire, il est aisé d'acheter ces types de connecteurs, voire même de les fabriquer soi-même.

La plupart des programmes de diagnostic qui peuvent réaliser des tests en boucle sont fournis avec des prises loopback série.

✔ Si vous avez besoin d'effectuer des tests plus avancés sur les ports série, reportez-vous à la section consacrée aux logiciels de test tiers, page 1089.

Ports parallèles

Les ports parallèles s'utilisent généralement pour connecter des imprimantes au PC. Conçu à l'origine dans ce seul but, le port parallèle est devenu beaucoup plus utile au fil des années car il offre une interface généraliste à une vitesse relativement élevée (par rapport aux ports série) pour les périphériques. Sur les systèmes récents toutefois, les ports USB 2.0 ont largement remplacé les ports parallèles pour l'impression ou la connexion de périphériques comme les scanners et les disques externes. Il est recommandé d'utiliser des périphériques USB plutôt que des périphériques connectés en parallèle, mais si vous utilisez un système d'exploitation ancien ou une imprimante ancienne, vous pouvez avoir encore besoin des ports parallèles et des périphériques de ce type.

Les ports parallèles sont appelés ainsi parce qu'ils ont huit lignes pour l'envoi en bloc de tous les bits qui composent 1 octet de données sur huit fils.

Le Tableau 13.14 détaille le brochage standard d'un port parallèle sur un PC.

Port parallèle standard IEEE-1284

La dernière version de la norme IEEE-1284, qui définit les communications parallèles bidirectionnelles entre les ordinateurs et d'autres périphériques sur les ordinateurs, a été approuvée en mars 1994. Cette norme définit les caractéristiques physiques du port parallèle, y compris les modes de transfert des données et les spécifications physiques et électriques. La norme IEEE-1284 définit le comportement du signal électrique externe au PC pour un port parallèle multimodal qui prend en charge des modes de fonctionnement 4 bits. Mais tous les modes ne sont pas exigés par la spécification 1284 et d'autres modes sont laissés disponibles.

Tableau 13.14 : Brochage d'un connecteur de port parallèle à 25 broches sur un compatible PC

Broche	Description	Entrées/ sorties	Broche	Description	Entrées/ sorties
1	– Strobe	Sortie	14	– Chargement automatique	Sortie
2	+ Bit de données 0	Sortie	15	– Erreur	Entrée
3	+ Bit de données 1	Sortie	16	– Réinitialisation	Sortie
4	+ Bit de données 2	Sortie	17	– Sélection de l'entrée	Sortie
5	+ Bit de données 3	Sortie	18	– Retour du bit de données 0 (masse)	Entrée
6	+ Bit de données 4	Sortie	19	– Retour du bit de données 1 (masse)	Entrée
7	+ Bit de données 5	Sortie	20	– Retour du bit de données 2 (masse)	Entrée
8	+ Bit de données 6	Sortie	21	– Retour du bit de données 3 (masse)	Entrée
9	+ Bit de données 7	Sortie	22	– Retour du bit de données 4 (masse)	Entrée
10	– Acquittement	Entrée	23	– Retour du bit de données 5 (masse)	Entrée
11	+ Occupé	Entrée	24	– Retour du bit de données 6 (masse)	Entrée
12	+ Plus de papier	Entrée	25	– Retour du bit de données 7 (masse)	Entrée
13	+ Sélection	Entrée			

La spécification IEEE-1284 est destinée à normaliser le comportement entre le PC et les périphériques connectés, en particulier les imprimantes. Toutefois, cette spécification revêt également un grand intérêt pour les utilisateurs de périphériques connectés au port parallèle (lecteurs multimédias amovibles, scanners, etc.).

La norme IEEE-1284 assure un débit beaucoup plus élevé pour une connexion entre un ordinateur et une imprimante ou entre deux ordinateurs, si bien que le câble d'imprimante utilisé n'est plus le câble d'imprimante standard. Le câble d'imprimante IEEE-1284 utilise un câble à paire torsadée, ce qui se traduit par une connexion beaucoup plus fiable et sans erreur.

La norme IEEE-1284 définit également la connectique du port parallèle, y compris les deux types préexistants (appelés type A et type B), ainsi que le connecteur type C de plus haute densité. Le type A fait référence au connecteur standard DB25 utilisé sur la plupart des ordinateurs pour les connexions au port parallèle, tandis que le type B fait référence au connecteur à 36 broches de style Centronics que l'on retrouve sur la plupart des imprimantes. Le type C est un connecteur haute densité à 36 broches qui se retrouve sur certaines imprimantes parallèles, notamment celles de Hewlett-Packard. Les trois connecteurs sont illustrés à la Figure 13.11.

La norme de port parallèle IEEE-1284 définit cinq modes de fonctionnement du port, en mettant l'accent sur les modes plus rapides EPP et ECP. Certains de ces modes ne sont que des entrées, tandis que d'autres ne sont que des sorties. Ces cinq modes se combinent pour créer quatre types de ports, comme le montre le Tableau 13.15.

Figure 13.11
Les trois types différents de connecteurs au port parallèle de la norme IEEE-1284.

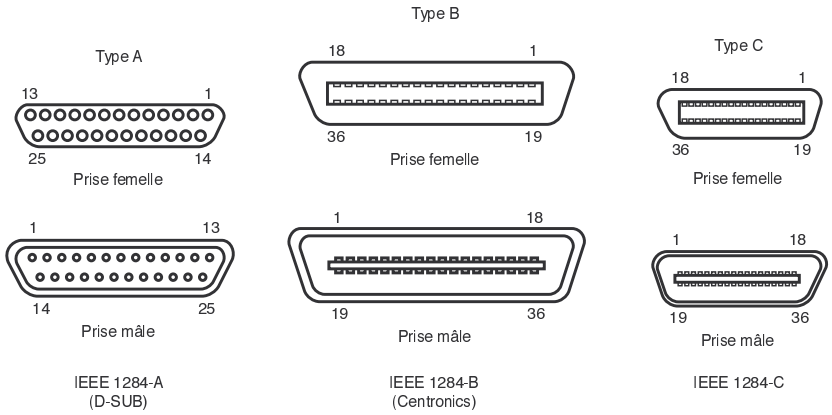


Tableau 13.15 : Types de ports IEEE-1284

Type de port parallèle	Mode d'entrée	Mode de sortie	Commentaires
SPP (port parallèle standard)	Quartet	Compatible	Entrée 4 bits, sortie 8 bits
Bidirectionnel	Octet	Compatible	8 bits en entrée/sortie
EPP (port parallèle étendu)	EPP	EPP	8 bits en entrée/sortie
ECP (port à capacités étendues)	ECP	ECP	8 bits en entrée/sortie, utilisation de DMA

Les modes des ports parallèles définis par la norme 1284 sont détaillés au Tableau 13.16, qui indique également leurs taux de transfert approximatifs.

Tableau 13.16 : Modes des ports IEEE-1284

Mode de port parallèle	Direction	Taux de transfert
Quartet (4 bits)	Entrée seulement	50 Kbit/s
Octet (8 bits)	Entrée seulement	150 Kbit/s
Compatible	Sortie seulement	150 Kbit/s
EPP (port parallèle étendu)	Entrée/sortie	500 Kbit/s à 2,77 Mbit/s
ECP (port à capacités étendues)	Entrée/sortie	500 Kbit/s à 2,77 Mbit/s

Les ports parallèles des périphériques récents sont conçus pour utiliser les modes EPP ou ECP indiqués au Tableau 13.16.

Le port parallèle étendu

Le port parallèle étendu (EPP) est parfois désigné sous le nom " port parallèle mode rapide". Intel, Xircom et Zenith Data Systems ont développé et annoncé le port EPP en octobre 1991. Les premiers

produits à offrir EPP ont été les ordinateurs portables Zenith Data Systems, les adaptateurs LAN Xircom Pocket et la puce d'entrées/sorties Intel 82360 SL. Sur les systèmes actuels qui disposent de ports parallèles, l'EPP est un des modes de fonctionnement pris en charge.

L'EPP fonctionne presque à la vitesse du bus ISA et offre un débit brut 10 fois plus important qu'un port parallèle conventionnel. L'EPP a été spécialement conçu pour les périphériques à port parallèle, comme les adaptateurs LAN, les disques durs et les lecteurs à bandes. L'EPP fait partie de la norme IEEE-1284, qui définit les ports parallèles. Le taux de transfert de l'EPP peut atteindre 2,77 Mbit/s. La version EPP 1.7 (mars 1992) correspond à la première version répandue de cette spécification de matériel. Elle a subi des changements mineurs et a été abandonnée pour être intégrée au standard IEEE-1284. Certaines documentations techniques ont fait état, à tort, d'une version EPP 1.9, ce qui a entouré ce standard d'une certaine confusion. Cette version 1.9 n'existe pas et toutes les modifications effectuées après la version 1.7 font en fait partie de la spécification IEEE-1284.

Cette évolution a malheureusement abouti à la coexistence de deux types de ports parallèles incompatibles dans une certaine mesure : la version 1.7 du port EPP original et le port IEEE-1284 appelé généralement EPP 1.9. Ces deux standards présentent suffisamment d'analogies pour permettre de concevoir de nouveaux périphériques compatibles avec chacun d'eux, mais les périphériques EPP 1.7 existants risquent de ne pas fonctionner avec des ports EPP 1284 (EPP 1.9). Pour cette raison, de nombreux ports multimodes peuvent être configurés dans le mode EPP 1.7 ou 1.9 dans le programme de configuration du BIOS.

Le port à capacités étendues

En 1992, Microsoft et Hewlett-Packard ont mis au point le port à capacités étendues (ECP), un autre type de port parallèle à grande vitesse. Comme l'EPP, l'ECP améliore les performances du port parallèle et requiert un circuit logique spécial.

Depuis son lancement officiel, le port à capacités étendues a été inclus dans le standard IEEE-1284, tout comme l'EPP. Contrairement à ce dernier, il n'est cependant pas conçu spécifiquement pour prendre en charge les périphériques portables à port parallèle de l'ordinateur; son rôle est d'assurer la connexion d'une imprimante hautes performances pour un coût modique. De plus, le fonctionnement en mode ECP requiert l'utilisation d'un canal d'accès mémoire direct (DMA), qui ne fait pas partie des spécifications de l'EPP et qui peut provoquer des conflits avec les autres périphériques utilisant des canaux DMA, comme les cartes son ISA ou les adaptateurs hôtes ISA SCSI hautes performances. La plupart des PC construits depuis le milieu des années 1990 prennent en charge les modes EPP et ECP. Si vous utilisez des périphériques à port parallèle, il est recommandé que le port soit en mode ECP (ou dans un mode EPP/ECP qui combine les deux) pour obtenir le meilleur débit.

L'affectation du canal DMA utilisée pour le mode ECP sur un port parallèle intégré s'effectue généralement dans le programme de configuration du BIOS; sur de très vieux systèmes, il est possible cependant que vous deviez déplacer un cavalier sur la carte mère elle-même.

Configuration du port parallèle

La configuration des ports parallèles n'est pas aussi complexe que celle des ports série. Même l'IBM PC original disposait de la prise en charge par le BIOS de trois ports LPT. Le Tableau 13.17 détaille les paramètres standard des adresses d'entrées/sorties et des IRQ du port parallèle.

Tableau 13.17 : Adresses d'entrées/sorties et IRQ de l'interface parallèle

Port LPTx standard	Port LPTx alternatif	Ports d'entrées/sorties	IRQ
LPT1	–	3BC à 3BFh	IRQ7
LPT1	LPT2	378 à 37Ah	IRQ5
LPT2	LPT3	278h à 27Ah	IRQ5

Comme le BIOS et le DOS ont toujours fourni trois définitions des ports parallèles, les problèmes liés aux ports parallèles sont peu fréquents.

Pour configurer les ports parallèles, on utilise généralement le programme de configuration du BIOS pour les ports intégrés à la carte mère, mais il est également possible de devoir déplacer des cavaliers ou des commutateurs, voire d'utiliser un programme d'installation, pour les ports des cartes d'extension. Comme chaque carte est différente, vous devez toujours consulter le manuel de la carte pour savoir comment elle doit être configurée.

✔ Voir la section "BIOS matériel/logiciel", p. 291.

Tester les ports parallèles

Les procédures de tests des ports parallèles sont identiques à celles utilisées pour les ports série, hormis le fait qu'il faut bien évidemment sélectionner les ports parallèles plutôt que les ports série lors de l'utilisation du logiciel de diagnostic.

Même si les tests logiciels sont similaires, les tests matériels nécessitent d'utiliser les prises adéquates pour réaliser les tests en boucle sur le port parallèle. Plusieurs prises loopback sont nécessaires, selon le logiciel utilisé.

14 Les périphériques d'entrée

Au sommaire de ce chapitre

- Les claviers
- La technologie des claviers
- Les dispositifs de pointage
- Les périphériques d'entrée sans fil

Les claviers

Le clavier est le périphérique d'entrée de base. Il est utilisé pour saisir des commandes et des données. Cette section passe en revue les différents types de claviers, décrit leur fonctionnement et leur interface.

Dès le lancement des premiers PC, IBM a créé trois types de claviers. Microsoft a apporté sa propre touche avec un clavier d'un nouveau type.

Aujourd'hui, tous les claviers comprennent 102 ou 105 touches (contre 83 ou 84 touches sur les premiers modèles).

Les claviers étendus à 102 touches

Ces claviers ont été introduits par IBM en 1986. Copiés par de nombreux autres constructeurs, ils sont devenus le standard jusqu'à l'apparition des claviers Windows à 105 touches, courant 1995.

Les claviers étendus à 102 touches sont constitués de quatre sections :

- la zone de saisie;
- le pavé numérique;
- les contrôles du curseur et de l'écran;
- les touches de fonction.

À l'exception de la touche Entrée, les claviers à 102 touches reprennent la disposition des machines à écrire Selectric. Les touches Tab, Verr Maj, Maj et Retour arrière sont plus larges mais se trouvent au même endroit que sur la machine à écrire. Les touches Ctrl et Alt se situent de part et d'autre de la barre d'espace, et les touches F, J et 5 du pavé numérique sont équipées d'identificateurs qui permettent de repérer l'endroit où les mains doivent être placées.

Les touches de contrôle du curseur et de l'écran sont dupliquées en dehors du pavé numérique. Ce dernier peut servir à la saisie de nombres, mais également au contrôle du curseur et de l'écran, lorsque la touche Verr Num n'est pas verrouillée. La touche divisé par (/) et une touche Entrée additionnelle ont été ajoutées au pavé numérique.

Les touches de contrôle du curseur sont arrangées en T inversé. Les touches Insert, Suppr, Origine, Fin, Page Préc et Page Suiv, situées en dessous des touches flèches, sont également dupliquées en dehors du pavé numérique. Les touches de fonction, divisées en groupes de quatre, se trouvent dans la partie supérieure du clavier. La touche Échap est isolée dans la partie supérieure gauche du clavier. Enfin, les touches Impr écran/Syst, Arrêt Défil et Pause/Attn remplissent des fonctions spécifiques.

Aujourd'hui fabriqués par Unicomp, les claviers étendus IBM/Lexmark sont dotés de touches escamotables, ce qui facilite le remplacement d'une touche cassée et simplifie le nettoyage. Il est en outre possible d'utiliser des capots de touches vierges, des masques et/ou des modèles de clavier pour personnaliser le clavier.

Les claviers étendus à 105 touches (Windows 9x/Me/2000/XP/Vista)

Apparus avec le lancement de Windows 95, les claviers "Natural Keyboard" ajoutent des touches spécifiques à Windows. Ces touches facilitent l'utilisation du système et des applications. Elles se trouvent généralement de part et d'autre des touches Alt, à droite et à gauche de la barre d'espace (quelques variantes peuvent apparaître en fonction du constructeur).

Les touches à l'effigie de Windows (appelées touches WIN) ouvrent le menu Démarrer, dans lequel vous pouvez vous déplacer en utilisant les touches flèches. La touche Application est équivalente au bouton droit de la souris. Dans la plupart des applications, son appui provoque l'apparition d'un menu contextuel. Plusieurs combinaisons incluant la touche WIN donnent accès à des commandes spécifiques. Par exemple, la combinaison WIN+E lance Internet Explorer. Le Tableau 14.1 donne un aperçu de toutes les combinaisons de touches disponibles sur un clavier à 105 touches.

Tableau 14.1 : Combinaisons de touches sous Windows 9x/Me/2000/XP/Vista

Combinaison de touches	Action résultante
WIN+R	Ouvre la boîte de dialogue Exécuter
WIN+M	Minimise toutes les fenêtres ouvertes
Shift+WIN+M	Restaure les fenêtres telles qu'elles étaient avant leur minimisation
WIN+D	Bascule entre la minimisation et la restauration des fenêtres
WIN+F1	Affiche la fenêtre d'aide
WIN+E	Lance Windows Explorer
WIN+F	Ouvre la fenêtre de recherche
Ctrl+WIN+F	Ouvre la fenêtre de recherche d'ordinateurs
WIN+Tab	Permet de basculer entre les différentes fenêtres ouvertes (sous une forme 3D sous Vista, si cette fonctionnalité est supportée)
WIN+Pause	Affiche la boîte de dialogue des propriétés système
Touche Application	Affiche un menu contextuel pour l'élément sélectionné

Ces combinaisons sont utilisables sur tous les claviers dotés de 105 touches. Elles peuvent être étendues en installant le logiciel Microsoft Intellitype Pro, fourni avec le clavier.

Certains constructeurs ont ajouté des touches additionnelles pour faciliter la navigation sur le Web et le lancement de diverses applications.

La touche Verr Num

Pour permettre de choisir l'état de la touche Verr Num au démarrage de l'ordinateur, les constructeurs de cartes mères ont défini un réglage dans le BIOS. Chaque utilisateur peut ainsi choisir la configuration qui lui convient. Si vous utilisez un ordinateur dont le BIOS ne permet pas de contrôler l'état de la touche Verr Num, vous pouvez toujours utiliser la commande `NUMLOCK=on` (ou `NUMLOCK=off`) dans le fichier CONFIG.SYS.

Par défaut, Windows 9x désactive la touche Verr Num. À l'arrêt de l'ordinateur, Windows 2000 et supérieur mémorisent l'état de la touche Verr Num pour chaque utilisateur. Cet état est restitué à chaque nouvelle session.

La technologie des claviers

Cette section présente les différents principes technologiques utilisés pour concevoir un clavier. Elle s'intéresse aux mécanismes des touches, à l'interface clavier/ordinateur et aux différents connecteurs utilisés.

La conception des touches

Si certains claviers haut de gamme utilisent des contacts capacitifs, la plupart des modèles traditionnels leur préfèrent des interrupteurs mécaniques. Ces derniers peuvent être purement mécaniques, en mousse, à dôme de caoutchouc ou à membrane.

Interrupteurs purement mécaniques

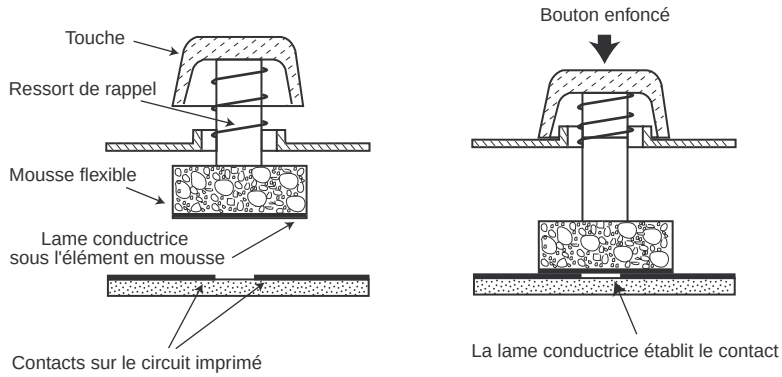
Les touches à interrupteur purement mécanique consistent en deux lamelles métalliques qui produisent un bref contact électrique lorsque la touche est pressée. Pour améliorer le toucher, un amortisseur tactile constitué d'un clip et d'un ressort fait souvent partie du mécanisme. Cet artifice crée un effet de "clic" et offre une légère résistance lorsque la touche est enfoncée.

Peu à peu, l'utilisation des interrupteurs mécaniques a été réduite en faveur des claviers à membrane, moins coûteux.

Interrupteurs à élément en mousse

Ces interrupteurs sont composés d'un élément en mousse et d'un contact électrique situé à la base, monté sur un piston fixé à même la touche (voir Figure 14.1).

Figure 14.1
Interrupteurs mécaniques en mousse.



Lorsqu'une touche est enfoncée, une lame conductrice ferme une piste d'un circuit imprimé. Un ressort de retour repousse la touche lorsqu'elle est relâchée. La mousse amortit les pressions et empêche la touche de rebondir. Ce mécanisme offre une résistance tactile très faible, ce qui peut dérouter plus d'un utilisateur. D'autre part, la lame conductrice et les contacts du circuit imprimé sont facilement affectés par la corrosion, ce qui peut provoquer des contacts intermittents. Bien qu'il soit toujours possible de nettoyer le clavier ou de retarder sa corrosion par des produits chimiques, les utilisateurs préfèrent aujourd'hui le clavier à dôme de caoutchouc dont l'entretien est bien plus limité.

Interrupteurs à dôme de caoutchouc

Les interrupteurs à dôme de caoutchouc sont comparables aux interrupteurs en mousse, mais ils ont été améliorés à plusieurs égards. Le ressort est remplacé par un dôme de caoutchouc pourvu d'un contact en carbone. Lorsque la touche est enfoncée, le dôme de caoutchouc crée une résistance puis cède brusquement. Le contact entre les pistes du circuit imprimé est alors établi par l'élément en carbone. Lorsque la touche est relâchée, le dôme de caoutchouc reprend sa forme initiale et repousse la touche.

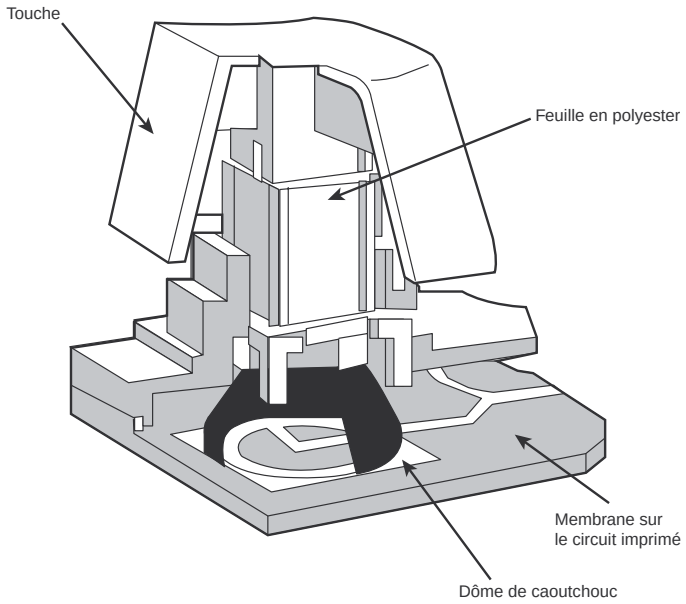
L'élément en carbone a une action autonettoyante sur les contacts métalliques. La résistance à la corrosion est donc améliorée. D'autre part, les dômes en caoutchouc forment une plaque qui protège les contacts de la poussière et de la saleté. Les claviers de ce type sont construits pour durer plusieurs années. Toutefois, les fabricants leur préfèrent une conception à membrane, qui procure un meilleur effet tactile.

Interrupteurs à membrane

L'interrupteur à membrane est une variante de l'interrupteur à dôme de caoutchouc. Une feuille en polyester flexible et flottante est déformée sous la pression des touches et établit le contact sur une seconde feuille de polyester. Ce type de contact est bien adapté aux conditions de travail particulièrement dures. Dans les garages ou les grandes surfaces par exemple.

De fabrication économique, ces claviers ont tendance à se généraliser peu à peu. La durée de vie limitée a été repoussée à 20 millions de frappes, ce qui les place au même niveau de durabilité que les claviers à interrupteurs mécaniques (voir Figure 14.2).

Figure 14.2
Touche de clavier à membrane typique.



Les claviers à membrane ont un toucher plus ferme que celui des claviers à dôme de caoutchouc ou à contact en mousse, mais ils ne sont pas aussi agréables que les modèles à interrupteur capacitif. On trouve toutefois une exception à la règle : les claviers Key Tronic utilisant des interrupteurs à membrane à support central.

Interrupteurs capacitifs

Les interrupteurs capacitifs sont plus onéreux que tous les interrupteurs mécaniques dont nous venons de parler, mais ils offrent un confort tactile inégalé ainsi qu'une grande résistance à la saleté et à la corrosion (voir Figure 14.3).

Les interrupteurs capacitifs utilisent deux lames de plastique connectées au sein d'une matrice d'interrupteurs conçue pour détecter les changements de capacitance. Lorsque la lame de plastique supérieure se déplace, la capacitance ente les deux lames se modifie et cette modification est détectée par le circuit intégré au clavier. Cet interrupteur n'utilisant pas de contacts métalliques, il est quasiment insensible à la corrosion et à la saleté. De plus, il est peu sujet aux rebondissements des touches qui provoquent des répétitions de caractère alors que la touche n'a été enfoncée qu'une fois. Il est en outre le plus robuste des interrupteurs utilisés en informatique.

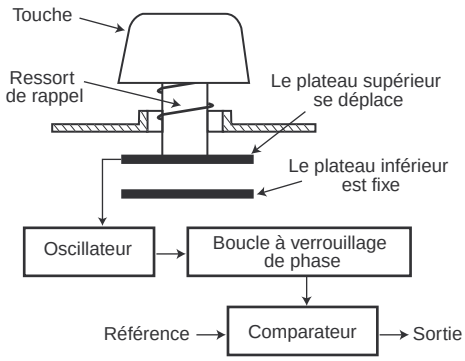


Figure 14.3
Interrupteur de touche capacitif.

À l'origine, le seul fabricant de claviers à interrupteurs capacitifs était IBM. Bien que certains claviers IBM utilisent toujours cette technologie, nombre d'entre eux emploient des touches à dôme en caoutchouc, voire des interrupteurs bas de gamme. Aujourd'hui, vous devrez vous tourner vers Unicomp pour trouver des claviers équipés d'interrupteurs capacitifs.

L'interface du clavier

Un clavier est constitué d'une série d'interrupteurs montés sur une grille ou un quadrillage : la matrice. Quand une touche est enfoncée, un processeur situé à l'intérieur du clavier identifie la touche enfoncée et interprète également la durée pendant laquelle la touche est enfoncée.

Généralement, quand une touche est enfoncée, les contacts rebondissent légèrement. Le processeur contenu dans le clavier filtre ces rebondissements. Il doit de plus les distinguer des doubles frappes délibérées de la part de l'utilisateur. Le clavier communique avec l'ordinateur de deux manières : par l'intermédiaire d'un connecteur série si on utilise un connecteur de clavier standard, ou par un port USB.

Astuces

Pour pouvoir utiliser un clavier USB avant que Windows ne soit actif (dans le setup du BIOS ou en mode Invite de commandes par exemple), il est nécessaire que l'héritage USB (*Legacy USB Support*) soit activé dans le BIOS de la carte mère.

Mode répétition

Quand une touche est maintenue enfoncée, elle entre en "mode répétition", ce qui signifie que le clavier envoie successivement le même code de pression de touche à la carte mère. La fréquence de ces répétitions est paramétrable, en envoyant les commandes appropriées au processeur du clavier. Ces réglages peuvent s'effectuer dans le BIOS et/ou dans le système d'exploitation (sous Windows, vous devez passer par l'icône Clavier du panneau de configuration).

Dispositions de clavier internationales

Une fois que le contrôleur de clavier de l'ordinateur a reçu les codes générés par le clavier et qu'il les a transmis au processeur de la carte mère, le système d'exploitation les convertit en caractères

alphanumériques appropriés. En France, ces caractères sont les lettres, les chiffres et les symboles qu'on trouve sur un clavier de machine à écrire française standard. Sur un clavier français, la partie alphabétique commence par les lettres A, Z, E, R, T et Y. On parle d'ailleurs de clavier AZERTY. Sur un clavier américain, la partie alphabétique commence par Q, W, E, R, T et Y. On parle dans ce cas de clavier QWERTY.

Quels que soient les caractères sérigraphiés sur les touches, il est très simple de convertir les codes reçus pour affecter de nouveaux caractères aux touches. Cette opération se fait en choisissant une disposition de clavier dans les options régionales et linguistiques de Windows.

Infos

Il est important de souligner que le fait de sélectionner une disposition de clavier étrangère ne revient pas au même que d'installer un système d'exploitation dans cette langue : quelle que soit la disposition de clavier choisie, le texte affiché dans les fenêtres et les menus des programmes demeureront dans leur langue initiale.

Windows ne permet pas de travailler avec des langues ne reposant pas sur l'alphabet romain, tels le russe et le chinois. Les caractères accentués, infléchis ou contenant un tilde, ainsi que de nombreux symboles utilisés dans les langues étrangères, font partie du jeu de caractères ASCII. Il est donc toujours possible d'y accéder par l'intermédiaire de la table de caractères de Windows ou à l'aide d'une combinaison de touches Alt+pavé numérique.

Connecteurs d'interface de clavier et de souris

Tous les claviers d'ordinateurs exploitent l'un des connecteurs suivants pour se brancher à l'ordinateur :

- **Connecteur DIN à 5 broches.** Il est utilisé sur la plupart des ordinateurs équipés d'une carte mère de *AT baby*.
- **Connecteur mini-DIN à 6 broches.** Parfois appelé connecteur PS/2, il est utilisé sur la plupart des ordinateurs équipés d'une carte mère LPX, ATX ou NLX.
- **Connecteur USB.** Il est utilisé sur la plupart des ordinateurs récents.

La Figure 14.4 et le Tableau 14.2 montrent la disposition physique des connecteurs de clavier.

Les connecteurs de souris PS/2 sont également de type mini-DIN à 6 broches. S'ils présentent le même brochage et les mêmes signaux que les connecteurs de clavier, les paquets de données sont toutefois différents. Il est donc facile de brancher par erreur une souris PS/2 sur un connecteur de clavier mini-DIN ou inversement mais, dans un cas comme dans l'autre, le périphérique ne fonctionnera pas.

Attention

Certains PC équipés d'une alimentation externe utilisent le même connecteur DIN standard pour l'alimentation que pour le clavier. S'il n'est absolument pas dangereux d'intervertir les connecteurs de clavier et de souris, il peut être extrêmement dangereux pour l'ordinateur de brancher l'alimentation à la place du clavier.

Figure 14.4
Connecteurs de clavier et de souris.

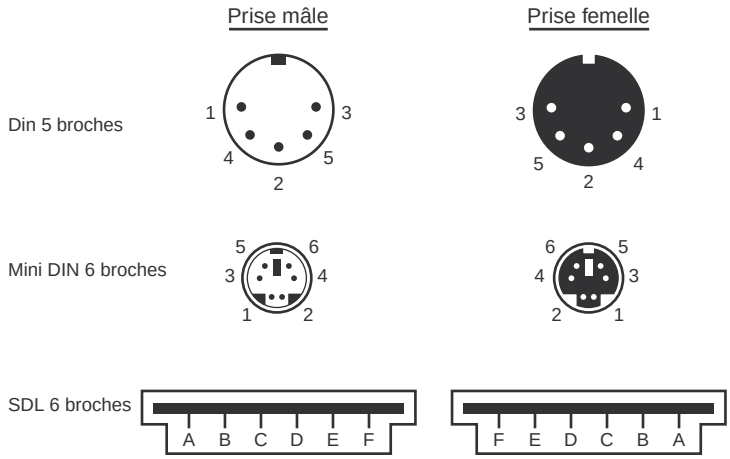


Tableau 14.2 : Signaux et caractéristiques du connecteur de clavier

Nom du signal	DIN 5 broches	Mini-DIN 6 broches	SDL 6 broches	Tension de test
Données clavier	2	1	B	+4,8 V à +5,5 V
Terre	4	3	C	–
+5 V	5	4	E	+2,0 V à +5,5 V
Horloge clavier	1	5	D	+2,0 V à +5,5 V
Non connecté	–	2	A	–
Non connecté	–	6	F	–
Non connecté	3	–	–	–

DIN (*Deutsche Industrie Norm*) : commission qui définit les standards de taille allemands.
SDL (*Shielded Data Link*) : type de connecteur blindé créé par AMP et exploité par IBM et d'autres entreprises pour les câbles clavier.

Les claviers USB

La plupart des claviers récents se connectent à l'ordinateur *via* un port USB. Ce port peut en effet remplacer les ports série et parallèle standard ainsi que les ports clavier et souris.

Voici les conditions requises pour exploiter un clavier connecté *via* le port USB :

- disposer d'un port USB;
- travailler sous Windows 98/Me/2000/XP/Vista (qui incluent tous des pilotes clavier USB);
- disposer d'un chipset et d'un BIOS supportant l'interface USB en dehors de Windows (option *USB Legacy* dans le BIOS).

Claviers dotés de fonctions spéciales

Certains claviers proposent des fonctions qui n'existent pas sur les claviers standard. Il peut s'agir d'accessoires tels qu'une calculatrice intégrée ou une horloge, ou encore d'accessoires plus sophistiqués tels que des dispositifs de pointage, des touches d'accès à des caractères spéciaux ou à des formes géométriques, voire même des touches programmables.

Claviers ergonomiques

De nouveaux modèles de claviers, qualifiés d'ergonomiques, sont apparus récemment. Le plus connu d'entre eux est divisé en deux et légèrement courbé vers l'arrière de part et d'autre. Cette séparation et ces courbes sont davantage conformes à l'angle naturel que forment les mains de l'utilisateur lorsqu'il tape. Ils peuvent améliorer sa rapidité, sa productivité et éviter une inflammation des tendons ou une maladie plus durable appelée syndrome du canal carpien.

Du fait de leur nouveauté et de l'effet de mode qui les entoure, certains claviers ergonomiques peuvent être beaucoup plus chers que les modèles traditionnels. Toutefois, pour les utilisateurs souffrant de problèmes médicaux ou pour lesquels un mauvais positionnement des mains risque d'entraîner des complications, ces claviers représentent une solution intéressante.

Claviers USB avec hub

De nombreux claviers USB récents proposent un hub USB intégré permettant d'ajouter deux ports USB ou plus à l'ordinateur. Même si cela semble être une bonne idée, vous devez savoir qu'un hub intégré à un clavier ne fournit pas d'alimentation supplémentaire aux connecteurs USB. Les hubs alimentés fonctionnent bien mieux et avec une plus large gamme de périphériques que ne le font les hubs non alimentés. Cependant, ce type de clavier peut être utilisé avec votre souris USB ou d'autres périphériques à faible consommation.

Claviers multimédias et Web

De nombreux claviers disposent de touches spéciales ou programmables qui peuvent ouvrir le navigateur web, lancer le lecteur Windows Média, régler le volume des haut-parleurs, changer la piste du lecteur CD, etc.

Les dispositifs de pointage

La souris a été inventée en 1964 par Douglas Englebart, qui travaillait à l'époque pour l'Institut de recherche de Stanford, véritable réservoir de scientifiques parrainé par l'université de Stanford. La souris a d'abord été appelée "indicateur de position d'abscisse et d'ordonnée pour dispositifs d'affichage". En 1973, Xerox a utilisé cette invention pour son Alto, ordinateur révolutionnaire. À cette époque, cet outil n'était encore qu'expérimental et destiné exclusivement à la recherche. En 1979, plusieurs membres de la société Apple, parmi lesquels Steve Jobs, ont été invités à venir voir l'Alto et le logiciel qui le faisait fonctionner. Steve Jobs a été stupéfait par ce qu'il considérait comme l'avenir de l'informatique, et notamment par ce dispositif de pointage que constitue la souris et par

l'interface utilisateur graphique qu'elle permettait de commander. Apple a rapidement intégré ces outils à ce qui allait devenir l'ordinateur Lisa et a réussi à convaincre une vingtaine de scientifiques qui travaillaient alors chez Xerox de venir travailler à la conception des ordinateurs Apple.

Bien que la souris ne se soit pas imposée immédiatement sur le marché des compatibles, les interfaces utilisateur graphiques telles que Windows la rendent quasiment indispensable, ce qui explique que la quasi-totalité des ordinateurs soient aujourd'hui vendus avec une souris.

Les fabricants proposent différentes tailles et différentes formes de souris. Certains se sont inspirés de sa forme originale et l'ont renversée, ce qui a donné naissance au trackball. Sur un trackball, l'utilisateur manipule directement la boule de la souris et non le dispositif lui-même. À l'origine, les trackballs étaient utilisés dans les jeux vidéo d'arcade. Ils se sont répandus lorsque l'espace de travail s'est réduit. Dans la plupart des cas, les trackballs dédiés ont une boule plus grande que celle que l'on trouve dans une souris standard. Abstraction faite de l'orientation et de la taille de la boule, les trackballs ont une conception, une fonction et une interface électrique identiques à celles d'une souris standard.

Une souris conventionnelle comprend :

- Un boîtier qui tient dans la main et qui est destiné à être déplacé sur le plan de travail.
- Une méthode de transmission du mouvement : boule ou capteur optique.
- Des boutons (deux en général, et souvent une roulette ou un bouton-bascule) permettant d'effectuer des sélections.
- Une interface de connexion de la souris au système. Les souris conventionnelles sont équipées d'un câble et d'un connecteur. Les souris sans fil utilisent une fréquence radio ou un émetteur-récepteur infrarouge situé dans la souris, couplé à une unité séparée connectée à l'ordinateur.

Le boîtier est en plastique et il est constitué de très peu d'éléments mobiles. Il comprend des boutons sur le dessus, sur lesquels les doigts de l'utilisateur doivent se positionner. Le nombre de ces boutons peut varier mais, sur les souris de PC, il est en principe limité à deux. Si votre souris comprend davantage de boutons, vous devez disposer d'un logiciel spécifique pour les utiliser. Les dernières versions de Windows supportent les souris à roulette. Cependant, d'autres fonctionnalités propres à chaque fabricant nécessitent l'installation d'un logiciel fourni par celui-ci.

Les souris à boule

La partie inférieure de la souris héberge les mécanismes de détection ou l'électronique. Sur une souris traditionnelle, la partie inférieure contient une boule en caoutchouc qui roule lorsque la souris est déplacée sur le tapis. Les mouvements de cette boule sont convertis en signaux électriques qui sont transmis à l'ordinateur par l'intermédiaire du câble.

La mécanique interne d'une souris à boule est très simple. La boule repose sur deux rouleaux : l'un correspond aux déplacements selon l'axe des abscisses et l'autre selon l'axe des ordonnées. Ces rouleaux sont reliés à de petits disques munis de volets qui bloquent ou laissent passer la lumière. Il suf-

fit de compter le nombre de fois où la lumière a traversé les disques pour avoir une idée précise du déplacement (voir Figure 14.5). La Figure 14.6 représente un connecteur de souris PS/2.

Figure 14.5
Un mécanisme type de souris mécanique.

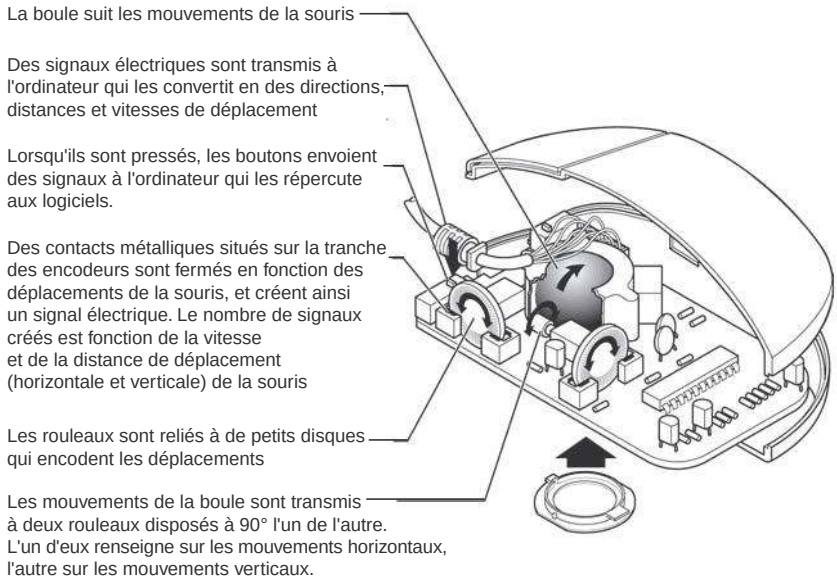
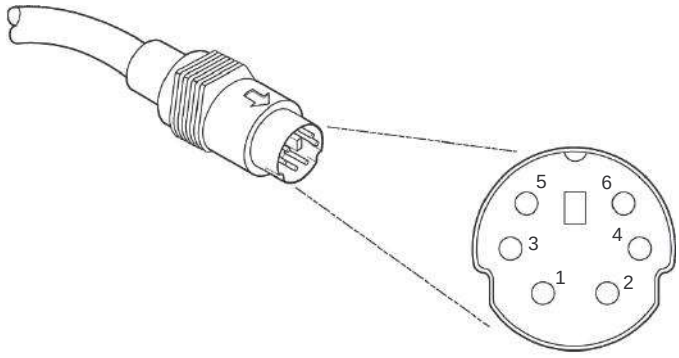


Figure 14.6
Un classique connecteur de souris PS/2.



Les souris optiques

Certaines souris utilisent un capteur optique qui détecte les mouvements sur un tapis quadrillé. Elles n'ont eu que peu de succès, car elles nécessitent un tapis spécifique.

La souris IntelliMouse Explorer de Microsoft a relancé la souris optique. À l'instar des anciennes souris optiques, IntelliMouse Explorer exploite la technologie optique pour détecter le mouvement et ne dispose d'aucune partie mobile, à l'exception de la roulette et des boutons. Elle fonctionne sur n'importe quelle surface.

Cette évolution est liée au remplacement de l'ancien capteur optique par un CCD (*Charge Coupled Device*). Il s'agit de la version brute du capteur d'une caméra vidéo qui détecte les déplacements en se fondant sur les mouvements de la surface sous la souris. Une LED (*Light Emitting Diode*, ou DEL, diode électroluminescente) fournit la lumière du capteur.

Microsoft propose également un trackball à technologie optique. Pour ne pas être en reste, Logitech commercialise des souris et des trackballs optiques utilisant une technologie analogue. La Figure 14.7 donne une idée des principales composantes d'une souris optique.

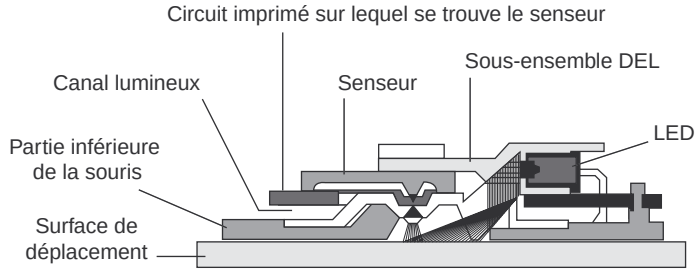


Figure 14.7
La DEL située à l'intérieur de la souris clignote plusieurs fois par seconde et éclaire la surface de déplacement. La lumière incidente est réfléchie vers un senseur qui convertit cette information sous une forme numérique et l'envoie à l'ordinateur.

Leur polyvalence et leur faible maintenance font des souris optiques un choix intéressant. La variété des modèles disponibles chez les deux fabricants vous permet de choisir la technologie optique la plus récente pour le prix d'une souris classique haut de gamme.

Types d'interfaces pour dispositifs de pointage

La souris peut être reliée à l'ordinateur par l'intermédiaire de l'une des interfaces suivantes :

- un port série ;
- un port PS/2 réservé à la souris ;
- un port USB ;
- un récepteur sans fil Bluetooth relié à l'ordinateur *via* un port USB.

Interface série

Sur la plupart des PC un peu anciens, la connexion entre l'ordinateur et la souris s'effectue à l'aide d'une interface série. Le connecteur situé à l'extrémité du câble de la souris est, comme sur tous les périphériques série, un connecteur mâle à 9 ou 25 broches (DB 9 ou DB 25). Sur ces deux types de connecteurs, seules quelques broches sont utilisées pour permettre à la souris et au pilote de communiquer.

La plupart des PC étant pourvus de deux ports série, la souris série peut être connectée au port COM1 ou COM2. Lors de l'initialisation de l'ordinateur, le pilote de périphérique examine tous les ports pour identifier celui auquel la souris est connectée. Certains pilotes de souris ne fonctionnent que sur les ports série COM3 ou COM4, mais les pilotes les plus récents acceptent les ports COM 1 à 4.

La souris série ne pouvant être connectée directement à l'ordinateur, c'est le port série auquel elle est connectée qui exploite les ressources de l'ordinateur. Si votre souris est connectée au port COM2 et que COM2 utilise l'IRQ par défaut et la plage d'adresses de ports entrées/sorties, le port série et la souris qui y est branchée utilisent vraisemblablement l'IRQ3 et la plage d'adresses de ports d'entrées/sorties 2F8h-2FFh.

Port souris PS/2

La plupart des ordinateurs disposent d'un port réservé à la souris. Le connecteur mini-DIN est identique à celui utilisé sur les claviers PS/2. Tous les boîtiers d'ordinateurs n'étant pas pourvus d'un connecteur de souris mini-DIN, un câble adaptateur est dans ce cas généralement livré avec l'ordinateur pour pallier ce manque.

Souris hybride

Il existe un type de souris hybride qui peut se brancher tant sur un port série que sur un port de souris de carte mère (PS/2). Ce type de souris hybride, à la fois USB et PS/2, est le plus prisé, car il est plus flexible que les modèles conçus pour un seul type de port.

Le circuit contenu dans une souris hybride détecte automatiquement le type de port auquel la souris est connectée et configure la souris en conséquence. Ces souris sont généralement pourvues d'un connecteur mini-DIN à l'extrémité de leur câble et elles utilisent également un adaptateur placé entre le connecteur mini-DIN et le connecteur de port série à 9 ou 25 broches. Les souris PS/2-USB sont généralement équipées d'un connecteur mini-DIN à l'extrémité du câble et d'un adaptateur USB.

Certains utilisateurs essaient parfois de brancher une souris série sur un port PS/2 ou une souris PS/2 sur un port série. Si cela ne fonctionne pas, l'adaptateur n'est pas en cause : s'il n'est pas indiqué clairement sur la souris qu'elle fonctionne tant sur un port PS/2 que sur un port série, elle ne peut fonctionner que sur l'interface pour laquelle elle a été conçue. Le type de port pour lequel la souris a été conçue est généralement imprimé sur le dessous de la souris. Voici une règle simple à suivre : si la souris n'est pas livrée avec un adaptateur ou qu'elle soit livrée avec un ordinateur, elle ne fonctionnera vraisemblablement pas avec un adaptateur.

USB

L'extrême flexibilité du port USB est de plus en plus exploitée pour les souris et les claviers ainsi que pour d'autres périphériques d'entrées/sorties. Comparée aux autres interfaces, la souris USB (et les autres périphériques de pointage comme les trackballs) dispose des avantages suivants :

- **Les souris USB se déplacent avec une plus grande fluidité que les souris PS/2 traditionnelles.** Cela tient au fait que la fréquence à laquelle la souris signale sa position est beaucoup plus

élevée. Une souris PS/2 signale sa position à une fréquence de 40 Hz, tandis qu'une souris USB la signale à une fréquence de 125 Hz. Divers utilitaires sont disponibles pour tester et ajuster la fréquence d'une souris.

- **Les souris proposant les fonctionnalités les plus avancées sont souvent prévues spécifiquement pour le port USB.** La souris iFeel de Logitech, par exemple, est la première à être équipée d'un capteur optique avec retour de force, destiné spécialement au port USB. Elle vibre légèrement lorsqu'elle survole des boutons cliquables sur les pages web, les menus et le bureau Windows.
- **Les souris USB et les périphériques de pointage, à l'instar de tous les autres périphériques USB, sont échangeables à chaud.** Si vous préférez un trackball et que vos collègues favorisent la souris, il suffit de débrancher le périphérique de pointage et de le remplacer par un autre. En outre, rien n'empêche de le déplacer d'un ordinateur à l'autre. Ce type de comportement est interdit avec les autres ports.
- **Les souris USB peuvent être branchées sur un hub USB, comme ceux que l'on trouve sur certains claviers USB, ainsi que sur des hubs autonomes.** Cette solution simplifie le branchement et le débranchement de la souris puisqu'il n'est plus nécessaire de se faufiler pour atteindre l'arrière de l'ordinateur.

Si les premières souris USB étaient les plus onéreuses, vous pouvez à présent acquérir une souris USB pour le même prix qu'une souris PS/2 hybride de bonne qualité.

Pour utiliser une souris USB à l'invite de DOS, en mode Sans échec sous Windows, ou en dehors de l'interface utilisateur normale de Windows 98 (ou d'une version ultérieure), vérifiez que la prise en charge de l'interface USB (option *USB Legacy*) est active dans le BIOS de l'ordinateur. L'option *USB Legacy* permet aux ordinateurs non USB de reconnaître un clavier et une souris USB.

Il existe un quatrième type de connexion, la souris bus (que Microsoft appelle la souris *Inport*). Devenue obsolète, elle exploitait une carte adaptateur dédiée.

Souris à roulette

Fin 1996, Microsoft a lancé une nouvelle variante de souris : l'IntelliMouse. Celle-ci ressemble en tout point à la souris Microsoft standard, sauf qu'elle comprend une petite roulette grise placée entre les boutons droit et gauche. Logitech et d'autres distributeurs ont rapidement emboîté le pas à Microsoft et proposent leur propre version de souris à roulette.

Cette roulette a deux fonctions principales. La première est de faire défiler le contenu des documents et des pages web. Pour cela, il suffit de faire tourner la roulette à l'aide du doigt. Sa seconde fonction est de fournir un troisième bouton de souris, actionnable par une simple pression du doigt.

Si de nombreux modèles de souris possèdent un troisième bouton depuis de nombreuses années, la fonction de défilement représente un progrès certain. Avec cette nouvelle souris, il n'est plus nécessaire de déplacer le pointeur jusqu'aux barres de défilement ni de lâcher la souris pour atteindre les touches de direction : une simple action sur la molette permet de se déplacer dans le document. Cette possibilité est particulièrement appréciable pour naviguer au sein d'une page web ou d'un

document particulièrement long (dans un tableur ou un traitement de texte par exemple). Contrairement aux autres modèles de souris à trois boutons disponibles sur le marché, la roulette/bouton de la souris IntelliMouse ne gêne pas la main : l'utilisateur risque moins de l'actionner par erreur. Il a fallu un certain temps avant que les distributeurs de logiciels intègrent un support pour la roulette. Les améliorations des applications et du support Windows ne permettent d'exploiter pleinement la souris à roulette que dans les programmes Windows actuels ou récents.

À travers ses pilotes, chaque fabricant propose des fonctionnalités uniques qui optimisent le fonctionnement initial de la souris. Par exemple, le pilote de souris MouseWare 9.2 de Logitech permet de sélectionner plusieurs utilisations des trois boutons (la roulette étant considérée comme un troisième bouton) et propose différentes options de défilement pour chaque clic (trois lignes, six lignes ou un écran complet). Le pilote IntelliMouse de Microsoft propose une fonctionnalité appelée ClickLock, qui permet de déplacer des éléments sans maintenir enfoncé le premier bouton de la souris, ainsi qu'une fonctionnalité Universal Scroll qui ajoute le défilement aux applications qui n'en disposent pas. Pour profiter au mieux de la technologie offerte par votre souris à roulette, téléchargez et installez régulièrement les nouveaux pilotes de souris.

Contrairement à Microsoft et Logitech, IBM et d'autres fabricants de souris utilisent d'autres types de boutons pour le défilement. Certaines souris d'un prix peu élevé proposent un interrupteur à bascule, mais une possibilité sans roulette des plus élégantes est la souris ScrollPoint Pro d'IBM. Elle présente un dispositif de défilement sensible à la pression, analogue à celui employé pour le périphérique de pointage TrackPoint du bloc-notes électronique d'IBM ou de certains claviers d'ordinateurs créés par IBM et Unicomp. Le dispositif de défilement, situé au centre de la souris, permet de faire défiler doucement les documents sans avoir à soulever le doigt pour faire tourner la roulette, ce qui simplifie et améliore son utilisation. Comme elle n'a aucune partie amovible, la souris ScrollPoint est plus fiable et plus solide.

TrackPoint II/III/IV

Le 5 octobre 1992, IBM a présenté un nouveau dispositif de pointage révolutionnaire appelé *TrackPoint*, intégré à ses nouveaux ordinateurs ThinkPad 700 et 700C. Constitué d'une sorte de "bâtonnet pointeur", ce périphérique apparaît au milieu du clavier. Il est recouvert d'un petit capuchon en caoutchouc. Le TrackPoint a été la première avancée significative en matière de dispositifs de pointage depuis l'invention de la souris, 30 ans auparavant.

Ce système de pointage a le grand mérite de ne pas encombrer le bureau. Plus important encore, il peut être utilisé indifféremment par les gauchers et les droitiers, ne possède aucune partie mobile et ne nécessite pas d'ôter les mains du clavier. Il s'agit donc là d'un progrès vraiment appréciable pour tous ceux qui maîtrisent bien la frappe au clavier.

Il se trouve que j'ai eu la chance de rencontrer le créateur et inventeur de ce périphérique au début de 1992, au Comdex/Windows World à Chicago. Sur le stand d'IBM, il était occupé à présenter des claviers spéciaux équipés d'un petit morceau de silicone en leur centre. En fait, ce qu'il présentait,

c'étaient des prototypes fabriqués manuellement installés sur des claviers de bureau standard, et il essayait de voir quelle était la réaction du public devant son invention. Je fus invité à manipuler l'un de ces claviers, qui était relié à un PC de démonstration. En appuyant sur le bâtonnet avec l'index, je pouvais faire bouger le pointeur de la souris à l'écran. Le bâtonnet lui-même ne se déplaçait pas, ce n'était donc pas un joystick. À la place, un capuchon de caoutchouc était relié à des transducteurs de pression qui mesuraient la force avec laquelle mon doigt appuyait et la direction de cette force, faisant déplacer le pointeur de la souris en fonction de ces mesures. Plus j'appuyais fort, plus vite le pointeur bougeait. Après m'être amusé avec le pointeur pendant quelques minutes, il apparaissait que les mouvements devenaient automatiques, à peu près comme s'il suffisait de "penser" à l'endroit où placer le pointeur pour qu'il s'y trouve déjà.

Cette personne sur le stand d'exposition était Ted Selker, le premier inventeur de ce périphérique. Lui et Joseph Rutledge créèrent ce dispositif de pointage intégré au Centre de recherche T.J. Watson d'IBM. Quand je lui ai demandé quelle sorte de clavier serait bientôt disponible, il ne put pas me répondre. À cette époque, il n'y avait encore aucun programme de production, et il essayait seulement de tester les réactions du public.

Exactement six mois plus tard, IBM annonçait la sortie du ThinkPad 700, qui intégrait ce dispositif révolutionnaire, appelé par la suite "dispositif de pointage intégré TrackPoint II". Depuis la sortie de cette première version, des dispositifs améliorés quant au contrôle et à la sensibilité ont vu le jour.

Infos

Si IBM a choisi d'appeler ce périphérique "TrackPoint II", c'est parce qu'un périphérique de pointage réversible pouvant être utilisé à la fois en tant que souris et en tant que trackball avait déjà été dénommé TrackPoint quelque temps auparavant. Il n'existe donc aucun point commun entre le TrackPoint initial, qui a depuis été abandonné, et le périphérique intégré TrackPoint II. Les versions améliorées du TrackPoint II, TrackPoint III et IV sont à présent disponibles sur le marché. Dans un souci de simplification, les périphériques TrackPoint II et TrackPoint III et suivants seront appelés "TrackPoint" dans le reste de ce chapitre.

Dans sa présentation finale, le TrackPoint est constitué d'un petit pommeau rouge en silicone logé entre les touches G, H et B du clavier. Deux boutons ont été ajoutés sous la barre d'espace pour remplacer les boutons gauche et droit de la souris. Ces boutons sont également accessibles à l'aide du pouce sans déplacer les mains du dessus du clavier.

Des études réalisées par IBM ont montré qu'il fallait environ 1,75 seconde à l'utilisateur pour ôter sa main du clavier, la poser sur la souris et la remettre sur le clavier. À une fréquence de frappe d'environ 60 mots par minute, l'utilisation de la souris peut donc représenter une perte de deux mots par minute, sans compter le fait qu'il perturbe le cheminement de la pensée. Le TrackPoint permet d'économiser la quasi-totalité de ce temps, tant pour déplacer le pointeur que pour effectuer une sélection (en cliquant une ou deux fois). Il est également très facile de déplacer des éléments en combinant des sélections et des déplacements.

Les études conduites par IBM ont également montré que les utilisateurs pouvaient accomplir jusqu'à 20 % de travail en plus en utilisant un TrackPoint plutôt qu'une souris, surtout sous les applications qui nécessitent à la fois de saisir du texte et de pointer (les traitements de texte, les tableurs et d'autres applications de bureautique par exemple). Au cours des tests d'efficacité du

TrackPoint III, IBM a fourni à plusieurs testeurs un ordinateur de bureau comprenant à la fois un TrackPoint III et une souris. Après deux semaines d'utilisation, 80 % des utilisateurs avaient déconnecté leur souris pour ne plus se servir que du TrackPoint. Le TrackPoint apparaît ainsi comme la meilleure solution de pointage aussi bien pour les ordinateurs de bureau que pour les ordinateurs portables.

Le TrackPoint permet à l'utilisateur de connecter une souris à l'ordinateur et de bénéficier ainsi de deux dispositifs de pointage. Il n'apparaît alors qu'un seul pointeur à l'écran, mais ce pointeur peut être déplacé tant par le TrackPoint que par la souris. Ces deux dispositifs de pointage peuvent certes être utilisés par la même personne, mais aussi par deux personnes différentes simultanément pour déplacer le pointeur à l'écran. Le premier dispositif de pointage qui déplace le pointeur a priorité sur l'autre. Le second est alors verrouillé jusqu'à ce que le premier ait terminé de déplacer le pointeur. Ce système permet d'utiliser les deux dispositifs tout en les empêchant d'entrer en conflit l'un avec l'autre.

IBM/Lenovo a ajouté différentes versions du TrackPoint à ses ordinateurs portables ainsi qu'aux claviers haut de gamme vendus sous les noms IBM/Lenovo, Lexmark et Unicomp. Divers fabricants d'ordinateurs portables, comme Toshiba et HP, ont racheté à IBM le droit de produire ce dispositif de pointage (TrackPoint devient Accupoint sur les ordinateurs portables Toshiba).

Une comparaison attentive des différents dispositifs de pointage utilisés sur les ordinateurs portables, comme les trackballs et les tapis sensitifs, ne laisse aucun doute sur la supériorité du TrackPoint – en matière de précision et dans le fait que les mains n'ont pas besoin d'être déplacées du clavier.

La plupart des fabricants d'ordinateurs portables bas de gamme ont hélas préféré copier le TrackPoint d'IBM/Lenovo plutôt que d'en acheter la licence. Il en résulte une réponse molle à l'entrée et un manque évident de précision. Pour savoir si le périphérique TrackPoint dispose de la licence IBM/Lenovo et exploite sa technologie, vérifiez qu'il accepte le capuchon en caoutchouc IBM TrackPoint. Ce capuchon est équipé d'un trou carré qui s'adapte parfaitement dans les versions licenciées, comme celles des ordinateurs Toshiba.

Récemment, IBM/Lenovo a modernisé son bâtonnet de pointage avec le TrackPoint III et l'actuel TrackPoint IV. Les versions III et IV du TrackPoint présentent deux différences essentielles. La première réside dans le capuchon en caoutchouc lui-même. Le capuchon du TrackPoint II d'IBM et de l'Accupoint de Toshiba est en silicone, ce qui lui confère une bonne adhérence et convient dans la plupart des cas. Toutefois, si l'utilisateur a les doigts un peu gras, la surface de silicone peut absorber une partie de cette graisse et devenir glissante. Il suffit alors de nettoyer le capuchon (et les mains de l'utilisateur!) pour résoudre le problème. Le capuchon du TrackPoint III/IV est fait d'une matière différente, appelée "papier de verre en plastique" par les spécialistes. La surface de ce capuchon est plus adhérente encore que dans le cas du TrackPoint II et elle ne nécessite aucun nettoyage, si ce n'est pour des raisons d'esthétique. Récemment, IBM/Lenovo a commercialisé plusieurs autres capuchons qui n'ont pas un toucher "papier de verre". À vous de trouver celui qui convient le mieux à votre situation.

Figure 14.8
Capuchons de type classique, bord concave et dome.

L'autre différence entre les TrackPoint d'IBM/Lenovo réside dans le contrôle logiciel. IBM a en effet introduit de nouvelles routines mettant en œuvre une technique appelée "inertie négative", mais déposée sous l'appellation "QuickStop". Le logiciel de contrôle ne se contente plus de prendre en compte la distance sur laquelle l'utilisateur a déplacé le pointeur dans une direction donnée. Il évalue également la rapidité avec laquelle le TrackPoint a été manipulé. IBM a observé que l'amélioration apportée au logiciel de contrôle, alliée à la nouvelle matière du capuchon, permettait aux utilisateurs d'effectuer les sélections avec un gain de rapidité d'environ 8 %.

Le TrackPoint IV est équipé d'un bouton de défilement supplémentaire. Il est également possible d'appuyer sur le TrackPoint pour effectuer une sélection identique à celle du bouton gauche de la souris. Ce qui en améliore encore davantage l'utilisation.

Les TrackPoint sont bien supérieurs aux autres dispositifs de pointage, car plus rapides, plus faciles d'utilisation et surtout plus précis.

L'usage du TrackPoint n'est cependant pas limité aux ordinateurs portables. Des claviers sont disponibles pour les ordinateurs de bureau, qui sont équipés de ce dispositif révolutionnaire. Vous pouvez acheter ces claviers directement auprès d'IBM/Lenovo, d'Unicomp ou sur **www.clickykeyboard.com**.

Remplaçants possibles de la souris et du bâtonnet pointeur

Dans un environnement Windows, de nombreux utilisateurs passent autant de temps à déplacer leur pointeur sur l'écran qu'à saisir textes et données. Le choix du pointeur est donc très important. Outre la souris et le bâtonnet pointeur, vous pouvez choisir d'autres périphériques, parmi lesquels :

- les pavés sensitifs, par exemple le GlidePoint de Cirque ;
- les trackballs ;
- les souris verticales, comme la 3M Renaissance.

Le système d'exploitation perçoit tous ces périphériques comme des souris, mais propose des options radicalement différentes à l'utilisateur en termes de confort. Si la souris classique ne vous satisfait pas et que vous vouliez employer un bâtonnet de pointage – un TrackPoint II/III/IV par exemple –, examinez les options suivantes.

Pavé sensitif

En 1994, Cirque a lancé le pavé sensitif, appelé GlidePoint, et en a vendu la licence de technologie à d'autres fabricants. GlidePoint exploite un pavé plat et carré qui détecte la position du doigt par l'intermédiaire de l'effet capacitif du corps. Celui-ci ressemble aux boutons d'ascenseur, sensibles à l'effet capacitif, que l'on rencontre dans certains bâtiments.

Sur un clavier d'ordinateur portable, le pavé sensitif se trouve sous la barre d'espace et détecte la pression appliquée par les doigts. Des transducteurs placés sous le pavé convertissent le mouvement du doigt en un mouvement de pointeur. Plusieurs constructeurs de portables ont acheté la licence de cette technologie à Cirque et l'ont incorporée dans leurs ordinateurs. On retrouve également des pavés sensitifs sur de nombreux claviers de milieu et haut de gamme. Sur un clavier, le pavé sensitif est souvent placé à droite de la zone de frappe.

Les pavés sensitifs proposent des boutons de souris, bien que l'utilisateur puisse taper ou double-taper sur la surface du pavé pour activer un bouton de l'écran situé sous le curseur du pavé. Les fonctions de glisser-déplacer s'effectuent sans toucher les boutons du pavé sensitif. Il suffit de déplacer le curseur vers l'objet à déplacer, d'appuyer sur le pavé, puis de maintenir la pression en déplaçant le curseur vers l'emplacement où vous voulez déposer l'objet. Certains modèles récents proposent également des boutons de raccourcis supplémentaires auxquels sont affectées des fonctions analogues aux raccourcis clavier.

Les pavés sensitifs ont d'abord été utilisés sur les périphériques de pointage intégrés aux ordinateurs portables et aux claviers d'ordinateurs de bureau. Cirque et Alps ont vendu des versions autonomes du pavé sensitif comme remplaçant possible de la souris sur les ordinateurs de bureau. Les pavés sensitifs Cirque sont à présent disponibles à la vente au détail sous la marque Fellowes, et en vente directe sur le site web de Cirque.

Bien qu'elle soit de plus en plus répandue, en particulier sur les ordinateurs portables, la technologie du pavé numérique présente quelques inconvénients. L'action du pavé est parfois irrégulière en fonction de la résistance de la peau ou de l'humidité. L'inconvénient majeur est qu'il faut enlever les doigts du clavier pour se servir du pavé, ce qui réduit la vitesse de travail. En outre, le résultat peut être imprécis selon que le doigt utilisé est plus ou moins pointu ! En revanche, si vous n'êtes pas un expert de la saisie, il peut être plus simple pour vous d'enlever vos mains du clavier et d'utiliser le pavé sensitif plutôt que de vous servir d'un TrackPoint. Malgré tout, les pavés sensitifs sont plus adaptés aux ordinateurs portables que les trackballs ou les souris.

À moins que vous ne teniez absolument à utiliser une souris avec un ordinateur portable, nous vous conseillons de choisir un modèle équipé à la fois du pavé sensitif et du TrackPoint. Testez-les lors de la frappe, de la gestion de fichiers et pour créer des graphismes simples, puis choisissez le périphérique de pointage que vous préférez.

Trackballs

Contrairement aux modèles du milieu des années quatre-vingt exploités dans les jeux vidéo, les trackballs actuels sont principalement utilisés à titre professionnel. Leur mécanisme est semblable à celui d'une souris, si ce n'est que le trackball se trouve sur le dessus ou le côté et que sa taille est plus grande que la boule d'une souris. L'utilisateur déplace le trackball au lieu du périphérique d'entrée, mais les roues et les galets situés à l'intérieur de la plupart des modèles convertissent le mouvement du trackball et déplacent le curseur de la même manière que ceux d'une souris.

Il existe de nombreuses formes de trackballs : des modèles ergonomiques adaptés à la main (droite), des modèles ambidextres, des modèles optiques qui utilisent les mêmes capteurs optiques que les souris récentes et des monstres multiboutons qui ressemblent à une télécommande.

✔ Pour plus d'informations sur le fonctionnement de cette technologie, consultez la section "Les périphériques d'entrée sans fil", ci-après.

Dans la mesure où ils sont plus grands, les trackballs peuvent embarquer de l'électronique supplémentaire. Ils doivent être équipés de piles pour une utilisation sans fil. Logitech propose plusieurs trackballs sans fil qui utilisent des émetteurs-récepteurs à fréquence radio.

Les pilotes et les connecteurs des trackballs sont identiques à ceux des souris conventionnelles. Pour les opérations de base, les pilotes livrés avec le système d'exploitation sont suffisants. Toutefois, pour bénéficier de toutes les possibilités des modèles récents, vous devez utiliser la dernière version du pilote fournie par le fabricant.

Les périphériques d'entrée sans fil

Depuis plusieurs années, de nombreux fabricants proposent des versions sans fil de leurs souris et claviers. Dans la plupart des cas, ces périphériques sont équipés d'émetteurs-récepteurs infrarouges ou à fréquence radio qui les relient aux ports série standard ou PS/2. Les périphériques sans fil sont plus simples à utiliser dans des environnements exigus et avec des écrans de télévision ou d'ordinateur de grande taille. On trouve même à présent des contrôleurs de jeu sans fil.

Comment fonctionnent les périphériques sans fil ?

Les trois principales technologies utilisées dans les périphériques sans fil sont les suivantes :

- infrarouge (IR) ;
- fréquence radio propriétaire ;
- Bluetooth.

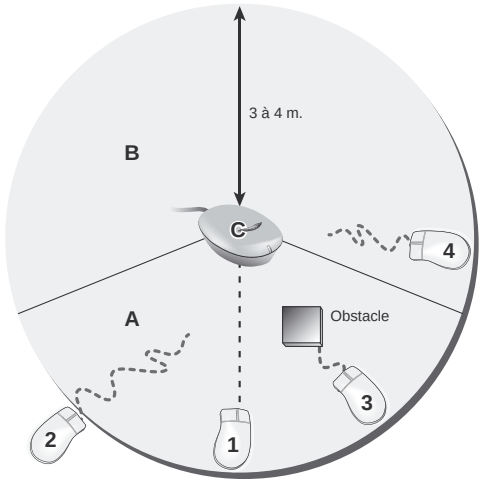
Ces trois technologies utilisent un émetteur-récepteur connecté à un port USB ou PS/2 de l'ordinateur. Étant donné que la plupart des émetteurs-récepteurs sont faits pour interfacer une souris et un clavier, les versions PS/2 sont dotées de deux câbles : un pour la souris et un pour le clavier. Par contre, les versions USB ne nécessitent qu'un seul câble si l'ordinateur supporte le mode *USB Legacy*. L'émetteur-récepteur tire l'énergie nécessaire pour l'alimenter du connecteur sur lequel il est enfiché. Il reçoit des signaux de la souris et/ou du clavier. Ces éléments ont besoin d'une source d'énergie pour s'alimenter. Généralement une ou deux piles alcalines de type AA ou AAA. La plupart du temps, vous pouvez également préférer des batteries rechargeables Lithium-ion ou NiMH.

Liaison infrarouge

Si les trois technologies sans fil ont besoin de batteries pour fonctionner, les similarités s'arrêtent là : les périphériques infrarouges ont une portée réduite (trois à quatre mètres tout au plus) et le chemin doit être dégagé entre le périphérique et le boîtier émetteur-récepteur. La Figure 14.9 montre comment la distance et les obstacles peuvent nuire au fonctionnement d'un périphérique infrarouge.

Figure 14.9

Une souris sans fil à liaison infrarouge doit se trouver à portée de l'émetteur-récepteur, pointer vers lui et aucun obstacle ne doit se trouver sur son chemin.



A. Angle de réception acceptable
B. Non acceptable
C. Émetteur-récepteur infrarouge

1. Souris dotée d'une connexion infrarouge
2. La souris ne peut pas se connecter (hors de portée)
3. La souris ne peut pas se connecter (obstacle entre l'émetteur et le récepteur)
4. La souris ne peut pas se connecter (mauvais angle de réception)

Liaison radio

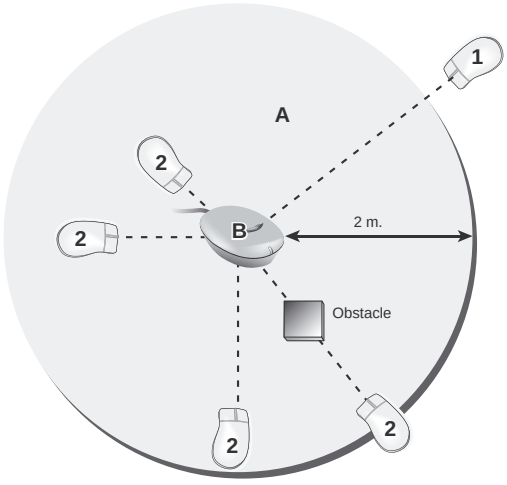
Les limitations évoquées à la Figure 14.8 ont poussé les fabricants à proposer des modèles fonctionnant par fréquences radio. Cette technologie fait fi des obstacles, mais la distance entre le périphérique et le boîtier émetteur-récepteur ne doit pas dépasser deux mètres (voir Figure 14.10).

Les premières souris à fréquence radio étaient sujettes à des interférences en provenance d'autres équipements et/ou d'autres périphériques fonctionnant dans la même pièce. Heureusement, l'amélioration des bandes de fréquences cumulée avec l'accord automatique des périphériques sur les bandes disponibles ont éliminé les problèmes d'interférences. La fréquence 27 MHz, utilisée par la gamme de produits Logitech Palomar, est devenue un standard *de facto* pour tous les périphériques d'entrée sans fil. Microsoft et IBM l'utilisent aujourd'hui pour leurs périphériques sans fil. Par l'intermédiaire d'une "sécurité numérique", les périphériques sans fil Logitech peuvent choisir entre plus de 4000 codes uniques, de façon à éviter toute interférence.

La portée des fréquences radio 27 MHz est faible (environ deux mètres), mais l'émetteur-récepteur peut se trouver derrière l'ordinateur ou sous le bureau sans pour autant occasionner la perte du signal. Plusieurs périphériques sans fil récents utilisent la technologie FastRF, qui autorise un débit de données 2,5 fois plus important sur la fréquence 27 MHz. La réactivité d'une telle connexion est aussi bonne que celle d'une liaison filaire.

Figure 14.10

Une souris sans fil à liaison par fréquences radio doit se trouver à portée de l'émetteur-récepteur. Contrairement aux liaisons optiques, l'angle dans lequel pointe la souris importe peu et le signal radio traverse les obstacles qui se trouvent sur son chemin.



A. Angle de réception permis : 360 degrés
B. Émetteur-récepteur RF

1. La souris ne peut pas se connecter (hors de portée)
2. La souris est connectée à l'émetteur-récepteur RF

Liaison Bluetooth

Microsoft, Logitech et quelques autres constructeurs ont mis au point des claviers et des souris sans fil basés sur le standard Bluetooth. Ces périphériques ont une portée de neuf mètres et sont compatibles avec d'autres périphériques Bluetooth, indépendamment de leur constructeur.

Pour avoir utilisé des périphériques sans fil infrarouge et radio, je peux vous dire que la technologie radio est plus intéressante que la technologie sans fil dans un environnement familial ou dans une petite entreprise. Les périphériques radio sont très abordables. D'autre part, il devient de plus en plus difficile de trouver des claviers et des souris infrarouges chez les détaillants informatiques. Si, par contre, vous prévoyez de relier votre ordinateur à une TV de grandes dimensions ou un rétroprojecteur, vous devriez vous intéresser à la technologie Bluetooth, dont la portée peut atteindre les 10 mètres.

Alimentation des périphériques d'entrée sans fil

Une souris sans fil n'a aucune utilité si ses piles sont déchargées. C'est la raison pour laquelle les différents constructeurs ont mis au point des politiques d'économie d'énergie sophistiquées. En particulier en ce qui concerne l'alimentation de la diode LED des souris sans fil.

Les claviers sans fil ne consomment de l'énergie que lorsqu'une touche (et/ou le pavé sensitif sur certains modèles) est pressée. La durée de vie de leurs piles est donc plus grande. Il en va de même des souris à boule. Cependant, les utilisateurs appréciant la grande précision des souris optiques, la demande pour les modèles optiques est supérieure et les souris à boule ont tendance à disparaître.

15 Les connexions à Internet

Au sommaire de ce chapitre

- Connexions à Internet et réseau local (LAN)
- Modems câble
- Ligne d'abonné numérique (DSL)
- Large bande sans fil fixe
- Connexion large bande par satellite
- Réseau numérique à intégration de services (RNIS)
- Comparaison entre les différents accès Internet haut débit
- Lignes louées
- Sécurisation de votre connexion Internet
- Modems analogiques asynchrones
- Partage de la connexion Internet
- Résolution des problèmes liés à Internet

Connexions à Internet et réseau local (LAN)

Une bonne partie de la production informatique touche au domaine des communications entre ordinateurs. Grâce au Web, les ordinateurs connectés ne sont plus des machines isolées ! Que ce soit par l'intermédiaire d'un modem classique ou d'une technologie large bande, tous les ordinateurs peuvent être reliés à d'autres machines et ainsi partager des fichiers, envoyer et recevoir du courrier électronique et accéder à Internet. Ce chapitre se propose d'explorer les diverses technologies grâce auxquelles votre PC peut explorer le vaste monde.

Vous serez peut-être surpris, en feuilletant ce chapitre sur Internet, par les développements des protocoles et des installations en réseau. Mais il faut bien prendre conscience qu'une connexion par modem est une forme d'accès à un réseau. De Windows NT à Windows Vista en passant par Windows 9x, les deux services sont d'ailleurs regroupés au sein d'une seule et même entité.

La raison de cet amalgame réside dans le fait que l'usage des modems a bien changé au fil des ans. Il y a une dizaine d'années, les utilisateurs d'ordinateurs se connectaient à des BBS (*Bulletin Board Systems*, bulletins d'informations en ligne), services propriétaires qui leur permettaient d'accéder à d'autres ordinateurs. Mais, à l'heure actuelle, les BBS n'existent quasiment plus. Même les services propriétaires en ligne qui existent depuis de nombreuses années, comme AOL ou CompuServe (qui

appartient maintenant à AOL mais qui est géré comme un service distinct), ont presque entièrement abandonné leurs logiciels et protocoles propriétaires pour se reconvertir en passerelles vers Internet.

Avec l'explosion d'Internet, les techniques de modem et de réseau se sont rejointes pour utiliser les mêmes protocoles et les mêmes logiciels clients. Aujourd'hui, la suite des protocoles TCP/IP, la plus répandue dans le domaine des réseaux, est présente à la fois sur les réseaux locaux (LAN) et sur Internet. Quand vous appelez votre fournisseur d'accès (FAI), vous vous trouvez connecté à un réseau par un modem au lieu de l'être par une carte réseau. Avec les services des modems à bande large, votre chemin vers Internet démarre par une carte réseau, un port réseau intégré un adaptateur réseau USB voire une connexion sans fil.

Même si certains PC neufs sont aujourd'hui encore équipés d'un modem analogique, de plus en plus d'utilisateurs de PC renoncent à l'accès Internet par modem analogique au profit d'une technologie large bande telle que le DSL ou le câble. À titre d'exemple, selon un rapport publié par JD Power en 2006, le nombre de connexions large bande a dépassé celui des connexions par modem analogique aux États-Unis cette année-là.

Tableau 15.1 : Taux de pénétration des connexions large bande en 2006

Pays	Foyers équipés de liaisons haut débit (en millions)	Pourcentage des foyers
États-Unis	54,6	45,9 %
Chine	46,6	12,6 %
Japon	23,7	52,3 %
Corée du Sud	12,7	78,8 %
Royaume-Uni	12,0	47,1 %
Allemagne	11,8	30,8 %
France	11,2	42,3 %
Italie	7,9	35,4 %
Canada	7,4	58,0 %
Espagne	5,5	41,7 %
Brésil	4,9	10,6 %
Australie	3,5	45,4 %
Mexique	3,0	12,3 %
Inde	2,3	1,2 %
Argentine	1,4	13,1 %
Autres pays	42,7	3,0 %
Monde entier	251,2	10,5 %

Source : www.eMarketer.com.
Haut débit = 200 Ko/s dans au moins une direction.

Bien que les connexions haut débit aient remplacé les modems analogiques chez la majorité des utilisateurs, ceux-ci restent néanmoins d'actualité; ils sont d'ailleurs employés par un grand nombre d'utilisateurs. Les personnes appelées à se déplacer, dont le budget est limité ou qui habitent dans une région non éligible au haut débit, continuent d'employer un modem. Le modem peut également faire office de mode d'accès Internet de secours. Les modems analogiques seront présentés dans la seconde moitié de ce chapitre.

Comparaison entre l'accès Internet large bande et l'accès par modem analogique

Bien que beaucoup de PC neufs destinés aux particuliers soient équipés d'un modem analogique d'un type ou d'un autre, afin d'accéder à Internet et d'envoyer du courrier électronique, si vous utilisez ces services plus de quelques minutes par jour vous risquez de trouver le modem inadapté à vos besoins. Un certain nombre de facteurs peuvent vous pousser à abandonner le modem au profit d'une technologie large bande :

- **Rapidité.** Les modems analogiques les plus rapides sont limités à une vitesse de téléchargement de 56 Kbit/s (qui est d'ailleurs théorique, puisque les connexions par modem ne peuvent dépasser 53 Kbit/s en France), alors que les services large bande offrent un débit minimum de 64 et 128 Kbit/s pour le RNIS et de 384 Kbit/s pour les connexions DSL et par câble (ces dernières dépassent souvent 500 Kbit/s). Les technologies les plus récentes permettent des taux de transfert de 4 à 8 Mbit/s. De la même manière, les services large bande font remonter des données beaucoup plus vite qu'avec un modem analogique.
- **Confort d'utilisation.** Les modems câble et DSL/ADSL, ainsi que les systèmes d'accès Internet large bande par satellite, restent généralement allumés en permanence. Vous pouvez donc vous connecter dès que vous lancez votre navigateur web ou votre logiciel de courrier électronique. Un modem analogique, en revanche, impose d'appeler le serveur et de s'y connecter. Il faut parfois attendre jusqu'à une minute pour pouvoir accéder au courrier électronique ou surfer sur le Web. De la même manière, les services en ligne actifs en permanence peuvent vous avertir immédiatement de l'arrivée d'un message électronique, tandis que les systèmes analogiques ne peuvent contrôler le courrier électronique entrant que si vous restez connecté et monopolisez la ligne téléphonique.
- **Utilisation de la ligne téléphonique.** Il est important de laisser la ligne téléphonique disponible, que cela soit par nécessité ou pour garantir le confort d'utilisation. Or, la plupart des modems analogiques sont incapables de donner priorité aux appels téléphoniques. Il peut donc être difficile de joindre une personne qui est déjà connectée à Internet, à moins qu'elle n'emploie un logiciel de retransmission des appels téléphoniques. À l'inverse, la plupart des services large bande laissent la ligne téléphonique libre. Vous pouvez donc consulter votre courrier électronique ou surfer sur le Web tout en téléphonant.

- **Coût.** Le facteur coût est un inconvénient majeur des technologies large bande. Un accès Internet par câble ou par DSL peut coûter trois fois plus cher qu'un accès par modem analogique. Toutefois, les forfaits et les offres combinées aux services de télévision câblée tendent à faire baisser les prix. Par ailleurs, de nombreux utilisateurs estiment que la rapidité et le confort qu'offrent les services large bande compensent pleinement ce surcoût. Si vous utilisez suffisamment Internet pour que cela justifie d'installer une seconde ligne téléphonique, le surcoût réel des services large bande est bien moindre puisqu'ils permettent généralement d'accéder à Internet sans monopoliser la ligne téléphonique.
- **Facilité de reconnexion après mise à jour du système d'exploitation.** Étant donné que les services Internet large bande emploient généralement des paramètres réseau TCP/IP configurés automatiquement, si vous mettez à jour Windows, vous devriez récupérer votre connexion large bande sans trop de problèmes au terme de l'opération. Vérifiez simplement que vous disposez des bons pilotes pour votre carte Ethernet (utilisée pour la plupart des connexions large bande) avant d'effectuer la mise à jour. Notez le nom de votre ordinateur et de votre groupe de travail. Vous devriez pouvoir vous connecter dès que la mise à jour sera terminée. Une connexion par modem analogique est souvent beaucoup plus difficile à reconfigurer, notamment parce que toutes les versions de Windows n'emploient pas les mêmes mécanismes.

Types d'accès Internet large bande

Aujourd'hui, même le modem analogique le plus rapide (à 56 Kbit/s) n'est pas suffisant pour une utilisation intensive d'Internet. En effet, il faut souvent télécharger plusieurs mégaoctets de données pour mettre à jour un logiciel ou des pilotes *via* Internet. De la même manière, les sites web sont de plus en plus dynamiques et incluent désormais de la musique et de la vidéo. Enfin, la demande de services en ligne ne cesse d'augmenter. Aussi, de plus en plus d'utilisateurs profitent-ils des solutions d'accès Internet large bande, qui sont multiples :

- RNIS ;
- modem câble ;
- accès sans fil fixe ;
- DSL/ADSL ;
- services par satellite ;
- lignes louées.

Vous pouvez probablement profiter d'un de ces services au moins. Si vous vivez dans une ville de taille moyenne ou grande, vous devriez même avoir le choix entre deux ou trois de ces solutions. C'est pourquoi la première partie de ce chapitre leur est consacrée.

Vitesse augmentée = liberté réduite

Les solutions d'accès Internet large bande (modem câble, DSL/ADSL, etc.) offrent un gain de vitesse substantiel par rapport aux connexions par modem analogique (limitées à 56 Kbit/s). Il est

toutefois important de connaître leur principal défaut : la perte de liberté dans le choix du fournisseur d'accès.

Avec un modem analogique ou 56 Kbit/s, vous pouvez sélectionner un large panel de services, parmi lesquels :

- un fournisseur d'accès local (service personnalisé);
- un fournisseur d'accès national avec accès distant sur l'ensemble du territoire (intéressant pour les voyageurs);
- des services en ligne avec contenu personnalisé et un accès au Web;
- un accès Internet filtré spécial famille;
- un hébergement professionnel avec plans d'accès Internet, proposé par de nombreux constructeurs.

Pour bénéficier d'une vitesse plus importante, vous devez faire appel à un fournisseur d'accès proposant ce type de service. Qu'il s'agisse de votre compagnie de téléphone, d'un distributeur tiers ou de votre câblo-opérateur de télévision, son fournisseur d'accès est également le vôtre. Lorsque vous sélectionnez un service haut débit, vérifiez les fonctionnalités spéciales et les services proposés par le fournisseur d'accès. Après tout, la qualité des services fournis par votre fournisseur d'accès reflète la qualité de votre connexion large bande.

Modems câble

Pour de nombreux utilisateurs, le service de modem câble, qui passe par le réseau câblé de télévision locale, représente une avancée prodigieuse en matière de vitesse par rapport au RNIS, et une économie importante. Contrairement au RNIS, le service de modem câble est proposé sous forme d'un accès illimité avec des frais d'installation minimes et une location mensuelle du modem pour un prix modique.

Connexion à Internet *via* un modem câble

Le modem câble, qui permet de relier un ordinateur à un réseau câblé, est parfois appelé de façon impropre modem (comme pour la technologie RNIS). Ce dispositif doit moduler et démoduler les signaux, mais aussi faire office de tuner, de pont réseau, d'encodeur, d'agent SNMP et de concentrateur. Pour la connexion, on n'utilise pas un port série comme pour les modems analogiques ou un adaptateur RNIS. La connexion s'effectue généralement par un câble croisé relié à un modem externe connecté lui-même par Ethernet à un routeur sur lequel de 1 à 255 ordinateurs peuvent se relier *via* Ethernet. Bien que vous puissiez connecter directement la plupart des PC à un modem câble en utilisant une liaison USB, cette option n'est pas recommandée car elle s'oppose à l'utilisation d'un routeur. Il est toujours préférable d'utiliser un routeur entre un modem câble ou ADSL et un ordinateur PC. En effet, le routeur permet non seulement à plus d'un PC d'être connecté, mais il

fournit également un pare-feu matériel robuste qui protège les PC connectés des attaques en provenance d'Internet. Certains modems câble intègrent un routeur, ce qui évite d'en acheter un. Si votre ordinateur ne dispose pas d'un adaptateur Ethernet intégré à la carte mère ou d'une carte Ethernet, vous pouvez installer une carte Ethernet interne ou utiliser un adaptateur USB basé sur Ethernet. Certains anciens services de modem câble utilisent un adaptateur interne pour un service unidirectionnel (exploitant un modem conventionnel pour les téléchargements descendants), mais cette technologie est aujourd'hui totalement obsolète. Même si elle assure un téléchargement plus rapide, elle continue de monopoliser la ligne téléphonique.

Pour une sécurité maximale et des échanges entre plusieurs ordinateurs optimisés, il est conseillé de connecter le câble modem à un routeur, puis de connecter le routeur à une carte ou au port Ethernet de l'ordinateur. La plupart des "box" proposés par les FAI combinent les fonctions de modem câble et de routeur.

Modem câble et réseaux de télévision par câble

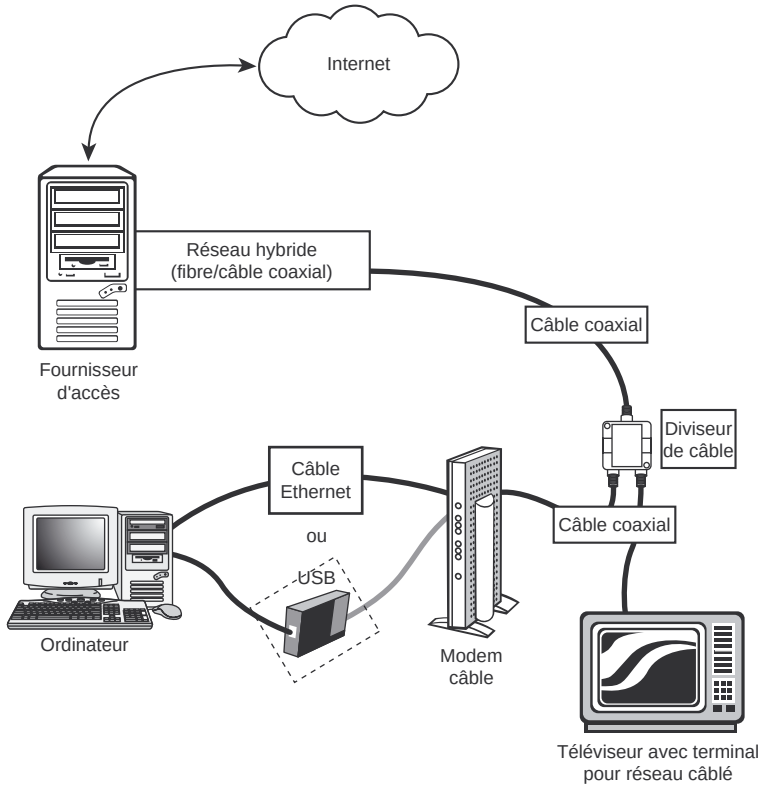
Le modem câble se connecte au réseau câblé au moyen du même câble coaxial que celui de votre télévision câblée (voir Figure 15.1). Ainsi, un modem câble fonctionne comme un pont entre le petit réseau en paire torsadée de votre domicile et le réseau coaxial/fibre optique qui relie tous vos voisins utilisateurs du câble.

Quelques modems câble ont été conçus pour utiliser un câble coaxial unidirectionnel (téléchargement seulement), mais un tel câble offre un débit très faible pour ce type d'utilisation et est obsolète aussi bien pour la télévision par câble que pour la transmission de données. Le câble coaxial a donc laissé la place au système de type HFC. Avant de souscrire un abonnement au service Internet câblé, étudiez les services proposés. Seuls les systèmes bidirectionnels de type HFC permettent d'exploiter le réseau Internet indépendamment du système téléphonique. Le service de modem câble unidirectionnel nécessite un modem analogique pour télécharger des requêtes de pages, des fichiers et le courrier électronique. Le modem peut être intégré au modem câble unidirectionnel ou se présenter sous la forme d'un modem analogique externe. Dans les deux cas, le modem unidirectionnel monopolise la ligne téléphonique.

Pour pouvoir proposer un service câblé numérique, qui vous livre de nombreuses chaînes de télévision et des images plus claires, le fournisseur d'accès doit évoluer vers un système hybride (fibre/câble coaxial). Ainsi, le service câblé est-il un précurseur du modem câble bidirectionnel. Les systèmes câblés uniquement coaxiaux ne peuvent pas servir à transmettre un service numérique ou à gérer le trafic d'un modem câble bidirectionnel. Les systèmes câblés qui ont été remplacés par des services numériques sont capables, après installation d'un équipement adapté au central du service câblé, de proposer un service modem bidirectionnel. Autrement dit, sans câble numérique, vous ne pourrez bénéficier que d'un service modem câble unidirectionnel, voire de pas de service modem du tout. Une connexion câblée bidirectionnelle est illustrée à la Figure 15.1.

À l'origine, les modems câble n'étaient pas vendus, mais loués par les câblo-opérateurs. Cela s'explique par le fait que chaque modem câble d'un câblo-opérateur doit correspondre à la technologie propriétaire employée sur le réseau. Fin 1998, les modems câble répondant à la norme DOC-

Figure 15.1
Un réseau câblé hybride (fibre/câble coaxial) proposant une connexion bidirectionnelle.



SIS ont commencé à être employés par les câblo-opérateurs. La norme DOCSIS fait référence aux périphériques qui suivent les standards du même nom.

De nombreux distributeurs de modems traditionnels ou d'autres types de produits de communication, parmi lesquels 3Com, Motorola, Cisco, D-Linket, fabriquent à présent des modems câble compatibles DOCSIS. Le modèle fourni par les câblo-opérateurs peut varier selon le standard DOCSIS qu'il prend en charge. Le Tableau 15.2 résume ces différents standards.

De nombreux câblo-opérateurs exigent que soient utilisés des modems certifiés DOCSIS 1.1 ou 2.0 au minimum. Vérifiez auprès de votre câblo-opérateur quelle est la norme requise avant d'acheter ou d'installer un modem câble. Pour vérifier le niveau de certification d'un modem, consultez la liste de certification des modems (Certified_Products.pdf) téléchargeable sur le site web de CableLabs (**www.cablemodem.com**). Lorsque les câblo-opérateurs améliorent leur service, cela peut parfois entraîner le mauvais fonctionnement des modems plus anciens. Si votre modem câble connaît tout à coup des problèmes, contactez votre fournisseur pour savoir si les conditions ont changé. Si tel est le cas, vous devrez sans doute mettre à jour ou remplacer le modem.

Tableau 15.2 : Aperçu des standards DOCSIS

Norme DOCSIS	Avantages	Notes
1.0	Service câblé large bande basique	Version originale de DOCSIS publiée en mars 1997
1.1	Prise en charge de différents niveaux de service (débit différent selon l'abonnement), flux en aval plus élevé, prise en charge de réseau domestique et gestion de la voix	Compatibilité rétroactive avec la norme DOCSIS 1.0 – publiée en avril 1999
2.0	Performances accrues du débit en amont et en aval comparées aux normes DOCSIS 1.0 et 1.1; prise en charge des services bidirectionnels à haut débit	Compatibilité rétroactive avec les normes DOCSIS 1.0 et 1.1 – publiées en décembre 2001
3.0	Performances accrues, gestion du channel bonding, prise en charge du protocole Internet IPv6	Compatibilité rétroactive avec la norme DOCSIS 2.0 – publiée en août 2006

Bien que la plupart des modems câble soient maintenant disponibles à un prix abordable (bien que plus élevé que celui des modems analogiques), vérifiez auprès de votre fournisseur d'accès quels sont les modèles pris en charge et si pouvez acheter ou devez louer le modem câble.

Si vous envisagez d'utiliser le réseau de télévision par câble pendant plus d'un an, nous vous conseillons d'acheter un modem câble certifié CableLabs. Si vous ne prévoyez pas à si long terme, nous vous recommandons de choisir la location. Les coûts moyens de location sont de 3,50 €/mois, auxquels s'ajoute le montant de l'abonnement mensuel au service du câble modem, qui se situe entre 20 et 30 €.

La plupart des modems câbles se présentent sous la forme d'un boîtier externe comprenant une connexion par câble pour le raccordement au réseau câblé, ainsi que des ports USB et Ethernet pour le raccordement au réseau. Même si cela est possible, nous vous déconseillons de connecter directement le modem câble à un seul PC pour des raisons de sécurité et pour permettre le partage de la connexion. En branchant le câble modem sur un routeur, vous pouvez partager la connexion entre plusieurs ordinateurs et profiter de la protection du pare-feu intégré au routeur. Certains modems câble sont dotés d'un routeur intégré, mais il est préférable de disposer d'unités séparées. Si le routeur est intégré, vous pouvez le désactiver et utiliser un routeur externe si vous le souhaitez. La Figure 15.2 illustre la connexion à l'aide d'un modem câble.

Largeur de bande des réseaux câblés

La télévision par câble transite sur un réseau large bande, c'est-à-dire que la largeur de bande est partagée pour supporter plusieurs signaux. Cette configuration est due à la transmission simultanée de plusieurs chaînes de télévision. Un réseau câblé a une largeur de bande d'environ 750 MHz. Chaque canal occupe 6 MHz. Donc, si les canaux de télévision commencent à 50 MHz, le canal 1 se situe dans la bande de 50 MHz à 55 MHz, le canal 2 dans celle de 56 MHz à 61 MHz, etc. De cette façon, un réseau câblé peut présenter environ 110 canaux.

Figure 15.2
Le modem câble Linksys BEFCMU10 certifié CableLabs DOCSIS 2.0.

Pour les besoins des réseaux de données, les systèmes câblés prennent une largeur de bande équivalente à un canal dans la bande 50 MHz-750 MHz pour la circulation des flux descendants (le trafic depuis le réseau câblé vers le modem câble). De cette façon, le modem fonctionne comme un tuner, tout comme un décodeur de télévision par câble, en assurant au PC la réception des signaux à la bonne fréquence.

Le trafic ascendant (les données émises par le PC vers le réseau) passe par un canal différent. Les systèmes câblés réservent en général la bande de 5 MHz à 42 MHz pour les signaux amont de tous types (tels que ceux qu'utilisent les décodeurs pour réseau câblé avec paiement à la carte). Selon la largeur de bande disponible, vous pouvez voir que l'opérateur du réseau câblé n'assure pas un débit aussi élevé en amont qu'en aval. Le réseau est asymétrique.

infos

En raison de la différence de vitesse entre la transmission des données en aval et celle en amont (et aussi pour minimiser les bruits qui ont tendance à se développer à cause de la nature arborescente du réseau), les connexions sur les réseaux de télévision par câble ne peuvent généralement pas être utilisées pour accueillir les serveurs web ou d'autres services Internet. Cette situation est largement voulue, car de nombreux câblo-opérateurs se polarisent sur le marché des particuliers. Cependant, avec l'évolution des techniques, ce mode de connexion va probablement s'étendre aux entreprises. Il existe maintenant des services de nom de domaine spécialisés qui peuvent être utilisés pour diriger les internautes vers votre modem câble ou une connexion DSL.

Certains fournisseurs d'accès Internet par câble vous demandent d'utiliser une solution plus coûteuse d'affaires si vous désirez héberger un serveur (y compris un serveur P2P comme Gnutella) sur votre connexion modem câble. En fait, l'hébergement d'un serveur sur un modem câble chez un particulier peut constituer une violation des termes de votre contrat et peut conduire à sa résiliation.

Le débit de données que peut supporter un canal de 6 MHz en aval dépend du type de modulation fournie par le serveur (l'ordinateur sur lequel vous êtes connecté). Avec une modulation 64 MAQ (modulation d'amplitude en quadrature), le canal peut fournir un débit de 27 Mbit/s. Avec la modulation 256 MAQ, on atteint 36 Mbit/s. Malheureusement, ces vitesses sont théoriques, la plupart des fournisseurs de câble limitent les vitesses de téléchargement moyennes à 6 Mbit/s ou 8 Mbit/s, avec des pointes pouvant atteindre 12 Mbit/s. Les vitesses d'envoi sont beaucoup plus faibles, normalement 384 Kbit/s ou 768 Kbit/s selon le forfait que vous choisissez.

Performances du réseau câblé

Le fait de partager le réseau câblé avec d'autres utilisateurs ne diminue en rien les performances spectaculaires du modem câble. Même si le réseau câblé réduit les vitesses maximales, on obtient des débits situés entre 6 et 8 Mbit/s, soit 100 fois supérieurs à la connexion modem la plus rapide. À cette vitesse, vous découvrez le Web sous un autre angle. Vous pouvez désormais télécharger en quelques secondes ces énormes clips audio et vidéo que vous évitiez jusque-là, et vous remplissez vite votre disque dur de tout un assortiment de logiciels gratuits.

Ajoutez à cela le fait que le prix de ce service est raisonnable. Il varie entre 30 et 90 € par mois, ce qui est certes plus cher qu'un forfait pour l'accès à Internet par modem téléphonique, mais offre un accès illimité sans bloquer la ligne téléphonique. Le seul inconvénient est que ce service peut ne pas être disponible dans votre ville. Cette technologie surpasse de loin toutes les autres solutions d'accès Internet disponibles actuellement en termes de vitesse, de commodité et de déploiement. Elle est la principale rivale du DSL. Dans la mesure où les fournisseurs d'accès Internet par modem câble fournissent le réseau, les services et l'équipement, votre service peut être installé très rapidement.

Sécurité des connexions Internet aux réseaux câblés

En raison du partage du réseau entre plusieurs utilisateurs et de la nature bidirectionnelle du trafic, la sécurité constitue un problème important. Dans la plupart des cas, une forme de chiffrement est introduite pour empêcher tout accès non autorisé au réseau. Les modems câble répondant à la norme DOCSIS offrent des fonctionnalités de codage intégrées, mais les modems câble unidirectionnels plus anciens peuvent ne pas disposer de cette protection.

Avec des systèmes d'exploitation qui intègrent des fonctions réseau, il est possible de "voir" les ordinateurs dans votre voisinage réseau, à condition que votre fournisseur d'accès n'utilise pas de modems câble compatibles DOCSIS ou toute autre forme de codage et que vous n'utilisiez pas de routeur. Le système d'exploitation vous permet de définir les habilitations d'accès à vos fichiers. Si ce paramétrage n'est pas effectué correctement, d'autres utilisateurs peuvent accéder à vos fichiers, voire les supprimer. Assurez-vous que le technicien du réseau câblé a étudié ce problème. Si vous avez l'intention d'utiliser votre modem câble pour partager l'accès à votre ordinateur (pour imprimer, stocker, etc.), il est recommandé d'utiliser des mots de passe pour tous les lecteurs partagés, mais il est plus sûr de désactiver le partage d'imprimante et de fichiers sur le système auquel le modem câble est connecté.

✔ Pour plus d'informations sur la sécurisation et les types d'accès Internet, voir la section "Sécurisation de votre connexion Internet", p. 879.

Ligne d'abonné numérique (DSL)

Le DSL (*Digital Subscriber Line*, ligne d'abonné numérique) est le plus grand concurrent du modem câble. En France, il est appelé ADSL (*Asymmetrical Digital Subscriber Line*, ligne d'abonné numérique asymétrique). À l'instar de son prédécesseur, le RNIS, le DSL fait appel aux

compagnies téléphoniques qui peuvent exploiter les câbles analogiques des lignes téléphoniques pour offrir un accès Internet haut débit. Les installations téléphoniques existantes ne sont pas adaptées à tous les types de DSL. Toutefois, presque tous les types les plus rapides et les plus chers peuvent exploiter le réseau téléphonique existant. Le DSL peut également intéresser les entreprises n'ayant pas accès à un réseau câblé, mais qui recherchent une solution assurant de hautes performances, et à prix réduit, pour remplacer les onéreux services RNIS limités à 128 Kbit/s.

Infos

Certaines discussions techniques sur le DSL font référence à xDSL. Le x représente les différentes versions de DSL proposées par les compagnies téléphoniques et les fournisseurs d'accès. DSL fait référence à n'importe quel service de ligne d'abonné numérique.

L'un des avantages du DSL, comparé à son rival le câble modem, est que ce dernier partage la bande passante. Autrement dit, l'utilisation simultanée de ce moyen par plusieurs personnes peut ralentir la connexion. Les utilisateurs du DSL ne sont pas concernés par ce problème : ils profitent de la bande passante pour laquelle ils ont payé.

Comment fonctionne la technologie DSL

La technologie DSL tire parti de la nature large bande du système téléphonique, en utilisant la capacité de la ligne à véhiculer des signaux sur plusieurs fréquences et ainsi permettre la transmission de données Internet à un débit élevé et l'utilisation du téléphone en même temps. Deux méthodes pour envoyer et recevoir des signaux sont utilisées par le type le plus courant de technologie DSL, à savoir la ligne d'abonné numérique asymétrique ADSL :

- modulation CAP (*Carrierless Amplitude/Phase*) ;
- modulation DMT (*Discrete Multitone*).

La plupart des premières installations DSL utilisaient la modulation CAP, qui divise la ligne téléphonique en trois bandes de fréquences. L'utilisation exacte de chaque fréquence varie selon les systèmes, mais se divise généralement de la façon suivante :

- Les appels vocaux utilisent les fréquences de 30 Hz à 4 kHz. Cette fréquence est également utilisée par des répondeurs, les télécopieurs et les systèmes d'alarme.
- Les données en amont comme les requêtes de page web et l'envoi de courriel utilisent des fréquences comprises entre 25 Hz et 160 Hz.
- Les données en aval comme les pages web téléchargées et les courriels reçus utilisent des fréquences comprises entre 240 kHz et 1,5 MHz.

Certains systèmes utilisent la plage de fréquences allant de 300 Hz à 700 Hz pour les données en aval et les fréquences supérieures à 1 MHz pour les données en amont.

Comme la voix, la transmission des données en aval et en amont utilise des fréquences différentes, vous pouvez parler, surfer et envoyer des e-mails en même temps.

La modulation DMT, le système utilisé par la plupart des installations ADSL récentes, divise la ligne téléphonique en 247 canaux de 4 kHz. Lorsqu'un canal connaît des problèmes, un canal différent offrant une meilleure qualité de signal est automatiquement utilisé. Contrairement à la modulation CAP, la modulation DMT utilise des canaux dont les fréquences commencent environ à 8 kHz pour envoyer et recevoir des informations.

Ces deux techniques peuvent engendrer des interférences avec les téléphones et les autres dispositifs analogues, si bien que des mécanismes de filtrage des basses fréquences sont utilisés pour empêcher les signaux téléphoniques d'interférer avec les signaux situés au-dessus de 4 kHz, la fréquence la plus basse utilisée par les signaux DSL. L'emplacement de ces filtres dépend du type de technologie DSL utilisé et si vous installez le service DSL vous-même.

Dans les locaux du commutateur téléphonique public, les données DSL sont transférées à un dispositif appelé multiplexeur DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), qui transfère les signaux sortants vers Internet et envoie les signaux entrants au bon modem DSL.

Qui peut (ou ne peut pas) recourir à la technologie DSL?

L'offre de services DSL se met progressivement en place, d'abord dans les grandes villes, puis dans les plus petites. Comme pour les modems 56 Kbit/s, les habitants des petits villages sont souvent les derniers à bénéficier de cette technologie. Si vous habitez une région où ni le câble ni l'ADSL ne sont disponibles, vous devrez sans doute vous tourner vers d'autres technologies, comme le satellite ou les services sans fil fixes, pour obtenir une connexion à une vitesse supérieure à 56 Kbit/s.

De la même façon que la distance qui sépare les utilisateurs de la centrale téléphonique représente un facteur décisif pour ceux qui veulent obtenir une connexion RNIS, l'éloignement joue un rôle important dans l'offre DSL. On considère qu'il ne faut pas être éloigné de plus de 5,5 km (en longueur de fil, pas en ligne droite) de la compagnie qui propose ce service. Des répéteurs ou une boucle locale, qui peuvent avoir été installés par l'opérateur avec des lignes en fibre optique, permettent d'augmenter cette distance maximale. En outre, la vitesse de votre connexion DSL variera avec cette distance : plus vous êtes situé près de l'opérateur, plus votre connexion sera rapide.

Pour connaître les fournisseurs de services DSL dans votre région et comparer les prix, visitez le site **www.linternaute.fr/surfer/FAI/packadsl/packadsltablo.shtml**.

Infos

Si vous voulez connecter votre réseau local au réseau DSL, consultez d'abord les fournisseurs disponibles. Certains déclareront tout de suite que c'est impossible. Heureusement, ce problème tend à disparaître étant donné la multiplication des réseaux locaux. Là encore, renseignez-vous autant que possible. Les combinaisons interrupteur/routeur, comme Internet Connection Sharing, de Microsoft, proposées par certaines entreprises, offrent un moyen relativement simple de partager le DSL avec d'autres types de connexions haute vitesse.

Même si le relais de télécommunications se trouve suffisamment proche de votre domicile, cela ne garantit en rien votre éligibilité au service DSL. La conception et l'état des câbles reliant votre domicile au commutateur peuvent vous empêcher de bénéficier d'un service DSL. Comme la technologie DSLM repose sur l'envoi et la réception des données à haute fréquence, les câbles télépho-

niques qui bloquent ces hautes fréquences des signaux ne peuvent être utilisés pour le service DSL. Voici certaines des raisons les plus fréquentes qui expliquent l'incompatibilité des lignes téléphoniques et de la technologie DSL :

- **Condensateurs.** Ces amplificateurs renforcent les signaux vocaux mais bloquent malheureusement les signaux haute fréquence nécessaires pour la technologie DSL.
- **Bifurcation de ligne** (bridge taps). Méthode utilisée pour offrir l'accès au téléphone à de nouveaux utilisateurs sans devoir installer de nouvelles lignes depuis le commutateur central. Les bifurcations de ligne peuvent former une boucle trop longue pour la technologie DSL.
- **Câbles en fibre optique.** Utilisée pour transporter un grand nombre de signaux dans un petit espace physique, la fibre optique utilise des convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique pour la liaison avec les lignes téléphoniques en cuivre. Or ces convertisseurs ne peuvent pas transmettre les signaux DSL à destination.

Principaux types de DSL

Bien que le terme *DSL*, utilisé dans les publicités et les discussions courantes, fasse référence à toute forme de DSL, il existe en fait un grand nombre de variantes qui dépendent du marché et de la situation. Cette section traite des formes les plus courantes et propose un tableau comparatif des différents services DSL. Vous restez toutefois limité aux choix que vous propose votre fournisseur d'accès DSL.

- **ADSL** (*Asymmetrical DSL*). Il s'agit du type de DSL le plus fréquemment utilisé. Le qualificatif d'asymétrique provient du fait que le débit des données en réception est plus rapide que celui des données en émission. Cette particularité ne pose aucun problème à la plupart des utilisateurs, car télécharger des pages web, des images et des fichiers est la principale activité sur Internet. Le débit maximal peut atteindre 1,6 Mbit/s pour la réception et 640 Kbit/s pour l'émission. La plupart des opérateurs de l'ADSL fournissent plusieurs niveaux de services et de prix. Les données vocales sont acheminées par le même fil, en utilisant une petite portion de la bande passante, ce qui permet d'offrir un service sur une seule ligne pour la voix et les données. L'ADSL est le type de DSL le plus coûteux à mettre en place, du fait qu'un séparateur de fréquences (dispositif destiné à séparer les données des signaux voix) doit être installé sur site.
- **CDSL** (*Consumer DSL*). Une formule plus lente de DSL (1 Mbit/s en réception), qui a été développée par le fabricant de puces de modems Rockwell. Ce service ne requiert pas d'intervention sur site, aucun séparateur de fréquence n'étant requis chez le client.
- **G.Lite DSL** (*Universal DSL*, également nommé *DSL Lit*e ou *Splitterless DSL*, DSL universel ou DSL sans séparateur de fréquence). Une autre formule, qui sépare la voix des données côté opérateur de télécommunications et non côté client. Le débit de la bande varie entre 1,54 et 6 Mbit/s pour la réception et de 128 à 384 Mbit/s pour l'émission. Cette formule a des chances de devenir prochainement la plus répandue, dans la mesure où elle permet aux consommateurs d'utiliser des

kits d'installation. Notez que le distributeur du DSL peut proposer le service à des prix inférieurs à ceux indiqués précédemment.

- **SDSL** (*Symmetrical DSL*). Ce type de service DSL propose la même vitesse pour le flux ascendant et le flux descendant, et s'adresse plutôt aux entreprises qu'aux particuliers. Ce service nécessite en effet un nouveau câblage (au lieu de réutiliser les lignes téléphoniques existantes) et s'accompagne en général d'un contrat à long terme.

Le Tableau 15.3 récapitule les différents types de DSL.

Tableau 15.3 : Comparaison entre les différents types de DSL

Type de DSL	Description	Débit de la bande ascendante et de la bande descendante	Distance limite	Application
IDSL	Ligne numérique d'abonné RNIS	128 Kbit/s	5,5 km sur un câble de 24 de section	Semblable au service RNIS d'accès de base, mais en données seulement (pas de transfert de voix sur la même ligne).
CDSL	CDSL, de Rockwell	1 Mbit/s en voie descendante, moins en voie ascendante	5,5 km sur un câble de 24 de section	Ne nécessite pas de séparateur sur site. Semblable au DSL Lite.
DSL Lite (ou G.Lite)	DSL sans séparateur de fréquence	1,544 à 6 Mbit/s en voie descendante, en fonction de l'abonnement	5,5 km sur un câble de 24 de section	Sacrifie la vitesse pour ne pas avoir à installer un séparateur de fréquence sur site.
HDSL	Ligne d'abonné numérique à haut débit	1,544 Mbit/s en duplex sur deux lignes en paire torsadée; 2,048 Mbit/s en duplex sur trois lignes en paire torsadée	3,7 km sur un câble de 24 de section	Ligne T1/E1 entre le serveur et l'opérateur de télécommunications ou au sein d'une société.
SDSL	DSL symétrique	1,544 Mbit/s en duplex (États-Unis et Canada); 2,048 Mbit/s (Europe) sur une seule ligne en duplex, en émission et réception	3,7 km sur un câble de 24 de section	Comparable à la HDSL, mais n'exige qu'une ligne en paire torsadée.
ADSL	Ligne d'abonné numérique asymétrique	1,544 à 8,4 Mbit/s en réception; 16 à 640 Kbit/s en émission	1,544 Mbit/s à 5,5 km, 2,048 Mbit/s à 4,8 km, 312 Mbit/s à 3,7 km, 448 Mbit/s à 2,7 km	La technologie DSL la plus courante pour l'accès à Internet
VDSL	Ligne d'abonné numérique très haut débit	12,9 à 52,8 Mbit/s en réception; 1,5 à 2,3 Mbit/s en émission	12,96 Mbit/s à 1,3 km, 82 Mbit/s à 9,1 km, 51,84 Mbit/s à 3 km	Réseaux ATM (mode de transfert asynchrone). Fibre optique au voisinage

Tous les types de DSL sont équipés d'un *modem* DSL externe relié à l'ordinateur par le biais :

- d'un câble croisé relié à la carte ou au port Ethernet de l'ordinateur;
- d'un câble USB relié à un port USB de l'ordinateur.

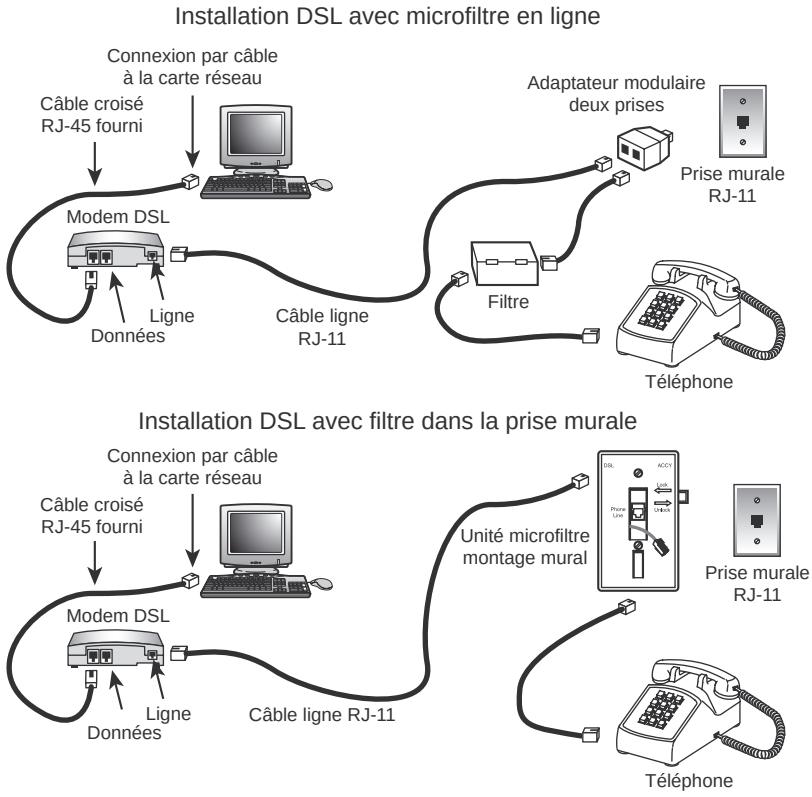
Un câble RJ-11 (téléphone standard) relie le modem DSL au port RJ-11 configuré pour le service DSL.

Pour éviter que les signaux téléphoniques n'interfèrent avec les fréquences DSL, des séparateurs de fréquence ou des filtres doivent être installés sur une ligne DSL. Si l'installation est réalisée par un technicien, ce dernier met en place un dispositif appelé séparateur de fréquence sur site pour empêcher les interférences. Les séparateurs de fréquence permettent aux installations DSL d'atteindre des taux de transfert plus élevés que celles qui n'en utilisent pas, mais il est parfois nécessaire d'attendre plusieurs jours voire plusieurs semaines avant que le technicien ne procède à l'installation.

Si vous installez vous-même le DSL, vous utiliserez de petits périphériques appelés *filtres* pour éliminer les interférences provenant des téléphones, répondeurs et périphériques semblables. Ces périphériques s'installent derrière la plaque de la prise murale prévue pour le service DSL, ou en ligne entre le téléphone, le répondeur, le télécopieur et la prise murale (voir Figure 15.3).

Figure 15.3

Deux types de kits d'installation DSL. Avec un séparateur de fréquence pour séparer la ligne DSL, les filtres ne sont pas nécessaires.



Astuces

Si vous possédez un système d'alarme relié à votre ligne téléphonique, la technologie DSL peut poser des problèmes. En effet, ces systèmes d'alarme sont souvent conçus pour accaparer la ligne et interrompre les appels téléphoniques en cours pour transmettre une alarme à l'entreprise de sécurité. Cette fonction ne fonctionne pas avec les filtres classiques, si bien que vous devez acheter un filtre d'alarme pour permettre à votre système d'alarme de coexister avec votre installation DSL. Pour de plus amples renseignements sur les alarmes et les autres options d'installation ADSL, consultez le site web **http://www.leacom.fr/content.php/?id=5&lg=fr) de http://www.hometech.com/learn/dsl.html**.

Coût de la technologie DSL

Le prix du service DSL varie en fonction des fournisseurs d'accès et des débits proposés. Les DSL les plus courants sont des services asymétriques, où les vitesses de téléchargement en voie descendante sont plus rapides que les vitesses de téléchargement en voie ascendante. Les installations ADSL peuvent généralement utiliser les lignes téléphoniques en cuivre tandis que les installations SDSL nécessitent que de nouveaux fils en cuivre haute qualité soient installés entre le domicile de l'utilisateur et le commutateur.

Pour les particuliers, le prix mensuel d'une connexion DSL varie de 25 à 45 € selon le débit et les services. Les solutions DSL destinées aux entreprises peuvent coûter jusqu'à 700 € par mois (SDSL).

Les tarifs varient en fonction des débits de flux ascendant autorisés. Les coûts les plus bas s'appliquent en principe à des débits de flux ascendant très faibles (avec quelques variantes pour ADSL et G.Lite), mais pas toujours. À l'inverse, les solutions les plus onéreuses utilisent la technologie SDSL. Renseignez-vous bien, l'offre la plus avantageuse ou la mieux adaptée à vos besoins ne viendra pas forcément de votre opérateur téléphonique.

Sécurité DSL

Contrairement aux autres types d'accès large bande, le DSL est une connexion directe un-à-un non partagée. Aucun "voisin" numérique ne peut connaître vos activités. Toutefois, avec les connexions large bande permanentes, une intrusion dans votre ordinateur depuis le réseau Internet est tout à fait possible. C'est pourquoi nous vous conseillons de protéger votre ordinateur derrière un routeur intégrant un pare-feu. Il est également intéressant d'utiliser un pare-feu logiciel, comme celui de Windows XP ou Vista.

✔ Pour plus d'informations sur la sécurisation de l'accès Internet, voir la section "Sécurisation de votre connexion Internet", p. 879.

Problèmes techniques du DSL

Les télécommunications ont toujours eu leur lot de difficultés, à commencer par les modems 3000 bit/s incroyablement lents et capricieux utilisés avec les premiers ordinateurs. Mais les problèmes augmentent avec la vitesse. Il est souvent difficile de faire fonctionner correctement les connexions DSL. En effet, nous l'avons vu, le DSL combine les problèmes d'accès aux données haut débit à ceux liés aux lignes téléphoniques dont la configuration réseau exploite le TCP/IP (le protocole réseau le plus puissant et le plus complexe).

Les commentaires d'utilisateurs recueillis sur différents forums mettent en évidence les problèmes les plus courants :

- **Le manque de coordination entre les fournisseurs d'accès DSL et les installateurs.** Contactez l'installateur pour vérifier l'heure du rendez-vous ou effectuez l'installation par vous-même.
- **Les opérateurs qui installent le matériel et le logiciel ne vérifient pas que tout fonctionne correctement.** Demandez à l'installateur de tester la ligne s'il dispose d'un ordinateur portable. Ne le laissez pas partir tant que la connexion ne fonctionne pas correctement.
- **Peu de support technique avant et après l'installation.** Notez l'adresse IP et toutes les autres informations utilisées durant l'installation. Lisez les magazines et autres sources pour trouver les meilleurs fournisseurs d'accès et les solutions DSL les plus performantes.
- **Vitesses fournies moins importantes que prévu.** Cela peut être dû à la qualité de la connexion entre la base et votre ordinateur, ou à des problèmes au niveau de l'interrupteur central. Demandez à l'installateur de tester la ligne au cours de l'installation initiale et de vous indiquer la vitesse DSL maximale que la ligne peut atteindre. Sur une ligne en bon état, le problème est souvent lié à une très faible valeur de la clé de registre RWIN (*Receive WINdow*), qui doit être modifiée. Remplacez sa valeur par défaut de 8192 (8 Ko) par la valeur 32768 (32 Ko), voire 65535 (64 Ko). Si votre système était auparavant équipé d'un modem téléphonique, la valeur de la clé RWIN peut être de 2144. Avec des valeurs faibles, la connexion DSL reçoit les données à des débits beaucoup plus rapides que ceux offerts par une connexion *via* un modem analogique. Le site web **www.dslreports.com** propose de tester la connexion pour vous aider à trouver la meilleure valeur à utiliser pour la clé RWIN, à identifier les problèmes de ligne et à ajuster votre configuration.

Large bande sans fil fixe

Il existe une possibilité autre que le réseau câblé et le DSL : la technologie haut débit sans fil, qui exploite la technologie des ondes radio. Si vous ne bénéficiez pas d'un réseau câblé ou du DSL et que vous ne soyez pas intéressé par l'installation d'une parabole satellite, vous pourrez profiter d'un service Internet large bande en passant par un fournisseur d'accès large bande sans fil fixe.

La plupart d'entre elles se fondent sur les mêmes fréquences 2,4 GHz que les connexions WiFi 802,11. Ces services exigent généralement d'installer une petite antenne directionnelle au sommet de votre toit et doit avoir une vision directe de l'émetteur, qui est généralement monté sur une tour à quelques kilomètres de là. Ces services sont donc locaux et vous devez généralement vérifier s'ils sont disponibles dans votre région. Cette solution n'est conseillée que si vous n'avez pas accès à la technologie par modem câble ou DSL. Cependant, elle constitue un meilleur choix que la connexion par satellite. En effet, le prix de l'équipement est généralement inférieur et les signaux moins sensibles aux problèmes météorologiques.

WiMax est une nouvelle norme de connexion pour les connexions à haut débit par voie hertzienne, offrant des vitesses comparables à des connexions par câble de type E1 (de 1,5 à 3 Mbit/s en duplex). Cette technologie est encore très peu développée en France.

Les modems cellulaires offrent également un accès haut débit à Internet. Il s'agit généralement de modems CardBus ou ExpressCard dédiés aux ordinateurs portables. S'il est possible de connecter ces modems à un ordinateur de bureau en utilisant un port USB ou un adaptateur PCI, leur coût et leurs faibles performances comparés aux services par câble ou au service DSL les rendent peu intéressants pour ce type d'utilisation.

Même si la plupart des connexions cellulaires à large bande s'effectuent avec un modem cellulaire, il est également possible de se connecter avec un téléphone portable relié à l'ordinateur *via* USB ou Bluetooth, puis d'utiliser le téléphone comme un modem haut débit. Certains téléphones peuvent uniquement se brancher sur un port USB, tandis que d'autres prennent en charge l'USB et le Bluetooth. Ainsi, on peut à la fois créer une liaison entre un ordinateur portable et un téléphone portable *via* Bluetooth, puis se connecter à Internet avec le téléphone portable, ce qui revient à créer une double connexion sans fil.

Les vitesses de connexion disponibles dépendent de l'opérateur et des services qu'il propose, mais les technologies 3G (troisième génération) offrent des débits de 400 à 700 Kbit/s. Bien que cela soit beaucoup moins que les 11 Mbit/s fournis par la plupart des liaisons WiFi, ce type de service est disponible partout où un signal de téléphone cellulaire est disponible. Notez que les performances des connexions par l'intermédiaire d'un téléphone cellulaire sont généralement beaucoup moins élevées que par le biais de cartes dédiées.

Comme ces offres de services et ces technologies sont en constante évolution, vous devez vous rapprocher de votre opérateur de téléphone portable pour de plus amples renseignements. Dans la plupart des cas, les prix des cartes modems dédiées aux téléphones portables et des offres de service sont beaucoup plus élevés que ceux des connexions par câble ou par DSL, mais cette technologie peut s'avérer utile pour les personnes qui voyagent avec un ordinateur portable et souhaitent disposer d'une connexion loin de tout accès WiFi.

Connexion large bande par satellite

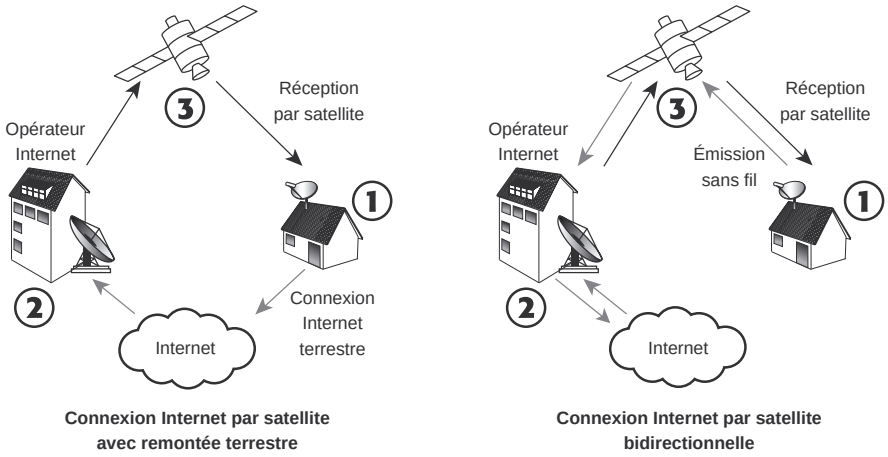
La connexion par satellite représente la dernière solution pour les personnes situées dans une zone où les liaisons par câble, DSL ou sans fil ne sont disponibles. Pour savoir si vous pouvez vous tourner vers cette solution, observez le ciel au sud de votre domicile. Si vous disposez d'un horizon dégagé sur 45° en direction de l'équateur et que vous souhaitiez télécharger rapidement de gros fichiers, la connexion par satellite constitue peut-être le meilleur (ou le seul) moyen dont vous disposez pour accéder à Internet à grande vitesse.

Infos

Les satellites de télécommunications (Internet et télévision) décrivent des orbites géostationnaires à la verticale de l'équateur, si bien qu'ils se trouvent au sud de votre position si vous habitez l'hémisphère Nord et au nord si vous habitez l'hémisphère Sud.

Selon le produit utilisé pour la connexion à Internet par satellite, il est possible de n'utiliser qu'une seule parabole pour Internet et la télévision. La Figure 15.4 illustre le fonctionnement des connexions à Internet par satellite.

Figure 15.4
Les deux types de connexions Internet par satellite.



Performances réelles des connexions par satellite

Les tests de performances montrent que les connexions par Internet obtiennent de mauvais résultats aux tests ping. En effet, la distance parcourue par les données (de la terre vers l'espace et retour) se traduit par un ping de 400 ms à 600 ms minimum. Les applications interactives donnent également des résultats décevants, vu le temps nécessaire pour communiquer avec un satellite en orbite géostationnaire situé à 36000 km dans l'espace, bien que les vitesses de téléchargement soient nettement plus rapides qu'en utilisant les modems reliés à une ligne téléphonique. Même si les taux de transfert varient beaucoup, il n'est pas rare d'atteindre des vitesses de téléchargement de 1000 Kbit/s, voire supérieures à 2000 Kbit/s. Pour obtenir de tels résultats, utilisez les astuces disponibles sur les différents sites web et forums consacrés aux connexions par satellite pour ajuster la configuration de votre système.

Les conditions météorologiques peuvent également représenter un problème pour les connexions par satellite, même si leur influence n'est pas celle que vous croyez. Les nuages et les orages n'affectent pas le signal en général, à moins qu'il ne s'agisse d'une véritable tempête, auquel cas vous cherchez avant tout à vous mettre à l'abri. Par contre, si vous habitez dans une région où les chutes de neige sont fréquentes, l'accumulation de la neige et de la glace sur la parabole peut engendrer une mauvaise réception du signal même si le ciel est clair. C'est pourquoi vous devez essayer d'installer la parabole dans un endroit accessible, afin de pouvoir enlever périodiquement la neige et la glace qui recouvrent la parabole.

En raison d'une latence plus élevée, d'un taux de transfert généralement plus lent, de la sensibilité à la neige et la glace et des frais d'équipement que la connexion par satellite implique, cette technologie est rarement conseillée lorsque d'autres solutions sont disponibles. Pour les personnes vivant à l'écart des centres urbains qui n'ont comme autre possibilité que d'utiliser un modem analogique ou une ligne E1 très onéreuse, la connexion par satellite peut alors représenter une solution intéressante. Bien que le coût d'une connexion par satellite soit plus élevé que celui d'une connexion par modem câble ou *via* la technologie DSL, elle représente parfois la seule option rentable disponible.

Réseau numérique à intégration de services (RNIS)

Pour obtenir des vitesses supérieures à celles des modems asynchrones, il faut envisager des systèmes entièrement numériques, c'est-à-dire qui utilisent la technologie RNIS (réseau numérique à intégration de services), dont l'équivalent aux États-Unis est la technologie ISDN (*Integrated Services Digital Network*), commercialisée en France par France Télécom sous le nom de Numéris. Avec la technologie RNIS, on quitte complètement les télécommunications analogiques pour le monde du numérique pur. Avec un équipement RNIS, on peut se connecter à Internet à un débit de 128 Kbit/s.

Même si le service RNIS est à présent largement répandu, ce n'est pas la meilleure solution en matière d'accès Internet large bande. Comme son origine "téléphonique" le laisse supposer, ce réseau était initialement destiné aux applications téléphoniques : voix, télécopie, téléconférence. N'importe quel fournisseur d'accès est capable de gérer un modem analogique, mais seuls quelques-uns sont en mesure de gérer des connexions numériques RNIS. Certaines compagnies téléphoniques ont délaissé le RNIS en faveur de solutions large bande, plus rapides, comme le DSL. Malgré tout, le RNIS n'a pas autant besoin que le DSL de lignes téléphoniques de haute qualité. Ainsi, le RNIS peut être mis à disposition des utilisateurs dans des zones où le DSL ne fonctionne pas sans actualisation majeure du système téléphonique.

Fonctionnement du réseau RNIS

Étant donné que la technologie RNIS transporte trois canaux, elle offre des services intégrés qui peuvent comprendre des combinaisons telles que voix + données, données + données, voix + télécopie, télécopie + données, etc. (voir Figure 15.5).

Sur une connexion ISDN standard, la bande passante est divisée en canaux logiques : les canaux B (canaux porteurs), qui transmettent à un débit de 64 Kbit/s, et un canal delta (canal D), qui fonctionne à un débit de 16 Kbit/s ou 64 Kbit/s en fonction du type de service. Les canaux B acheminent les informations vocales ou les données informatiques, tandis que le canal D contrôle la transmission. En d'autres termes, vous parlez, surfez ou envoyez un fax par l'intermédiaire des lignes des canaux B.

Les services RNIS sont au nombre de deux : l'accès de base (BRI) et l'accès primaire (PRI). L'accès de base est destiné aux particuliers ; il se compose de deux canaux B et d'un canal D offrant un débit de 16 Kbit/s, soit un total de 144 Kbit/s. Le service d'accès de base permet d'utiliser un canal B pour parler à 64 Kbit/s et un canal B pour naviguer sur le Web à 64 Kbit/s. Si vous raccrochez le télé-

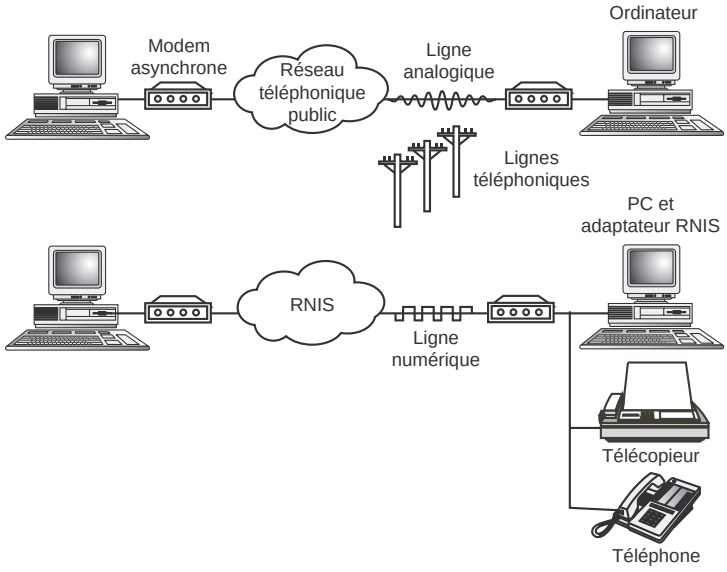


Figure 15.5
Une connexion par modem analogique ne relie votre PC qu'à Internet ou à un service en ligne, alors que le réseau RNIS peut connecter votre ordinateur, le fax et beaucoup d'autres terminaux *via* un seul adaptateur de terminal RNIS.

phone, les deux canaux B sont libres. Si votre service RNIS est correctement configuré, la navigation s'effectue alors à un débit de 128 Kbit/s.

L'accès primaire, destiné aux entreprises, n'est pas composé des mêmes canaux suivant que l'on se trouve en Europe ou dans d'autres parties du monde. En Europe, où il correspond au standard de télécommunications E1, il est composé de 30 canaux B offrant un débit de 64 Kbit/s et d'un canal D, offrant lui aussi un débit de 64 Kbit/s, soit un total de 1984 Kbit/s. En Amérique du Nord et au Japon, où il correspond au standard de télécommunications T1, il est composé de 23 canaux B et d'un canal D offrant chacun un débit de 64 Kbit/s, soit un total de 1536 Kbit/s. Pour les entreprises qui ont besoin d'une largeur de bande supérieure à celle d'un accès primaire, il est possible d'utiliser un canal D pour grouper plusieurs accès primaires.

Le fait d'être limité à deux canaux B peut sembler contraignant (excepté pour une petite société ou pour une personne travaillant à domicile), mais cette apparence est trompeuse. En effet, le service d'accès de base peut intégrer huit terminaux différents, accompagnés chacun d'un numéro RNIS propre. Le canal D se charge de l'acheminement des appels et des services d'appel classiques, permettant à tous les terminaux de se partager les deux canaux B.

Infos

Dans le domaine des télécommunications RNIS, un kilooctet correspond à 1000 octets, et non à 1024 comme en informatique. Nous l'avons vu plus haut, cette égalité s'applique aussi au calcul du débit des modems.

Si vous souhaitez obtenir une connexion RNIS plus souple (mais plus chère), utilisez l'option Accès de base avec commutateur, comme un PBX (*Private Brand Exchange*, autocommutateur privé) ou

un serveur. Alors que l'accès de base n'autorise qu'un seul terminal par canal B, l'accès avec commutateur peut allouer de façon dynamique des canaux non utilisés pour couvrir des services réclamant une largeur de bande élevée, tels que la vidéoconférence.

Obtenir un service RNIS

Pour obtenir une connexion RNIS, vous devez vous situer à moins de 5,5 km du central téléphonique. Pour des distances supérieures, il faut des répétiteurs, et tous les points du réseau ne sont pas en mesure de proposer ce service.

Le coût du service RNIS varie considérablement suivant l'accès choisi. À titre d'exemple, l'accès RNIS d'Orange coûte actuellement 20 € TTC pour un débit de 64 Kbit/s. Il peut être nécessaire d'acheter un adaptateur RNIS pour le PC et éventuellement d'autres équipements annexes.

En raison de la disparité des offres RNIS en fonction du type d'accès que vous souhaitez et de l'utilisation que vous en attendez, assurez-vous de bien planifier la manière dont vous voulez utiliser une ligne RNIS. Vérifiez les tarifs et les informations donnés par le fournisseur d'accès sur son site web avant de prendre une décision. Même si l'accès RNIS est la seule des connexions Internet large bande capable de gérer à la fois la transmission de la voix et des données, cette technologie n'est pas forcément la mieux adaptée aux petites entreprises ou aux particuliers étant donné son coût relativement élevé et son faible débit.

Matériel RNIS

On relie un PC à un accès RNIS à l'aide d'un adaptateur numérique. L'adaptateur terminal est, comme un modem, une carte d'extension enfichée dans un connecteur de bus ou une unité externe connectée à un port série. Souvent, on appelle l'adaptateur numérique "modem RNIS". Or, il ne s'agit pas d'un modem, car il n'effectue pas de conversions entre les formats analogique et numérique.

Dans la mesure où les connexions RNIS étaient initialement destinées aux périphériques téléphoniques, la plupart des adaptateurs terminaux RNIS possèdent des connexions pour le téléphone, le télécopieur et autres périphériques semblables, ainsi que pour l'ordinateur. Certains adaptateurs terminaux peuvent également servir de routeurs pour permettre le branchement de plusieurs ordinateurs en réseau sur la connexion RNIS.

Attention

Pour obtenir les meilleures performances, choisissez de préférence un adaptateur terminal RNIS externe, qui se branche sur le port USB de votre ordinateur, ou une version interne. Un adaptateur avec fonctions de compression pourra facilement dépasser les capacités d'un port série. Il faut considérer qu'un taux de compression de 2 dépasse le débit de 232 Kbit/s, débit maximal que les ports les plus rapides puissent supporter. Les ports USB 1.1 et USB 2.0, par contre, peuvent respectivement gérer des signaux jusqu'à 12 Mbit/s et 480 Mbit/s et supportent facilement la connexion RNIS la plus rapide.

Comparaison entre les différents accès Internet haut débit

Pour faire une sélection parmi les nombreux types d'accès disponibles, du modem câble au DSL en passant par le satellite, calculez le prix mensuel moyen par Kbit/s de données téléchargées (€/Kbit/s). Pour cela, divisez le prix mensuel du service (PS) par la vitesse ou le débit moyen de ce service (VM) :

PS / VM = €/Kbit/s

Par exemple, un service par modem câble à une vitesse moyenne de 500 Kbit/s, comprenant la location du modem, coûte 60 €/mois. Divisez 60 € par 1000 Kbit/s, vous obtenez un coût par Kbit/s de 0,06 €.

Utilisez cette formule avec n'importe quel type d'accès large bande ou service par ligne téléphonique pour trouver le meilleur rapport vitesse/prix. N'oubliez pas de calculer le prix de l'équipement nécessaire (comme dans notre exemple). Si vous devez payer l'équipement ou l'installation d'avance, comme c'est le cas si vous choisissez une connexion par satellite, divisez ce prix par le nombre de mois pendant lesquels vous prévoyez de conserver ce service et ajoutez le résultat au coût mensuel pour obtenir un montant plus précis.

Que dire du modem 56 Kbit/s classique, si l'on prévoit des vitesses de téléchargement de 50 Kbit/s ? Avec un accès par modem analogique, le prix moyen est de 0,33 € par Kbit/s, soit trois fois plus élevé pour un service presque dix fois plus lent.

Le Tableau 15.4 compare les taux de transfert des différentes connexions Internet.

Tableau 15.4 : Comparaison des vitesses types des différents types de connexions Internet

Type de connexion	Vitesse
Modem analogique V.34	33,6 Kbit/s – 33,6 Kbit/s
Modem analogique V.90/V.92	53 Kbit/s – 33,6 Kbit/s
RNIS (1BRI)	64 Kbit/s – 64 Kbit/s
RNIS (2BRI)	128 Kbit/s – 128 Kbit/s
Connexion sans fil	256 Kbit/s – 256 Kbit/s
ADSL de base	384 Kbit/s – 128 Kbit/s
Connexion par satellite (bidirectionnel)	500 Kbit/s – 60 Kbit/s
ADSL Premium	3000 Kbit/s – 128 Kbit/s
Connexion sans fil Premium	3000 Kbit/s – 256 Kbit/s
Modem câble	8000 Kbit/s – 384 Kbit/s

Les valeurs dans ce tableau indiquent les taux de transfert maxima indiqués par les constructeurs. Les valeurs maximales disponibles dans votre région dépendent des fournisseurs et de l'offre souscrite. Ces chiffres n'indiquent pas la réalité des vitesses moyennes et ne tiennent pas compte du ping ou de l'encombrement du réseau.

Pour comparer les types de connexions Internet, vous pouvez également vous baser sur les fonctionnalités proposées (voir Tableau 15.5).

Tableau 15.5 : Comparaison des types d'accès Internet haut débit par fonctionnalités

Service	Connexion permanente	Fiabilité affectée par
Modem câble (bidirectionnel)	Oui	Interruptions du câble
Connexion sans fil	Oui	Interruptions de la transmission
DSL	Oui	Interruptions de la ligne téléphonique
Satellite (bidirectionnel)	Oui	Conditions météorologiques, interruption de la transmission depuis le satellite

Plan de sauvegarde en cas d'interruption de service

Dans la mesure où aucune connexion haut débit n'est protégée contre les interruptions de service, pensez à disposer d'un plan de secours pour les cas d'interruptions de service importantes.

Si votre accès Internet haut débit passe par un fournisseur d'accès qui propose également des connexions 56 Kbit/s, vous devriez pouvoir utiliser votre modem dans les cas d'urgence. Cela peut toutefois impliquer des frais supplémentaires. Vous pouvez en outre souscrire un abonnement d'essai gratuit auprès d'un fournisseur d'accès utilisant un modem conventionnel. Si vous basculez temporairement vers un autre fournisseur d'accès, en particulier s'il exploite son propre client, veillez à sauvegarder votre configuration Internet avant d'installer le logiciel client. Le meilleur choix consiste à passer par un fournisseur d'accès Internet uniquement, dont la connexion à distance peut être ajoutée comme une nouvelle connexion tout en conservant votre configuration existante.

Si vous voyagez et que vous souhaitiez de temps en temps disposer d'un accès Internet à faible coût, sans pour autant disposer d'un accès au haut débit et sans souscrire un service téléphonique supplémentaire, les offres de certains fournisseurs d'accès haut débit comme Free (**www.free.fr**) ou Neuf (**www.neuf.fr**) intègrent également une connexion bas débit de secours. Ce type de connexion est très intéressant pour les personnes qui voyagent, car les connexions haut débit ne sont pas partout disponibles. De plus, si votre connexion à haut débit tombe en panne pour une raison quelconque, cette connexion par modem analogique vous permet d'accéder aux pages web de votre fournisseur d'accès et de vérifier l'état du réseau en ligne.

Infos

Chaque type de connexion Internet utilise une combinaison particulière de paramètres TCP/IP. Sachez que les paramètres TCP/IP sont différents selon que vous utilisez un accès modem ou un accès *via* une carte réseau ou un port USB. Les modems disposent généralement d'une adresse IP fournie par le fournisseur d'accès lors de la connexion. Les autres types d'accès Internet ont en général des adresses IP statiques (qui ne changent pas). Les adresses IP sont l'un des paramètres réseau qui interdisent votre accès au réseau Internet si elles sont modifiées.

Lignes louées

Les lignes louées dédiées sont destinées aux utilisateurs qui ont besoin d'une bande passante très importante (et ont beaucoup d'argent). Elles fournissent une liaison numérique point à point à des vitesses qui dépassent largement les connexions RNIS et sont aussi rapides, voire plus, que les connexions DSL ou par modem câble. Une ligne louée constitue une connexion permanente à un emplacement particulier qui ne peut être modifié que par la compagnie téléphonique. Les entreprises utilisent des lignes louées pour relier entre eux des réseaux locaux éloignés géographiquement ou établir une connexion à Internet par le biais d'un fournisseur d'accès. Il existe différents types de lignes louées, comme indiqué dans la section suivante.

Connexions E1 et E3

L'investissement dans une ligne E1 peut se justifier pour connecter entre eux des réseaux éloignés géographiquement, des réseaux utilisés par un grand nombre d'internautes ou de sociétés qui hébergent leurs propres services Internet. Une connexion numérique E1 est une connexion fonctionnant à environ 2 Mbit/s, ce qui représente un débit 10 fois plus élevé qu'une liaison RNIS et deux fois plus élevé que les connexions DSL les plus rapides. Une connexion E1 peut être répartie (ou fractionnée), selon la manière dont elle doit être utilisée. Elle peut être divisée en 24 lignes individuelles à 64 Kbit/s ou conservée comme une seule ligne à haute vitesse.

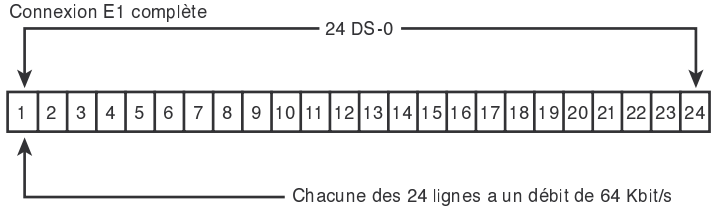


Figure 15.6
Une connexion E1 complète utilise les 24 lignes (chacune de 64 Kbit/s). Une connexion fractionnée de 256 Kbit/s peut n'utiliser que les lignes 1 à 4, par exemple.

Un particulier n'interagit qu'indirectement avec une ligne E1. Peu importe le moyen utilisé pour la connexion à Internet (modem analogique, ISDN, DSL, modem câble, connexion par satellite ou sans fil), votre fournisseur d'accès Internet dispose en général d'une connexion à une ou plusieurs lignes E1 ou E3, pour la liaison à une dorsale Internet. Cette connexion à la dorsale est parfois considérée comme un PoP (*Point of Presence*), autrement dit les points de regroupement régionaux du réseau d'un opérateur. Lors de la connexion d'un utilisateur à Internet, le fournisseur d'accès Internet partage une petite partie de cette ligne E1 avec lui. Selon le nombre d'utilisateurs connectés au même fournisseur d'accès Internet ou à la même ligne, le débit peut se ralentir fortement, même si la vitesse de connexion du modem reste constante. Cela revient un peu à partager une pizza en tranches de plus en plus petites au fur et à mesure que le nombre d'invités augmente : plus le nombre d'utilisateurs à une connexion haute vitesse augmente, plus le débit de chacun sera faible. Afin que soient maintenues des connexions rapides au fur et à mesure que le nombre d'utilisateurs augmente,

les FAI ajoutent des lignes E1 complètes ou des sections de lignes E1 à leur PoP. Certains fournisseurs d'accès remplacent également leur connexion E1 par une connexion E3 si elle est disponible.

Infos

Une connexion E3 fonctionne à 34 Mbit/s, soit l'équivalent de 17 lignes E1. Ce type de connexion est principalement utilisé par les très grands réseaux. Les tarifs sont si élevés que nous n'en parlerons pas ici.

Si votre connexion à Internet s'effectue au sein du réseau local d'une entreprise ou si votre bureau est situé en centre-ville, il est possible que la ligne E1 soit proche de votre emplacement. Si votre immeuble ou votre bureau est directement connecté à une ligne E1, vous partagez la capacité de cette ligne avec un nombre relativement restreint d'utilisateurs et non avec quelques centaines ou quelques milliers d'entre eux comme c'est le cas généralement. L'accès aux lignes E1, bien qu'elles soient fractionnées, se multiplie dans les grandes villes et offre à leurs bénéficiaires un accès plus rapide à Internet. Généralement, une connexion LAN est fournie à la ligne E1, si bien que l'accès à Internet se réalise *via* une carte réseau plutôt qu'à l'aide d'un modem ou d'un adaptateur numérique RNIS.

En raison de l'importance grandissante d'Internet et de la demande croissante d'accès réseau à haut débit, le prix des lignes E1 a considérablement diminué depuis la fin des années 1990, même si l'abonnement à ce type de service coûte encore plusieurs centaines d'euros. Pour les grandes entreprises dont les besoins en bande passante sont importants, la diminution du coût des lignes E1 rend ce type de liaison intéressante. Bien que les connexions DSL ou par modem câble semblent offrir des débits comparables aux lignes E1, ces dernières proposent une bande passante constante (à la différence des modems câble) et permettent d'éviter les problèmes de compatibilité entre les différentes lignes téléphoniques (à la différence des technologies DSL).

Comparaison des services haut débit conventionnels

Les sociétés de téléphonie qui proposaient jusqu'à aujourd'hui des prix fixes pour les services RNIS, E1 ou autres services de télécommunications adaptent à présent leurs prix en fonction de différents facteurs, parmi lesquels :

- l'emplacement;
- les coûts fixes et variables;
- les coûts d'installation;
- vos besoins.

Comparez le prix du matériel et les coûts d'utilisation. Concernant des éléments tels que les adaptateurs terminaux RNIS et les cartes réseau, comparez également les offres officielles avec le prix du produit disponible ailleurs. Si vous décidez de fournir vous-même une partie de l'équipement, voyez à qui incombent les réparations. Certaines sociétés proposent des prix inférieurs si vous acceptez de configurer et d'entretenir vous-même votre matériel. Si vous disposez d'une équipe qualifiée, capable de gérer des routeurs et autres configurations réseau, vous pouvez faire des économies chaque mois. Si ce n'est pas le cas, prenez l'option service complet.

Sécurisation de votre connexion Internet

Dans la mesure où n'importe quelle connexion Internet utilise le protocole TCP/IP – qui se sert des ports logiques intégrés numérotés 0-65535 pour proposer différents types d'activités –, chaque utilisateur d'Internet peut être vulnérable à différents types d'attaques Internet, même si des précautions ont été prises (par exemple, désactiver le partage des lecteurs et des dossiers). Cette vulnérabilité est encore plus importante avec les connexions haut débit permanentes.

Steve Gibson, de la société Gibson Research Corporation, a établi un service web gratuit, appelé Shields Up, que vous pouvez utiliser avec n'importe quel ordinateur connecté à Internet pour évaluer sa vulnérabilité. La partie Shields Up du site web Gibson Research Corporation (**www.grc.com**) sonde la sécurité de votre connexion Internet et celle des ports des services Internet, puis vous signale tous les dangers potentiels.

Modems analogiques asynchrones

Si vous souhaitez vous connecter à Internet sans dépenser beaucoup d'argent, un modem analogique vous permet d'accéder au reste du monde informatique. Les modems sont fournis avec la plupart des systèmes récents et continuent d'être utilisés par les personnes qui n'ont pas accès aux technologies large bande comme la connexion DSL ou par modem câble. Pour certains types d'accès à large bande (les connexions par satellite et par modem câble unidirectionnelles), les modems sont encore nécessaires pour télécharger des pages web et envoyer des e-mails.

Le terme *modem* (de modulateur/démodulateur) décrit essentiellement un périphérique qui convertit les données numériques utilisées par les ordinateurs en signaux analogiques qui puissent être transmis sur une ligne téléphonique et qui convertit les signaux analogiques reçus en données numériques. Pour distinguer les modems analogiques qui permettent de convertir les signaux numériques des autres types de périphériques d'accès, on les appelle souvent "modems analogiques" ou "modems téléphoniques", car vous devez composer un numéro de téléphone pour accéder à un ordinateur distant. Le modem PC est généralement un dispositif asynchrone, c'est-à-dire qu'il transmet les données par petits paquets de façon intermittente. Le système de réception collecte les données en paquets et les réassemble dans une forme que l'ordinateur peut utiliser.

Infos

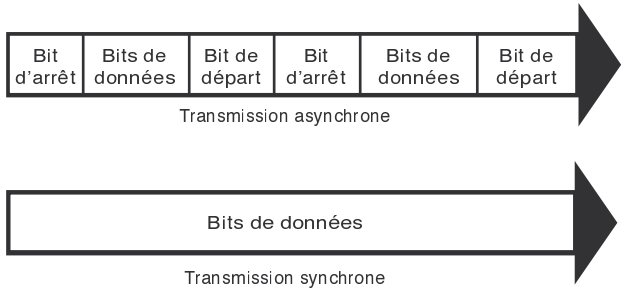
Le mot "modem" est devenu un terme courant, même pour les utilisateurs d'ordinateurs inexpérimentés, si bien qu'il est également employé pour des périphériques qui ne sont pas des modems du tout à strictement parler. Les connexions à large bande RNIS, par modem câble, par satellite ou DSL dont nous avons parlé au début de ce chapitre, font toutes appel à des périphériques communément appelés "modems" pour connecter votre PC à des services en ligne ; pourtant, tous ne convertissent pas l'information numérique en signaux analogiques. Toutefois, comme ces périphériques ont souvent l'apparence d'un modem standard et s'utilisent pour connecter le PC à Internet ou à d'autres réseaux, on les appelle modems.

Les modems asynchrones transmettent chaque octet de données dans un paquet individuel. Un octet est égal à 8 bits, ce qui, en utilisant les codes ASCII standard, représente suffisamment de données

pour transmettre un seul caractère alphanumérique. Pour qu'un modem transmette de façon asynchrone, il doit indiquer le début et la fin de chaque octet pour le modem distant. Pour cela, le modem émetteur ajoute un bit de départ avant et un bit d'arrêt après chaque octet de données et utilise donc 10 bits pour transmettre chaque octet (voir Figure 15.7). Ce système de communication asynchrone fondé sur une suite de démarrages et d'arrêts contraste avec les communications synchrones, dans lesquelles un flux continu de données est transmis à un rythme soutenu.

Figure 15.7

Les modems asynchrones encadrent chaque octet de données avec un bit de départ et un bit d'arrêt, alors que les communications synchrones sont constituées d'un flux ininterrompu de données.



Les modems synchrones sont généralement utilisés sur les lignes louées en liaison avec des multiplexeurs pour les communications entre des terminaux et des serveurs sous Unix ou Linux ou des ordinateurs centraux. Par conséquent, l'étude de ce type de modem n'entre pas dans le cadre de cet ouvrage.

Lorsque le terme modem est employé dans ce livre, il fait référence aux modems asynchrones analogiques (les modems synchrones ne sont pas en vente dans les magasins d'informatique et ne font pas partie de la configuration normale d'un ordinateur. Il est donc fort probable que vous n'en voyiez jamais, à moins que vous ne visitiez le centre de données d'une société qui en utilise.)

Infos

Lors de communications à haut débit, les bits de départ et d'arrêt ne sont généralement pas transmis par la ligne téléphonique. En fait, l'algorithme de compression de données du modem les élimine. Toutefois, ces bits font partie des paquets de données générés par le logiciel de communication sur l'ordinateur et existent donc jusqu'à ce qu'ils atteignent le modem. Si les deux extrémités d'une connexion par modem analogique n'utilisent pas la même valeur pour les bits de départ et d'arrêt, les données transmises sont inutilisables.

L'utilisation d'un seul bit de départ est nécessaire dans toutes les formes de communication asynchrone, mais certains protocoles utilisent plus d'un bit d'arrêt. Afin que soient pris en considération les différents protocoles, les logiciels de communication permettent généralement de modifier le format de la trame utilisée pour transmettre chaque octet. La trame standard utilisée pour décrire une communication asynchrone est la trame de parité/bits de données/bits d'arrêt, ce qui donne en abrégé N-8-1 (pas de parité/8 bits de données/1 bit d'arrêt). La signification et les variations possibles de chacun de ces paramètres sont les suivantes :

- **Parité.** Avant que les protocoles de correction des erreurs ne deviennent une fonctionnalité standard des modems, un mécanisme simple de parité était utilisé pour fournir un contrôle d'erreur

simple au niveau logiciel. De nos jours, cela n'est presque plus utilisé, si bien que la valeur de ce paramètre est presque toujours fixée à zéro. Les communications peuvent également contenir un bit de parité impaire, paire, de marquage ou un bit de parité d'espace.

- **Bits de données.** Ce paramètre indique combien de bits sont effectivement transportés dans la partie du paquet contenant les données (à l'exclusion des bits de départ et d'arrêt). Les PC utilisent habituellement des données de 8 bits, mais certains types d'ordinateurs utilisent un octet de 7 bits voire d'autres longueurs de données. Les programmes de communication offrent cette option pour empêcher qu'un ordinateur ne confonde un bit d'arrêt avec un bit de données.
- **Bits d'arrêt.** Ce paramètre indique combien de bits d'arrêt sont joints à chaque octet. Les PC utilisent généralement 1 bit d'arrêt, mais d'autres types de protocoles peuvent demander 1,5 ou 2 bits d'arrêt.

Dans la plupart des cas, vous n'aurez jamais à modifier ces paramètres manuellement, bien que ces contrôles soient presque toujours fournis. Dans Windows 9x/Me/2000/XP et Vista, par exemple, ouvrez le panneau de configuration, double-cliquez sur Options de modems et téléphonie puis cliquez sur l'onglet Connexion de la boîte de dialogue Propriétés du modem. Vous disposez des options Bits de données, Parité et Bits d'arrêt.

À moins que vous n'utilisiez le programme HyperTerminal de Windows pour établir une connexion directe à un autre ordinateur *via* les lignes téléphoniques, vous n'aurez sans doute jamais besoin de modifier ces paramètres. Toutefois, si devez vous connecter à un ordinateur central afin d'effectuer une émulation de terminal et ainsi vérifier des comptes bancaires, contrôler le catalogue d'une bibliothèque ou travailler depuis votre domicile, il peut être nécessaire que vous ajustiez ces paramètres (l'émulation de terminal consiste à utiliser un logiciel pour simuler sur un PC le fonctionnement d'un terminal informatique, comme un DEC VT-100, par exemple). Beaucoup d'ordinateurs centraux utilisent encore la parité paire et une longueur de mots de 7 bits. Si votre PC n'est pas configuré correctement, un texte incompréhensible s'affichera à l'écran au lieu de l'écran de connexion ou de bienvenue de l'autre système.

Les normes des modems

Pour que deux modems communiquent, ils doivent partager le même protocole. Un protocole est une spécification qui détermine la façon dont deux entités communiquent. Tout comme les humains doivent utiliser la même langue pour se parler les uns avec les autres, deux ordinateurs ou deux modems doivent partager un protocole commun. Dans le cas des modems, le protocole détermine la nature du signal analogique que le dispositif crée à partir des données numériques de l'ordinateur.

Les laboratoires Bell Labs (qui définirent les normes des premiers modems à 300 bd) et le Comité consultatif international téléphonique et télégraphique (CCITT) sont les deux des organismes qui ont établi les normes des protocoles utilisés par les modems. Le CCITT a été rebaptisé Union internationale des télécommunications (UIT) au début des années 1990, mais les protocoles mis au point

auparavant sont souvent mentionnés avec l'ancien nom de l'organisation. Les nouveaux protocoles sont appelés normes UIT-T, en référence au secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT. La plupart des modems construits au cours des dernières années se conforment aux normes élaborées par le CCITT et l'UIT.

L'UIT, dont le siège est à Genève, est un organe international d'experts chargé d'élaborer les normes techniques de communication des données dans le monde. Le groupe, qui relève des Nations unies, a pour membres des représentants des principaux fabricants de modem, des fournisseurs de services téléphoniques transporteurs (comme France Télécom) et des organismes gouvernementaux. L'UIT établit les normes et les protocoles de communication internationaux dans de nombreux domaines, si bien qu'un modem répond souvent à de nombreuses normes différentes, en fonction de ses différentes fonctionnalités et capacités.

Tous les modems vendus de nos jours prennent en charge les protocoles IUT suivants :

- UIT V.90 (modulation);
- UIT V.42 (correction d'erreur);
- UIT V.42bis (compression de données).

Toutefois, les modems plus anciens prenaient en charge de nombreux standards industriels et de nombreux protocoles propriétaires pour la modulation, la correction des erreurs et la compression des données.

La plupart des modems actuels prennent également en charge les standards de correction d'erreur propriétaires MNP (Microcom Network Protocol), MNP10 et MNP10EC afin de fournir une meilleure connexion lors des sessions de communication filaires et sans fil (téléphonie cellulaire). Les modems les plus récents prennent également en charge les normes UIT V.92 (modulation) et V.44 (compression de données) plus récentes. Tous les protocoles actuels sont examinés plus loin dans ce chapitre.

Infos

Le terme protocole est également utilisé pour décrire les normes logicielles qui doivent être établies entre les différents ordinateurs pour leur permettre de communiquer, comme le protocole TCP/IP.

Les modems sont contrôlés par des chaînes de caractères appelées commandes `AT`, que le logiciel envoie au modem pour activer les fonctionnalités de ce dernier. Par exemple, l'utilisation de la commande `ATDT` suivie d'un numéro de téléphone fait composer ce numéro au modem en utilisant le mode de numérotation à fréquences vocales. Les applications qui commandent les modems génèrent le plus souvent ces commandes `AT` pour vous, mais vous pouvez également contrôler directement un modem à l'aide d'un programme de communication dans le terminal ou même avec la commande `ECHO` sous DOS.

Comme presque tous les modems utilisent le jeu de commandes `AT` (à l'origine développé par le constructeur de modems Hayes), cette compatibilité se retrouve sur tous les modems et ne constitue pas un critère d'achat. Les commandes de modem de base peuvent varier légèrement d'un constructeur à l'autre, en fonction des fonctionnalités particulières de chaque modem, mais le jeu de commandes AT est pratiquement universel.

Infos

Une liste des commandes AT de base se trouve dans le dossier Technical Reference sur le CD-ROM fourni avec ce livre. Toutefois, le manuel fourni avec votre modem constitue la meilleure source pour les commandes utilisées par votre périphérique.

Bien que la plupart des utilisateurs d'un modem n'aient jamais besoin de connaître ces commandes, si vous utilisez des programmes basés sur MS-DOS ou certaines applications de communications spécialisées sous Windows, vous pouvez avoir besoin de saisir ou de modifier une *chaîne d'initialisation*, autrement dit une série de commandes AT envoyées au modem avant qu'il ne compose le numéro. Si ces commandes ne sont pas correctes, le modem ne fonctionnera pas avec ces programmes.

Bits et bauds

Lorsqu'on examine les vitesses de transmission des modems, on confond bien souvent les termes *bits* et *bauds*. Le baud (nommé ainsi d'après Émile Baudot, l'inventeur du code binaire utilisé pour le télégraphe) indique la vitesse à laquelle un signal modulé transmis entre deux appareils change en 1 seconde. Si un signal entre deux modems peut changer 300 fois par seconde de fréquence ou de phase, par exemple, on considère que ce périphérique communique à 300 bauds.

Le baud mesure donc le signal et non la transmission des données. Le nombre de bits transmis par chaque baud est utilisé pour déterminer le taux de transfert réel des données (correctement exprimée en bits/s ou Kbit/s). Les modems analogiques modernes transmettent et reçoivent plus de bits par baud que les premiers modems à 300 bits/s (qui fonctionnaient également à 300 bauds).

Normes de modulation

La modulation est la méthode de transmission du signal électronique utilisée par le modem. Elle implique une variation dans certains aspects du signal transmis. En modulant le signal à l'aide d'un modèle préétabli, le modem de l'ordinateur encode les données et les envoie à un autre modem qui démodule (ou décode) le signal. Les modems doivent utiliser la même méthode de modulation pour se comprendre les uns les autres. Chaque transfert de données utilise une méthode de modulation différente, et parfois plus d'une méthode existe pour un transfert particulier.

Quelle que soit la méthode de modulation, tous les modems doivent accomplir la même tâche, à savoir convertir les données numériques utilisées à l'intérieur de l'ordinateur (ON-OFF, 1-0) en données analogiques (variation de fréquence et volume) utilisées par les circuits téléphoniques, qui sont antérieures à l'informatique et n'ont jamais été destinées à ce type d'utilisation. Voilà l'explication de la première partie de l'acronyme modem : "mo(dulation)". Lorsque le signal analogique est reçu par l'autre ordinateur, le signal d'ondes analogiques est de nouveau converti en données numériques (voir Figure 15.8). C'est la "de[é]m(odulation)".

Les trois méthodes de modulation les plus courantes sont les suivantes :

- **La modulation par déplacement de fréquence (MDF).** Une forme de modulation de la fréquence connue également sous l'acronyme FM. En provoquant la modification de la fréquence du signal surveillance dans un signal envoyé sur la ligne téléphonique, deux modems peuvent envoyer des informations.

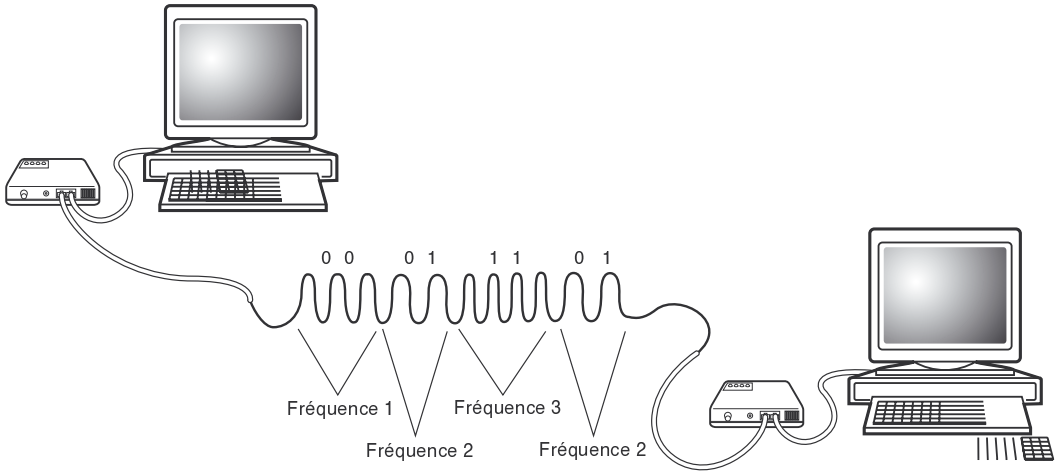


Figure 15.8

Le modem de chaque ordinateur convertit les signaux numériques (informatiques) en signaux analogiques lors de l'émission des données et effectue l'opération inverse à la réception des données.

- **La modulation par saut de phase** (PSK, de l'anglais *Phase-Shift Keying*). Une forme de modulation de la phase dans laquelle l'onde porteuse du signal est modifiée tandis que la fréquence reste la même.
- **La modulation d'amplitude en quadrature** (QAM). Une technique de modulation qui combine les modifications par saut de phase et variations de l'amplitude du signal, ce qui permet au signal de véhiculer plus d'informations que les autres méthodes.

Tous les protocoles de modem depuis la norme UIT V.34 (vitesse maximale de 33,6 Kbit/s) aux normes V.90 et V.92 (vitesse maximale de 56 Kbit/s) sont des protocoles full-duplex. Un protocole *full-duplex* indique que les communications peuvent être transmises dans les deux sens en même temps et au même rythme. Un appel téléphonique, par exemple, est full duplex puisque les deux parties peuvent parler en même temps. En mode duplex, les communications peuvent s'effectuer dans les deux sens, mais une seule partie peut émettre à la fois. Un appel radiophonique dans lequel une seule partie peut parler à la fois représente un exemple de communication duplex.

Ces protocoles sont négociés automatiquement entre votre modem et le modem à l'autre extrémité de la connexion. Fondamentalement, les modems démarrent la communication avec le protocole commun le plus rapide puis réduisent le taux de transfert jusqu'à trouver la combinaison protocole/vitesse de transfert adaptée aux conditions de la ligne téléphonique au moment de l'appel.

Les protocoles V.90 et V.92 sont les protocoles les plus couramment utilisés aujourd'hui et les modems V.92 prennent également en charge le protocole V.90.

Infos

Les normes 56 Kbit/s, qui permettent d'obtenir les vitesses de transfert les plus élevées pour les communications par modem, nécessitent une connexion numérique à une extrémité de la ligne, si bien qu'elle n'est pas purement analogique. Les autres technologies de communication haut débit comme le RNIS et les connexions réseau par câble n'effectuent pas de conversion des données numériques en ondes analogiques, de sorte que le terme modem ne devrait pas être utilisé.

V.90

V.90 désigne la norme de communications à 56 Kbit/s qui mit un terme au conflit existant auparavant entre les spécifications propriétaires de modem développées par US Robotics (3Com) x2 et par Rockwell K56flex en 1996 et 1997. Les derniers modems ISA fabriqués par les principaux fournisseurs prennent généralement en charge la norme V.90, de même que de nombreux modems PC Card et PCI construits de 1998 à 2001.

✔ Voir la section "Les limites des modems 56 Kbit/s", p. 889.

V.92

La norme V.92 correspond à une version améliorée de la norme V.90. Elle permet une négociation de la connexion plus rapide, offre une prise en charge de la suspension provisoire de la connexion et autorise un téléchargement plus rapide que cela n'est possible avec la norme V.90. La plupart des modems PCI et PC Card vendus depuis le milieu de l'année 2001 sont compatibles avec la norme V.92.

Les normes V.90 et V.92 sont les protocoles de communication pris en charge par les FAI à l'heure actuelle. Aujourd'hui, tout modem doit au moins prendre en charge le protocole V.90.

Protocoles de correction d'erreur

La correction d'erreur est la capacité de certains modems à identifier les erreurs au cours d'une transmission et à renvoyer automatiquement les données qui semblent avoir été endommagées lors du transfert. Bien qu'il soit possible d'implémenter la correction d'erreur à l'aide d'un logiciel, cela ajoute une charge supplémentaire sur le bus d'extension et le processeur de l'ordinateur. Avec la correction d'erreur de façon matérielle dans le modem, les erreurs sont détectées et corrigées avant qu'aucune donnée ne soit transmise au processeur de l'ordinateur.

Comme pour la modulation, les deux modems doivent respecter la même norme de correction d'erreur pour que la transmission fonctionne, ce qui est heureusement le cas pour la plupart des modems.

Protocoles de correction d'erreur V.42, MNP10 et MNP10EC

Actuellement, les modems prennent en charge le protocole de correction d'erreur propriétaire MNP10 de Microcom (développé pour améliorer la gestion des conditions de ligne) et MNP10EC (une version améliorée mise au point pour permettre aux modems d'utiliser l'évolution constante des connexions par téléphone cellulaire).

Les modems V.90 et V.92 (ainsi que certains modèles plus anciens) prennent également en charge le protocole de correction d'erreur UIT V.42 (ce qui comprend également la compression des données), qui est compatible avec la classe 4 de la norme MNP ; toutes les connexions entre les modems compatibles MNP 4 et les modems V.42 intègrent le contrôle d'erreur.

Cette norme utilise un protocole appelé LAPM (*Link Access Procedure for Modems*) qui est capable de gérer les déficiences des lignes téléphoniques en retransmettant automatiquement les données corrompues, ce qui garantit que seules les données dépourvues d'erreurs soient transférées de modem à modem. La norme V.42 est considérée comme meilleure que la norme MNP 4, car elle offre un taux de transfert environ 20 % plus élevé grâce à l'utilisation d'algorithmes plus intelligents.

Normes de compression des données

La compression des données se réfère à un mécanisme intégré dans certains modems, qui compresse les données émises afin d'économiser du temps et de l'argent pour les utilisateurs. Selon le type de fichiers que le modem envoie, les données compressées peuvent ne représenter qu'un quart de la taille d'origine, ce qui a pour effet de quadrupler la vitesse du modem, du moins en théorie. Cela implique que la norme de compression des données V.42bis soit intégrée au modem (ce qui est vrai depuis 1990 environ) et que les données n'aient pas déjà été compressées par un logiciel. C'est pourquoi le débit le plus élevé obtenu grâce à la compression des données ne concerne en réalité que les fichiers texte ou au format HTML sur le Web. Les images, les archives Zip ou EXE ont déjà été compressées, de même que la plupart des fichiers PDF (Adobe Acrobat Reader). Le débit du modem peut également varier selon le type de puce UART utilisé par le port série intégré au modem interne ou connecté à un modem externe, ou par l'utilisation du port USB plutôt que d'un port série.

Comme pour la correction d'erreur, la compression des données peut également être effectuée par un logiciel. Mais les données ne peuvent être compressées qu'une seule fois, si bien que la transmission de fichiers qui sont déjà dans une forme compressée, comme les archives ZIP, les images GIF ou JPEG ou les fichiers Adobe Acrobat PDF, la compression matérielle dont dispose le modem ne procurera aucune accélération significative de la vitesse d'émission. Cependant, la transmission des fichiers texte (comme les pages HTML) et des images bitmaps non compressées est grandement accélérée par la compression effectuée par le modem.

Normes MNP5 et V.42bis

Les modems actuels intègrent les protocoles de compression des données MNP5 de Microcom UIT V.42bis. La norme de compression des données V.42bis définie par le CCITT est identique à la norme MNP5, mais elle offre une compression supérieure de 35 % environ. La norme V.42bis n'est en fait pas compatible avec la norme MNP5, mais la quasi-totalité des modems V.42bis disposent également du système de compression des données MNP5.

La norme V.42bis est supérieure à la norme MNP5 car elle analyse les données avant de définir si les compresser représente un intérêt. Ainsi, seules les données qui ont besoin d'être compressées le

sont. À l'inverse, la norme MNP5 essaie toujours de compresser les données, ce qui ralentit le débit des fichiers déjà compressés.

Pour établir une connexion qui utilise le protocole V.42bis, le protocole V.42 doit également être présent. Par conséquent, un modem qui incorpore la compression des données V.42bis est censé inclure la correction d'erreur V.42. La combinaison de ces deux protocoles se traduit par une connexion sans erreur dans laquelle les données sont compressées autant que possible.

Norme V.44

Lors de l'introduction du protocole V.92 au milieu de l'année 2000, l'UIT présenta une procédure de compression des données appelée protocole V.44. La norme V.44 utilise un protocole de compression sans perte LZJH conçu par Hughes Network Systems (l'entreprise qui a conçu le système de connexion par satellite HughesNet utilisé en Amérique du Nord) qui permet aux modems d'atteindre des performances plus de 25 % supérieures à celles de la norme V.42. Le protocole V.44 offre un débit maximum de 300 Kbit/s, contre 150 à 200 Kbit/s pour le protocole V.42bis. La norme V.42bis a été développée à la fin des années 1980, bien avant l'avènement du World Wide Web, si bien qu'elle n'est pas aussi optimisée que le protocole V.44 pour la navigation sur le Web. En effet, la norme V.44 est spécialement conçue pour optimiser la compression des pages de texte HTML.

Infos

Le protocole V.44 est le dernier algorithme de compression à être en partie fondé sur les travaux réalisés par les mathématiciens Abraham Lempel et Jacob Ziv à la fin des années 1970. Leurs travaux ont également été utilisés par d'autres méthodes de compression de données comme l'algorithme de compression LZW (Lempel-Ziv-Welch) des images TIFF, pour la compression PKZIP ou celle des images au format GIF, entre autres.

Les normes propriétaires

Aux protocoles de modulation, de correction d'erreur et de compression des données qui sont généralement définis et approuvés par l'UIT s'ajoutent plusieurs protocoles inventés par différentes entreprises. Ces protocoles, qui n'ont jamais été reconnus officiellement par aucun organisme de normalisation, ont pour certains connu un grand succès et sont devenus des pseudo-normes. Les seules normes propriétaires qui continuent à bénéficier d'un large soutien sont les normes de correction d'erreur et de compression des données MNP de Microcom. Les autres, comme le protocole TVH de 3Com, Compucom de DIS et V-Series de Hayes, ne sont plus utilisées.

Les modems 56 K

À une certaine époque, on considérait que le protocole V.34bis, en offrant un débit de 33600 bauds (33,6 Kbit/s), représentait la limite de vitesse que pouvait atteindre un modem asynchrone. À partir de 1996, des modems prenant en charge des vitesses allant jusqu'à 56000 bauds commencèrent cependant à être commercialisés. Ces modems "56 K" ou "56 Kbit/s" sont désormais très répandus, bien que les méthodes permettant de dépasser la limite de 33,6 Kbit/s aient changé plusieurs fois. Pour comprendre comment ce surcroît de vitesse a pu être obtenu, nous devons nous pencher sur le

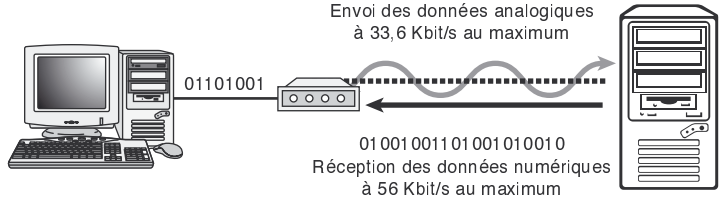
principe fondamental sur lequel repose cette technologie, c'est-à-dire la conversion du numérique à l'analogique.

Comme nous l'avons déjà vu, un modem traditionnel convertit les données numériques en signaux analogiques afin de les transférer sur le réseau téléphonique public commuté (RTPC). À leur arrivée, un autre modem convertit de nouveau les signaux analogiques en données numériques. Cette conversion du numérique à l'analogique, et *vice versa*, entraîne une chute de la vitesse de transmission. En effet, même si la ligne téléphonique est physiquement capable de transporter des données à 56 Kbit/s, voire plus, la vitesse maximale réelle n'est que d'environ 33,6 Kbit/s en raison de la conversion. Claude Shannon, un ingénieur d'AT&T a mis au point une loi (la loi de Shannon) qui indique que le taux de transfert maximum des communications de données sans erreurs sur un réseau RTPC entièrement analogique est d'environ 35 Kbit/s, en fonction du niveau de bruit.

Toutefois, de nombreux systèmes téléphoniques sont numériques, si bien que les données sont uniquement converties en signaux analogiques lors de leur arrivée au commutateur téléphonique, ce qui rend possible de "briser" la loi de Shannon et d'atteindre des taux de transfert plus élevés. Autrement dit, la première conversion du numérique à l'analogique peut être évitée dans certains cas pour envoyer un signal purement numérique sur le RTPC du FAI au particulier (voir Figure 15.9). Ainsi, une seule conversion du numérique à l'analogique est nécessaire, au lieu de deux ou plus. La vitesse de transmission des données peut donc théoriquement être augmentée (même si ce n'est que dans une seule direction) au-delà de la limite des 35 Kbit/s définie par la loi de Shannon pour atteindre la vitesse de 56 Kbit/s prise en charge par le réseau téléphonique. Avant l'apparition de la nouvelle norme V.92, la vitesse de transmission dans l'autre sens était encore limitée à la vitesse maximum de 33,6 Kbit/s du protocole V.34, mais sa prise en charge par le modem et le FAI permet de surmonter cette limitation des vitesses de transfert.

Figure 15.9

Avec les connexions à 56 Kbit/s basées sur la norme V.90, le taux de transfert des modems analogiques pour l'envoi des données reste le même (33,6 Kbit/s maximum) mais la réception des données est presque doublée, en fonction de la ligne.



✔ Voir la section "Les normes V.92 et V.44", p. 890, pour de plus amples renseignements sur la façon dont la norme V.92 permet d'augmenter la vitesse des émissions.

Les limites des modems 56 Kbit/s

Bien que les modems 56 Kbit/s permettent de dépasser les limites de vitesse pour le transfert des données par rapport aux modems V.34, ils restent soumis à certaines limites. Contrairement aux modems analogiques classiques, la transmission des données entre deux modems 56 Kbit/s installés sur deux ordinateurs ne peut pas atteindre des vitesses de 56 Kbit/s. Un modem numérique doit obligatoirement être utilisé à une extrémité de la connexion pour se connecter directement au RTPC sans effectuer de conversion du numérique à l'analogique.

Par conséquent, la vitesse maximale des modems 56 Kbit/s peut uniquement être atteinte lors de la connexion aux fournisseurs d'accès Internet ou à d'autres services d'hébergement qui ont investi dans l'infrastructure nécessaire pour prendre en charge leur connexion. Comme le fournisseur d'accès Internet dispose d'une connexion numérique au RTPC, ses transmissions vers votre ordinateur sont accélérées. Mais si les deux extrémités de la connexion prennent en charge des normes antérieures au protocole V.92, vos communications au FAI ne sont pas accélérées.

D'un point de vue pratique, cela signifie que vous pouvez naviguer sur le Web et télécharger des fichiers plus rapidement. Par contre, si vous hébergez un serveur web sur votre PC, la vitesse de transfert de vos utilisateurs n'augmentera pas car ces communications ne sont pas accélérées à moins que vous et votre fournisseur d'accès Internet n'utilisiez tous deux des modems compatibles avec la norme V.92. Si vous vous connectez à un autre modem analogique classique, votre connexion s'établit à la norme V.34bis (à 33,6 Kbit/s voire moins).

De plus, l'utilisation d'une seule conversion numérique-analogique n'est possible que si la transmission s'effectue du FAI à votre ordinateur, en raison de la nature physique de la connexion à votre opérateur téléphonique local. Si des conversions supplémentaires sont nécessaires, la technologie 56 Kbit/s ne fonctionnera pas et le modem fonctionnera à 33,6 Kbit/s au maximum.

Infos

Bien que la plupart des publicités désignent les modems à 56 Kbit/s simplement comme des modems "56 K", ce terme est inexact. En informatique, "K" est le plus souvent utilisé pour se référer au kilooctet. Un vrai modem 56 K téléchargerait donc 56 000 octets par seconde, soit 448 000 bits par seconde!

Étant donné la façon dont le système téléphonique a dû se développer pour accueillir de nouveaux périphériques et de nouveaux types de communications, un modem 56 Kbit/s peut avoir un comportement différent d'un endroit à l'autre, même chez deux personnes qui habitent la même rue.

Attention

Les modems 56 Kbit/s sont très sensibles aux ralentissements causés par le bruit de la ligne. Votre ligne téléphonique peut être parfaitement adaptée pour les communications vocales et les transmissions effectuées avec des modems moins rapides, mais le bruit inaudible peut facilement dégrader une connexion à 56 Kbit/s, à tel point que le gain soit minime voire inexistant par rapport à un modem 33,6 Kbit/s. Si vous rencontrez ce problème, un filtre de bruit peut représenter une solution.

Les premières normes 56 Kbit/s

Pour parvenir à une connexion haute vitesse, il est nécessaire que les deux modems et votre fournisseur d'accès Internet (ou un autre service d'hébergement auquel vous vous connectez) prennent en charge la même technologie 56 Kbit/s. Les premiers chipsets 56 Kbit/s sont apparus à la fin de l'année 1996 :

- Le modem x2 de US Robotics utilisait les chipsets de Texas Instruments (TI).
- Le modem K56flex de Rockwell disposait du soutien de Zoom et d'autres constructeurs de modems.

Ces différentes méthodes étaient incompatibles entre elles et ont été remplacées en 1998 par la norme V.90 définie par l'UIT.

La norme V.90

La norme V.90, apparue le 5 février 1998, a été adoptée par l'UIT le 15 septembre 1998, ce qui a mis fin à la "guerre" entre les normes K56flex et x2. Peu de temps après, la plupart des constructeurs ont offert la possibilité aux utilisateurs des modems x2 et K56flex de mettre à jour leurs périphériques afin qu'ils deviennent compatibles avec la norme V.90. Si vous avez acheté votre modem avant l'adoption de la norme V.90, consultez le site web du constructeur pour savoir comment procéder à la mise à jour de votre modem.

Les normes V.92 et V.44

Les protocoles 56 Kbit/s, qu'il s'agisse des protocoles propriétaires x2 et K56flex ou de la norme UIT V.90, augmentèrent la vitesse de réception de 33,6 Kbit/s à 56 Kbit/s. Les vitesses d'envoi, qui conditionnent la rapidité à laquelle vous pouvez envoyer des courriels, effectuer des requêtes ou transférer des fichiers, n'étaient pas modifiées et restaient limitées à un maximum de 33,6 Kbit/s. Cette situation entraîne de sévères retards, aussi bien pour les utilisateurs de modems analogiques que pour les utilisateurs dont le trafic en amont dépend des modems analogiques, comme c'est le cas des utilisateurs de solutions unidirectionnelles haut débit, par exemple. Entre autres lacunes, la technologie 56 Kbit/s présente le défaut d'augmenter le temps de négociation nécessaire pour se connecter à un autre modem et le manque d'uniformité dans la prise en charge de la mise en attente.

Au milieu de l'année 2000, l'UIT a dévoilé les protocoles V.92 et V.44 pour résoudre le problème de lenteur de connexion et d'envoi des données.

La norme V.92, comme son nom l'indique, est un successeur du protocole V.90, et tout modem V.92 prend également en charge le protocole V.90. Elle ne permet pas de dépasser la limite de vitesse de 56 Kbit/s en réception, mais offre les caractéristiques principales suivantes :

- **Connexion rapide** (*QuickConnect*). Réduit le temps nécessaire pour se connecter en conservant les informations de connexions établies lors des sessions précédentes et en les réutilisant dans les connexions suivantes. Pour les utilisateurs qui se connectent souvent à Internet du même endroit, le temps requis pour la connexion est divisé par deux. Cependant, cette réduction de temps est seulement possible après la première connexion à condition de ne pas changer d'emplacement et de stocker les informations de connexion.

- **Mise en attente** (*Modem-on-Hold*). La mise en attente permet à l'utilisateur de prendre les appels entrants et de parler pendant plus de quelques secondes, comme c'était le cas avec les modems proposant cette fonctionnalité auparavant. La mise en attente permet également aux FAI de contrôler la durée de l'appel vocal sans que soit interrompue la connexion du modem. La durée minimum prise en charge est de 10 secondes mais elle peut être illimitée. La mise en attente vous permet également d'effectuer un appel téléphonique sans raccrocher le modem. Cette fonctionnalité, que certaines solutions propriétaires proposaient auparavant, exige que la mise en attente soit activée sur votre ligne téléphonique et que votre fournisseur d'accès Internet prenne en charge cette fonctionnalité de la norme V.92.

Infos

Bien que la mise en attente constitue un avantage pour l'utilisateur Internet qui ne dispose que d'une seule ligne téléphonique (puisqu'elle permet de gérer les appels entrants et sortants sur une seule ligne), elle peut se révéler gênante pour les fournisseurs d'accès Internet car, en mettant sa connexion Internet en attente, l'utilisateur empêche le modem du fournisseur d'accès de prendre d'autres appels. Les fournisseurs d'accès Internet qui prennent en charge la fonctionnalité de mise en attente doivent donc disposer de plusieurs modems supplémentaires pour fournir la même qualité de service.

PCM en amont. La modulation d'impulsion codée (PCM) en amont permet de s'affranchir de la limite des 33,6 Kbit/s, ce qui renforce la vitesse d'envoi maximum de 48 Kbit/s. Malheureusement, en raison de questions d'alimentation, cette fonctionnalité peut entraîner une réduction de la vitesse en aval (la réception) de 1,3 Kbit/s à 2,7 Kbit/s, voire plus. L'option PCM en amont de la norme V.92 n'est pas prise en charge par tous les fournisseurs d'accès Internet.

Généralement, les modems V.92 prennent également en charge la norme V.44 de compression des données, qui remplace la norme V.42bis et fournit un taux de compression 25 % plus important. Ainsi, les modems V.92/V.44 peuvent télécharger des pages beaucoup plus rapidement que les modems V.90/V.42bis à la même vitesse de connexion.

Quand serez-vous en mesure de bénéficier de la norme V.92/V.44 ? Bien que la majorité des modems commercialisés depuis la fin de 2000 réponde à ces normes, l'intérêt des fournisseurs d'accès Internet reste très faible. En effet, la prise en charge des normes V.92/V.44 nécessite souvent le remplacement des terminaux téléphoniques, alors que le marché des modems analogiques diminue.

Astuces

Vous vous demandez s'il est temps pour vous de disposer d'un modem V.92/V.44 ? Avant de mettre à jour votre modèle actuel ou d'acheter un nouveau modem, contactez votre fournisseur d'accès Internet pour voir s'il prévoit (et quand) de prendre en charge les normes V.92/V.44 et pour connaître les fonctionnalités qui seront alors disponibles.

Si le passage des modems x2/K56flex aux modems répondant à la norme V.90 s'est effectué gratuitement pour de nombreux propriétaires, il n'en sera pas de même pour la mise à niveau aux normes V.92/V.44. Dans de nombreux cas, seuls les modems V.90 les plus récents pourront bénéficier d'une mise à niveau gratuite. Contactez votre fournisseur de modem pour plus de détails.

Votre modem compatible V.90 pourra-t-il être mis à jour aux normes V.92/V.44? Comme pour les anciennes normes des modems 56 Kbit/s, la réponse dépendra probablement de votre matériel. Certains pilotes V.90 des modems Lucent LT WinModem (Agere Systems) peuvent également inclure des commandes V.92 (pour en savoir plus, visitez la section consacrée aux modems Lucent à l'adresse suivante : **http://www.modemsite.com/56k/ltwin.asp**). Pour les modems basés sur d'autres chipsets, vérifiez auprès du vendeur de votre modem.

Comme pour les anciennes normes 56 Kbit/s, ne vous souciez pas de la prise en charge des normes V.92/V.44 tant que votre fournisseur d'accès n'annonce pas qu'il les prend en charge. Comme la norme V.92 intègre plusieurs composantes, renseignez-vous sur les fonctionnalités que votre fournisseur d'accès prévoit d'activer avant de vous préoccuper de la mise à jour de votre modem ou de son remplacement.

Normes des modems fax

Même si le premier matériel de télécopie expérimental a été conçu à la fin de la Seconde Guerre mondiale, il a fallu de nombreuses années pour que l'utilisation de la télécopie devienne monnaie courante. Ainsi, les premières cartes fax pour ordinateurs sont apparues seulement à la fin des années 1980, sous la forme de périphériques distincts. Ce n'est que plus tard que des fonctionnalités de télécopie ont été intégrées aux modems. De nos jours, tous les modems ou presque répondent également aux normes de catégorie 3 définies par l'UIT-T, ce qui leur permet d'envoyer et de recevoir des données provenant d'autres télécopieurs répondant aux mêmes normes et d'autres appareils multifonctions.

Si vous possédez un scanner et un modem fax, Windows XP et Vista (Édition Entreprise, Intégrale et Professionnel seulement) fournissent également des fonctionnalités de numérisation et de télécopie. De nombreux périphériques récents prennent aussi en charge la nouvelle recommandation 30E de l'UIT-T pour la télécopie couleur. Les modems fax ne répondent pas à cette norme, mais il est possible de télécharger gratuitement le logiciel de télécopie couleur développé par HP (Impact ColorFax) qui fonctionne avec la plupart des modems fax. Vous trouverez Impact ColorFax sur le site web de BlackICE (**www.blackice.com**).

Pour plus d'informations sur les protocoles de l'UIT-T sur les télécopieurs, consultez la section "ITU-T Fax Protocols" sur le CD-ROM qui accompagne cet ouvrage.

Recommandations pour les modems analogiques

Un modem analogique pour PC peut prendre la forme soit d'un périphérique externe doté de sa propre alimentation et qui se branche sur un port série ou USB, soit d'une carte d'extension interne insérée dans un bus PCI ou PC Card à l'intérieur de l'ordinateur. Rares sont les modems analogiques qui utilisent le bus ISA puisque la majorité des systèmes récents ne possède plus de connectique ISA.

Les modems analogiques externes sont légèrement plus chers, car ils disposent de leur propre alimentation et vous obligent parfois à acheter un câble série ou USB pour les relier au PC. Pour déci-

der du type de modem que vous devez acheter, tout dépend si vous disposez d'un bus ou d'un port série libre, si votre ordinateur possède des ports USB et fonctionne sous Windows 98 ou supérieur, la place dont vous disposez sur votre bureau, les capacités de l'alimentation interne de votre ordinateur, et si vous ne voyez aucun inconvénient à ouvrir le boîtier de votre ordinateur.

Les modems externes présentent l'avantage de fournir une indication visuelle par l'intermédiaire de leurs diodes électroluminescentes (DEL). Grâce à ces lumières, vous voyez facilement si le modem est toujours connecté et s'il émet et reçoit des données. Cependant, Windows et de nombreux programmes de communication actuels intègrent des indicateurs qui fournissent à l'écran les mêmes informations.

Dans bien des cas, cependant, un modem interne est préférable. Si vous utilisez un ordinateur assez ancien dont les ports série n'ont pas de puces UART avec mémoire tampon, comme c'est le cas de la puce 16550, les modems internes intègrent une puce de contrôle 16550 plus avancée qui équivaut à une puce UART. Cette puce UART intégrée au modem vous évite de procéder à une mise à jour de la puce UART du port série. Toutefois, les modems sans contrôleurs (ou "Windows") n'intègrent pas de puces de ce type. Leur puissance et leur vitesse reposent sur le processeur, ce qui peut dégrader les performances des autres applications lorsqu'ils sont connectés à un réseau. La vitesse des modems 56 Kbit/s externes peut être réduite par les limites du port série de l'ordinateur. Un modèle externe USB ou un modèle interne utilisant le bus PCI peut représenter une solution préférable. Le Tableau 15.6 compare les unités internes et externes.

Tableau 15.6 : Modems externes et modems internes

Caractéristiques	Modem externe	Modem interne
Prix	Supérieur	Inférieur
Éléments supplémentaires nécessaires	Câble série ou USB	Aucun
Migration d'un ordinateur à l'autre	Simple	Difficile (nécessité d'ouvrir le boîtier)
Alimentation	Alimentation externe	Aucune – alimenté par le bus hôte
Contrôle d'état	DEL externes	Icône dans la barre des tâches ou aucune
Interface	Série ou USB	PCI ou ISA

Bien que les dernières versions de Windows 95 OSR 2.x prennent en charge l'USB, de nombreux périphériques USB nécessitent en fait Windows 98 ou supérieur. Utilisez Windows 98/Me/2000/XP pour une prise en charge plus fiable des périphériques USB.

✔ Voir la section "La puce UART", p. 822.

De nombreux constructeurs proposent des modems qui fonctionnent à la même vitesse mais n'intègrent pas les mêmes fonctionnalités. Les modems les plus chers prennent généralement en charge des fonctionnalités avancées, comme le soutien de différentes sonneries, l'identification de l'appe-

lant, la prise en charge des transmissions vocales et des données, la téléconférence et la mise en attente. Lors de l'achat d'un modem, assurez-vous qu'il supporte toutes les fonctionnalités dont vous avez besoin. Assurez-vous également que le logiciel que vous prévoyez d'utiliser, y compris le système d'exploitation, a été certifié pour être utilisé avec ce modem.

Si vous vivez dans une région rurale ou dans un quartier où les installations sont anciennes, la qualité de la ligne téléphonique peut avoir une influence sur votre choix. Regardez attentivement des tests de comparaison entre modems et portez une attention particulière à la façon dont les différents modems gèrent le bruit de ligne. Si des craquements se font entendre sur votre ligne téléphonique lors des averses, la mauvaise qualité de la ligne rendra les communications modem peu fiables, ce qui peut vous empêcher de vous connecter à des vitesses supérieures à 33,6 Kbit/s.

La résistance du modem aux dégâts électriques est un autre élément à prendre en considération. Certains modèles intègrent une protection contre les dommages causés par les lignes téléphoniques numériques (tension plus élevée et incompatibilité avec les modems) ou contre les surtensions. Toutefois, chaque modem doit être relié à un protecteur de surtension pour une meilleure protection.

Tous les modems actuellement disponibles sur le marché prennent en charge les normes V.90 ou V.92. Même si vous ne pouvez pas bénéficier des vitesses qu'elles offrent, elles peuvent permettre à votre modem de disposer de fonctionnalités avancées, comme la messagerie vocale ou la transmission simultanée de la voix et des données. Gardez à l'esprit que, pour beaucoup d'utilisateurs, les connexions V.90/V.92 semblent mieux fonctionner si leurs modems prennent également en charge le standard propriétaire x2. Si vous préférez un modem qui prenne également en charge le standard propriétaire K56flex, essayez d'acheter un modem dont le micrologiciel incorpore les deux types de normes (certains constructeurs les appellent modems "Dualmode").

Modems sans puce UART (WinModem)

Les modems sans puce UART, parfois baptisés WinModems en référence au nom donné à la première version de ce type de modem par US Robotics, peuvent vous permettre d'économiser de l'argent à l'achat, mais peuvent ensuite connaître des problèmes de fonctionnement et de compatibilité avec le système d'exploitation.

Pour les utilisateurs qui cherchent un modem interne bon marché, un modem qui n'utilise pas de puce UART semble représenter une bonne affaire par rapport aux solutions traditionnelles internes ou externes. Mais, ils présentent également certains inconvénients.

Tout d'abord, vous devez savoir qu'il existe en fait deux types de modems sans puce UART : les premiers utilisent Windows et le processeur pour toutes les opérations (ces modems sont aussi appelés modems sans contrôleur), tandis que les seconds utilisent une puce DSP pour remplacer la puce UART. Ces deux types de modems utilisent moins d'énergie que les modems traditionnels, ce qui les rend avant tout intéressants pour les ordinateurs portables. Bien que les deux soient des "modems logiciels", ils ne partagent guère d'autres points communs.

Un modem basé sur Windows doit fonctionner sous Windows puisque ce système d'exploitation fournit le cerveau du modem, une réduction de coûts analogue à celle utilisée par certaines imprimantes à faible coût. Vous devez éviter cette solution si vous souhaitez essayer Linux, connecter le

modem à un ordinateur Macintosh, ou utiliser un vieux programme de communication basé sur MS-DOS. Si vous ne possédez pas de pilotes nécessaires au fonctionnement combiné du modem et du système d'exploitation, vous ne pourrez pas utiliser le modem logiciel.

Les modems logiciels qui n'ont pas de puce PSD sont encore moins intéressants, car tout repose alors sur le processeur. Bien que les ordinateurs actuels possèdent des processeurs beaucoup plus rapides que ceux requis par la plupart des modems logiciels (Pentium 133 minimum), les performances de votre ordinateur peuvent encore être ralenties si vous effectuez plusieurs tâches tout en téléchargeant ou en naviguant sur le Web.

La plupart des modems fournis à l'achat d'un ordinateur sont des modems logiciels qui utilisent les chipsets LT de Lucent (aujourd'hui LSI), HCF de Conexant (ex-Rockwell), WinModem de US Robotics, Modem Silicon Operation d'Intel (anciennement Ambient), de PCTel et les circuits compatibles HSP d'ESS Technology.

À l'exception des chipsets US Robotics, ces chipsets se retrouvent dans les modems de nombreux fabricants.

Pour obtenir les meilleurs résultats, procédez de la façon suivante :

- Assurez-vous que votre modem utilise une puce DSP. En règle générale, ces modems ne nécessitent pas de processeur en particulier.
- Achetez de préférence un modem construit autour du chipset LT de Lucent/Agere. Non seulement ces modems disposent d'une DSP, mais les fréquentes mises à jour du micrologiciel de Lucent/Agere permettent d'obtenir les meilleurs résultats étant donné la constante évolution des systèmes téléphoniques.
- Utilisez les pilotes du constructeur du modem. Toutefois, les modems logiciels peuvent souvent utiliser les pilotes de n'importe quel constructeur pour le même chipset avec d'excellents résultats, en particulier les modems basés sur les chipsets LT de Lucent/Agere.
- Ne supprimez pas l'ancien pilote du logiciel lorsque vous téléchargez et installez un nouveau modem logiciel. Comme pour les modems équipés de puce UART, le dernier micrologiciel n'est pas toujours le meilleur.
- Observez attentivement quel processeur, quelle quantité de RAM et quel système d'exploitation sont requis pour le modem.

De nombreux fabricants vendent à la fois des modems traditionnels et des modems sans puce UART. Si votre ordinateur est un ancien système ou que vous souhaitiez utiliser des programmes de communication basés sur MS-DOS ou Linux, choisissez de préférence un modem traditionnel possédant une puce UART, même s'il coûte plus cher.

Rechercher des informations pour les modems sans marque

De nombreux utilisateurs d'ordinateurs d'aujourd'hui n'installent pas leur modem ou les achètent comme une unité distincte. Leurs modems sont fournis avec l'ordinateur avec un manuel très suc-

cinct qui ne mentionne ni l'origine du modem ni les moyens d'obtenir de l'aide. Il peut alors être difficile d'effectuer la mise à jour du micrologiciel V.90, de trouver les pilotes voire même de connaître la position des cavaliers sur ces modems OEM.

Si vous ne savez pas par où commencer, nous vous conseillons de visiter la page intitulée "Who Made My Modem?" (Qui est le constructeur de mon modem ?) sur le site web **www.56K.com** et de consulter les points suivants :

- "Using ATI commands to determine the manufacturer" (Utiliser les commandes ATI pour connaître le constructeur);
- "Lookup by chipset manufacturer" (Recherche par fabricants de chipsets);
- "Help for chipset modems" (Aide sur les chipsets);
- "Using Search engine" (Utiliser un moteur de recherche).

Améliorer les performances d'un modem 56 Kbit/s

Bien que les modems 56 Kbit/s aient représenté une amélioration significative de la vitesse de connexion et des débits par rapport aux précédents modems V.34, ces améliorations sont restées sporadiques pour de nombreux utilisateurs. Selon les recherches de Richard Gamberg, disponibles en ligne sur son site (**www.modemsite.com**), cinq facteurs influencent la capacité à obtenir des connexions fiables à une vitesse située entre 45 Kbit/s et 56 Kbit/s :

- le modem;
- le micrologiciel et le pilote du modem;
- l'état de la ligne téléphonique;
- les modems du fournisseur d'accès Internet;
- le micrologiciel du modem du fournisseur d'accès Internet.

Vous devez vous assurer que votre type de modem 56 Kbit/s répond aux normes prises en charge par votre fournisseur d'accès Internet et que vous utilisez le meilleur micrologiciel et les meilleurs pilotes (qui ne sont pas toujours les plus récents !), comme nous l'avons vu dans la section précédente.

Richard Gamberg conseille également de :

- modifier les fichiers .INF utilisés par Windows 9x pour refléter avec exactitude la vitesse de connexion;
- désactiver les fonctionnalités 56 Kbit/s lorsque vous jouez à un jeu vidéo pour minimiser les temps de latence (lag).

Infos

Cette dernière proposition peut paraître étrange, mais les modems "rapides" sont conçus pour télécharger de grandes quantités de données, tandis que la quantité de données pour les jeux est réduite, si bien que la gestion des données 56 Kbit/s entraîne un temps de latence qui peut rendre lent un modem "rapide".

Le site de Richard Gamberg héberge également un forum consacré aux problèmes de configuration, de fiabilité et de performance des modems.

Modifications des lignes téléphoniques

En plus de la conversion de l'analogique au numérique qui empêche à certaines lignes téléphoniques de gérer correctement les modems 56 Kbit/s, d'autres pratiques des opérateurs téléphoniques peuvent également empêcher les fonctionnalités 56 Kbit/s de fonctionner ou les rendre indisponibles brutalement.

La modernisation de certaines lignes téléphoniques, dans le but d'améliorer les capacités des appels vocaux, peut limiter la vitesse des modems 56 Kbit/s à seulement 28 Kbit/s. Le passage du système de signalisation RBS (*Robbed Bit Signaling*) au système SS7 peut modifier la manière dont sont détectées les données utilisées par le modem. Si vous utilisez un appareil téléphonique permettant d'identifier l'appelant sur la même ligne téléphonique que le modem (même si les deux appareils ne se trouvent pas dans la même pièce), il est possible que votre débit chute ou que vous soyez fréquemment déconnecté. Dans ce cas, débranchez le téléphone et observez si le débit et la fiabilité de vos connexions par modem s'améliorent. Vous pouvez également installer le dernier micrologiciel disponible pour votre modem ou chipset et vérifier auprès de la compagnie de téléphonie si elle peut mettre à jour son micrologiciel pour résoudre le problème.

Partage de la connexion Internet

Que vous disposiez d'un modem analogique 56 Kbit/s ou d'une connexion large bande, une seule connexion ne suffit souvent pas aux besoins privés ou à ceux d'un petit bureau. Vous pouvez partager votre connexion avec d'autres utilisateurs à l'aide de l'une des méthodes suivantes :

- **Solutions de partage reposant sur un ordinateur.** Ces solutions consistent à relier l'ordinateur qui dispose d'un accès à Internet à un réseau, afin de permettre aux autres ordinateurs du réseau de partager la connexion. L'ordinateur qui partage sa connexion fait office de passerelle Internet.
- **Solutions de partage reposant sur un routeur.** Ces solutions consistent à connecter tous les ordinateurs en réseau à l'aide d'un routeur ou d'une passerelle connectés à Internet. La plupart des routeurs sont conçus pour fonctionner avec des périphériques large bande employant une connexion USB ou 10BASE-T, mais certains acceptent les modems analogiques.

Les solutions de partage de connexion Internet basées sur un ordinateur les plus courantes sont :

- ***Microsoft Internet Connection Sharing* (ICS).** Ce produit a été lancé sous Windows 98 Seconde Édition (Win98SE). Il fait également partie de Windows Me/2000/XP et Vista.
- **Les programmes de passerelles ou de serveurs proxy d'éditeurs tiers.** Les plus connus sont Wingate et Winproxy.

ICS et les programmes d'éditeurs tiers fonctionnent également avec les ordinateurs qui ne fonctionnent pas sous Windows, car ils emploient la pile de protocoles TCP/IP pour la mise en réseau.

Les solutions de partage reposant sur un routeur existent en plusieurs versions, à la fois pour les particuliers et pour les petits réseaux professionnels, dans les technologiques suivantes :

- Ethernet par câble ;
- Ethernet sans fil IEEE 802.11b et 802.11g (WiFi) ;
- HomePNA (ligne téléphonique) et HomeRF (sans fil).

Passerelle, serveur proxy ou routeur

Pour l'utilisateur classique, peu importe que l'accès Internet soit partagé par un serveur proxy, une passerelle ou un routeur. Les programmes de passerelle traditionnels, tels que Microsoft ICS, utilisent une méthode d'accès partagé, appelée NAT (*Network Address Translation*, translation d'adresse réseau), qui assure le partage en convertissant des adresses réseau en adresses compatibles Internet lors des requêtes de fichiers et pendant le processus de téléchargement. Ce processus nécessite une petite configuration PC client mais ne permet pas la mise en cache de pages, le filtrage du contenu, les passerelles ou autres services utiles que propose un serveur proxy. Les serveurs proxy sont parfois délicats à configurer, et l'opération doit souvent être effectuée au niveau des applications. Cependant, de nombreux produits proposés actuellement sur le marché, comme WinProxy, combinent la simplicité de configuration d'une passerelle et des fonctionnalités supplémentaires de serveur proxy.

WinProxy (**www.winproxy.com**) et WinGate (**www.wingate.com**) sont deux exemples de programmes très répandus. Nombre de produits de réseau et de modems pour particuliers sont livrés en standard avec des produits de ce type. Par conséquent, si vous recherchez un nouveau modem ou si vous construisez un petit réseau, pensez à demander s'il existe un programme de serveur proxy ou de passerelle pour votre matériel. Si ce n'est pas le cas, vous pouvez télécharger des versions d'essai sur les sites web cités ci-dessus.

Si l'idée de monopoliser un ordinateur pour offrir un accès Internet au réseau ne vous plaît pas, vous pouvez employer un routeur. Les routeurs sont de meilleurs pare-feu (*firewall*) pour tous les ordinateurs du réseau et certains, tels les modèles Linksys, peuvent être configurés pour exiger que les PC reliés au réseau exécutent un pare-feu ou un antivirus donnés pour accéder à Internet. Les routeurs Internet large bande les plus répandus contiennent également un commutateur (*switch*). Vous n'avez donc pas besoin d'une connexion distincte pour votre réseau domestique.

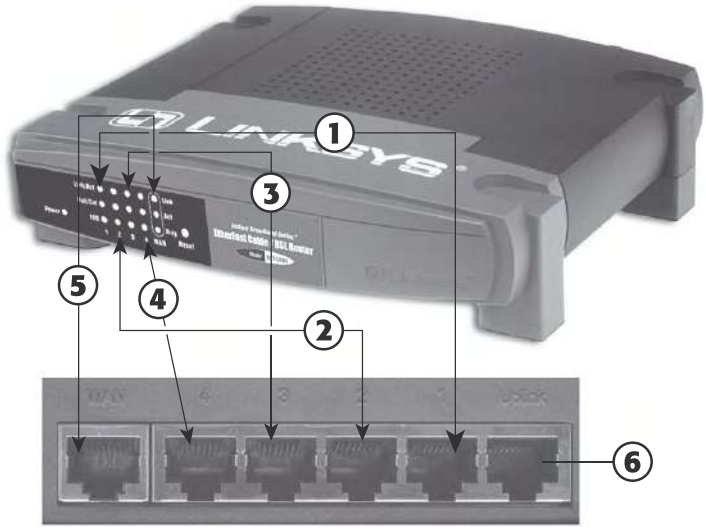
Partager une connexion Internet avec un routeur

À l'instar d'ICS, un routeur possède deux adresses IP : l'une pour le réseau, l'autre pour Internet. La plupart des routeurs sont prévus pour gérer deux périphériques d'accès Internet, tels qu'un modem câble bidirectionnel et un système d'accès large bande sans fil ou une ligne DSL. Ils se connectent généralement à l'ordinateur *via* une carte Ethernet 10BASE-T (voir Figure 15.10).

Quand un routeur est utilisé pour partager une connexion Internet, le port de réseau étendu (WAN) remplace la connexion de carte réseau initialement utilisée pour relier l'ordinateur au modem câble

Figure 15.10

L'avant (haut) et l'arrière (bas) d'un routeur large bande type équipé d'un commutateur à quatre ports, le modèle Linksys EtherFast Cable/DSL Router, BEFSR41.



1. Port LAN 1
2. Port LAN 2
3. Port LAN 3
4. Port LAN 4
5. Port WAN (connexion au câble ou au modem DSL)
6. Port Uplink (connexion à un hub ou à un commutateur pour permettre à d'autres utilisateurs de se connecter à Internet)

ou DSL. Tous les ordinateurs du réseau se connectent aux ports de réseau local (LAN) et peuvent partager des fichiers, des imprimantes et l'accès Internet.

Le routeur peut être configuré pour attribuer des adresses IP dynamiques ou fixes à chaque ordinateur connecté à ses ports de réseau local. Il peut aussi être configuré pour employer la même adresse MAC (qui est une adresse unique affectée à chaque équipement de réseau) que celle qui a été attribuée à la première carte réseau connectée au modem câble ou DSL. Ainsi, le fournisseur d'accès ne peut pas savoir que la connexion est partagée. Le port de réseau étendu (WAN) du routeur peut être configuré pour obtenir une adresse IP du modem câble ou DSL, ou pour employer une adresse fixe suivant la configuration requise par le fournisseur d'accès.

Dès lors que le routeur fonctionne et qu'il est relié correctement au modem câble ou DSL, les ordinateurs qui y sont connectés peuvent accéder à Internet par l'intermédiaire d'un client de courrier électronique ou d'un navigateur web.

La Figure 15.11 montre un réseau Ethernet 10/100 domestique type construit autour d'un routeur à commutateur configuré pour partager un modem câble.

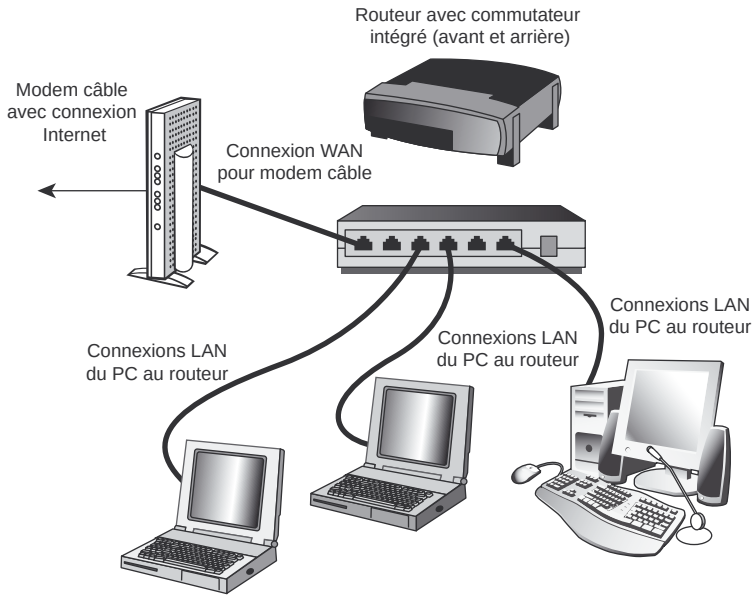


Figure 15.11
Si vous employez un routeur pour partager un modem câble ou DSL, une seule carte réseau est nécessaire sur chaque ordinateur. Ce routeur incorpore un commutateur permettant de connecter jusqu'à quatre ordinateurs au modem câble.

Si vous employez une solution de réseau sans fil, connectez le point d'accès sans fil ou la passerelle du réseau au modem câble ou au périphérique d'accès Internet large bande (certains systèmes fonctionnent aussi avec les modems large bande). Le point d'accès sans fil ou la passerelle transféreront ensuite les données entre les ordinateurs ainsi qu'entre le réseau et Internet.

Résolution des problèmes liés à Internet

Cette section traite des ennuis matériels qui peuvent provoquer des problèmes de connexion à Internet. Les problèmes logiciels proviennent souvent d'une configuration incorrecte du protocole TCP/IP requis par les connexions Internet.

Diagnostic des problèmes rencontrés avec une connexion Internet partagée

Bien que chaque produit de partage d'Internet génère des problèmes de configuration différents, les astuces suivantes vous donneront des idées directrices pour résoudre les problèmes que vous pourriez rencontrer.

Vérification de la configuration de l'hôte

Si l'hôte n'est pas correctement configuré, il ne peut pas partager sa connexion avec des clients. Vérifiez les liaisons TCP/IP et celles des autres protocoles utilisés pour créer la connexion partagée. Si vous utilisez l'ICS, de Microsoft, et deux cartes Ethernet, vous pouvez voir les entrées de chaque carte Ethernet et d'ICS dans la configuration réseau de l'ordinateur hôte.

Vérification de la configuration du client

Vérifiez les paramètres TCP/IP, DHCP et ceux des autres protocoles vers l'hôte. Si vous configurez l'ICS d'une passerelle Windows 98 SE/Me/2000/XP comme s'il s'agissait d'un serveur proxy, cela ne fonctionnera pas. La commande `ping` peut servir à vérifier la connexion Internet. Ouvrez une invite de commande Windows et tapez une commande `ping` vers un site web (sous la forme **www.selectsystems.com**, par exemple). Si la connexion Internet fonctionne, vous devez voir l'adresse IP du site web spécifié et la durée des boucles de quatre signaux envoyés vers le site web. Si vous n'obtenez pas de réponse ou que vous receviez un message d'erreur, votre configuration TCP/IP est incorrecte.

Infos

La commande `ping` peut également servir à lancer des attaques par déni de service contre des sites web. Par conséquent, certains sites ne répondent pas à cette commande. Servez-vous d'un système qui fonctionne correctement, afin de localiser un site web qui réponde à la commande `ping`, et utilisez-le pour dépanner la connexion, comme décrit précédemment.

Vérifiez que la connexion de l'hôte fonctionne correctement et qu'elle est active avant de la partager. Consultez la documentation du programme de partage pour savoir comment les invités doivent accéder au modem de l'hôte pour entamer une connexion.

Perte de vitesse avec plusieurs utilisateurs

Il est normal que la vitesse d'une connexion Internet diminue si plusieurs utilisateurs s'en servent. Si cette perte de vitesse vous inquiète, consultez le fournisseur du logiciel de partage pour connaître les astuces à appliquer au niveau du registre ou les autres options permettant d'améliorer les performances.

Diagnostics des problèmes de connexion à l'aide des témoins lumineux

La majorité des périphériques large bande externes, comme les modems câble et les modems DSL, sont équipés de témoins lumineux. Ces derniers indiquent que l'unité reçoit des signaux en provenance de l'ordinateur, envoie des données au réseau ou reçoit des données du réseau, et également si elle "voit" le réseau, même si aucune donnée ne circule.

Sur de nombreuses unités, ces témoins lumineux servent également à signaler les problèmes. Si un témoin est habituellement vert, par exemple, un témoin rouge peut indiquer une panne. D'autres témoins clignotent lors de l'envoi et de la réception des données. Sur les modems câble ou les routeurs large bande sans fil, recherchez le témoin fixe. S'il clignote, l'unité essaie de s'accrocher à un signal provenant du réseau câblé ou du transmetteur.

Apprenez à reconnaître les témoins lumineux de votre périphérique large bande pour pouvoir diagnostiquer les problèmes. Le manuel de l'utilisateur ou le site web du fournisseur peuvent vous procurer des informations de dépannage.

Problèmes d'appel du modem analogique

1. Tout d'abord, vérifiez les prises, en particulier celle de la ligne téléphonique sur le modem. Utilisez la prise spéciale pour brancher le modem à la ligne téléphonique. Normalement, vous branchez votre prise modem à la prise de téléphone, qui est déjà installée au mur – s'il est prévu que vous vous serviez de la même ligne pour le téléphone et pour le modem.
2. Si les câbles ont été bien branchés, vérifiez qu'ils sont en bon état. S'ils sont endommagés, changez-les.
3. Si le modem est externe, vérifiez que la prise RS-232 du modem va bien du modem au port série de votre ordinateur et qu'elle est bien enfichée. Au moyen des indicateurs lumineux situés à l'avant du modem, assurez-vous que le modem est allumé et qu'il répond aux commandes d'appel.
4. Si le modem est équipé d'une PC Card (PCMCIA), vérifiez que celle-ci est bien enfichée dans le connecteur PCMCIA/PC. Sous Windows 9x et suivants, vous devez voir une icône PCMCIA/PC dans la barre d'outils. Double-cliquez sur cette icône pour afficher la liste des cartes actuellement connectées. Si votre modem est correctement branché, il doit apparaître. Sinon, enlevez-le et réinsérez-le dans le connecteur de la carte PCMCIA/PC et vérifiez que l'ordinateur la détecte.

Connecter une carte modem PC au moyen d'une clé matérielle

La plupart des cartes modems PC n'utilisent pas le câble standard RJ-11 parce qu'elles sont trop minces. À la place, elles emploient une connexion appelée clé matérielle qui, connectée à un câble, relie la carte PC au téléphone. Si le câble est endommagé, votre modem ne fonctionne pas. Achetez donc au revendeur de votre modem un câble de rechange. Si le câble est trop court pour atteindre la prise dans votre chambre d'hôtel, achetez un coupleur et connectez un câble standard RJ-11 à la clé matérielle au moyen du coupleur. Les clés matérielles sont également employées avec la plupart des cartes réseau PC pour les mêmes raisons. Le connecteur de câble à paire torsadée RJ-45 est trop large pour être branché sur la majorité des cartes PC.

5. Assurez-vous que votre modem a été bien configuré par votre système d'exploitation. Sous Windows 9x et supérieurs, ouvrez le Panneau de configuration, double-cliquez sur l'icône Options de modems et téléphonie pour tester la configuration de votre modem. Sélectionnez votre modem et cliquez sur l'onglet Diagnostics situé sous Propriétés du modem, puis activez le bouton Informations complémentaires ou Recherche de modem. Cette commande envoie des signaux de test à votre modem. Un modem correctement installé répond en fournissant des informations sur le port et sur lui-même.
6. Si vous obtenez un message d'erreur concernant le port, votre modem n'est pas connecté correctement. Le port est peut-être déjà utilisé, ou bien il y a un conflit d'adresse IRQ ou de port d'entrées/sorties avec une autre carte de votre ordinateur. Si un modem est installé, chaque port COM en service doit afficher l'adresse du port d'entrées/sorties, l'IRQ et le type de puce UART

quand vous lancez le diagnostic. Sur un modem récent, la puce UART doit être de type 16550 ou plus.

Infos

Vous pouvez aussi tester la réponse de votre modem en lançant le programme HyperTerminal, comme proposé plus haut pour les commandes de modem. Si le modem ne répond pas, la connexion du PC au modem est défaillante.

L'ordinateur se bloque après que le modem interne, l'adaptateur terminal ou la carte réseau ont été installés ou utilisés

Les conflits d'IRQ sont la cause principale des blocages qui surviennent après l'installation d'une carte réseau. Les modems analogiques internes qui utilisent les connecteurs ISA provoquent généralement des problèmes de partage d'IRQ, en particulier lorsqu'une souris est utilisée sur un port série. Les cartes modems PC et les modems PCI peuvent exploiter la même IRQ sans problème, tandis que les souris USB utilisent la même IRQ que le port USB lui-même. Pour en savoir plus sur le partage des IRQ entre bus ISA et port série, reportez-vous à la section Technical Reference sur le CD-ROM qui accompagne cet ouvrage.

L'ordinateur ne peut détecter le modem externe

1. Vérifiez que le modem a été connecté à l'ordinateur avec le bon type de câble.

   Pour les modems externes qui utilisent un port série RS-232, vous aurez besoin d'un câble de modem de type RS-232 séparé, qui possède un connecteur neuf broches à une extrémité (pour le branchement à l'ordinateur) et un connecteur 25 broches à l'autre (pour connecter le modem). Certains modems externes disposent d'un câble modem intégré. Étant donné que le standard RS-232, très flexible, est susceptible de présenter un certain nombre de brochages, vérifiez que le câble a été monté selon le tableau suivant :

PC (port COM 9 broches – mâle)	Signal	Modem (port 25 broches – femelle)
3	Données transmises	2
2	Données reçues	3
7	Demande d'émission	4
8	Prêt à émettre	5
6	Ensemble de données prêt	6
5	Signal de masse	7
1	Onde porteuse	8
4	Terminal de données prêt	20
9	Indicateur d'appel	22

Si vous achetez un câble pour modem RS-232 tout monté dans un magasin, vous êtes sûr qu'il fonctionnera avec votre PC et votre modem. Mais vous pouvez très bien vous référer au tableau précédent pour monter votre câble ou pour tester un câble trouvé dans votre stock de pièces détachées.

2. Vérifiez que le port série (COM) ou le port USB auquel le modem est raccordé fonctionne correctement.

   Le test de diagnostic de Windows évoqué plus haut peut être utile pour tester le port série, mais il existe aussi d'autres programmes, tels que ChechItn AMIDIAG de Touchstone Software. Ces programmes évaluent les ports série à l'aide d'un test en boucle. Lorsque le test s'exécute, le port est utilisé pour envoyer des données sur le bouchon de test, qui les renvoie sur les broches de réception du port, de façon que le port émette et reçoive simultanément. Le bouchon de test n'est rien de plus qu'un câble incurvé en U. Ces programmes fonctionnent mieux avec des commandes MS-DOS.

   Les bouchons de test sont parfois vendus avec les programmes de diagnostic tiers. Leur forme peut varier selon le constructeur.

   Pour vérifier que le port USB fonctionne, consultez le gestionnaire de périphériques de Windows. Un port USB qui fonctionne est listé sous Concentrateur USB racine et un port PCI sous USB Universal Host Controller dans la catégorie Contrôleur de bus USB. Les concentrateurs USB externes sont listés dans la même catégorie. Si cette catégorie n'est pas listée alors que les ports sont physiquement présents sur l'ordinateur, vérifiez que vous utilisez bien Windows 98 ou une version plus récente et que les ports USB sont bien activés dans le BIOS système.

3. Vérifiez le câble d'alimentation et l'interrupteur.

Utilisation du son du modem pour diagnostiquer le problème

Si vous écoutez votre modem au moment de la connexion, vous avez peut-être remarqué que les différents types de modems produisent un son de connexion distinctif et que les différentes vitesses de connexion émettent également des sons distinctifs.

Les différents types de modems 56 Kbit/s produisent des tonalités et des bourdonnements qui se modifient à mesure qu'ils négocient les vitesses avec le modem du fournisseur d'accès. Apprenez à distinguer le son émis par votre modem lorsqu'il crée une connexion 56 Kbit/s ou une connexion V.34 pour déterminer quand vous pouvez raccrocher et essayer de vous connecter avec une vitesse plus rapide.

Vous trouverez un assortiment d'échantillons de sons des différents modems, que vous pouvez écouter *via* RealAudio, sur le site **www.modemsite.com/56k/trouble.asp** (cliquez sur le lien Handshakes).

Comparez ces échantillons de sons avec ceux de votre modem. Réglez correctement le volume de votre modem pour l'entendre pendant l'appel.

16 L'alimentation et le boîtier

Au sommaire de ce chapitre

- Importance de l'alimentation
- Rôle et fonctionnement de l'alimentation
- Facteurs d'encombrement de l'alimentation
- Connecteurs d'interrupteurs
- Connecteurs d'alimentation de carte mère
- Connecteurs d'alimentation supplémentaires
- Caractéristiques de l'alimentation
- Calcul de la puissance consommée
- Mode veille ou arrêt de l'ordinateur ?
- Gestion d'énergie
- Dépannage d'une alimentation
- Réparation d'une alimentation
- Remplacement d'une alimentation
- Systèmes de protection de l'alimentation
- Batteries RTC/NVRAM (mémoire CMOS)

Importance de l'alimentation

L'alimentation est non seulement l'un des composants les plus importants d'un ordinateur mais aussi un des aspects les plus négligés. Vous entendrez parler pendant des heures de la vitesse du processeur, de la quantité de mémoire vive, de la capacité des disques durs, des performances de la carte graphique, de la taille du moniteur, etc., mais rarement de l'alimentation. Si un fabricant essaie de monter un PC pour le plus bas prix possible, sur quel élément va-t-il rogner le plus ? L'alimentation. Pour la plupart des gens, l'alimentation, c'est une boîte en métal, à l'intérieur du PC, à laquelle ils ne prêtent strictement aucune attention. Et s'il y a quelques rares personnes qui s'y intéressent, c'est pour se poser des questions sur la quantité de watts consommée (même s'il n'y a aucun moyen pratique de la vérifier), sans essayer de savoir si l'alimentation est stable, pourvue d'un courant continu, et pas d'un signal entaché de parasites, de pointes, de baisses et hausses de tension.

L'alimentation fait partie des composants les plus importants, car c'est elle qui fournit aux différents éléments de la machine l'électricité dont ils ont besoin pour fonctionner. De l'avis de la plupart des

techniciens en informatique, c'est également l'un des composants les plus sujets aux pannes. C'est d'ailleurs généralement le composant le plus souvent remplacé sur un PC. Une alimentation défectueuse peut endommager les autres composants de l'ordinateur en leur délivrant une tension incorrecte ou instable. Elle joue donc un rôle crucial dans la bonne marche et la fiabilité d'un ordinateur, c'est pourquoi il est important de savoir comment elle fonctionne, de connaître ses limites et les problèmes qu'elle peut poser, et d'être en mesure d'y remédier.

Ce chapitre traite de l'alimentation en détail. Il ne sera pas centré uniquement sur les fonctions électriques, mais s'intéressera aussi aux facteurs d'encombrement mécaniques qui sous-tendent l'alimentation des PC d'hier et d'aujourd'hui. Comme les formes physiques (les facteurs d'encombrement) de l'alimentation sont liées au boîtier, nous parlerons aussi des types de châssis ou de boîtiers.

Rôle et fonctionnement de l'alimentation

La norme d'alimentation ATX utilisée dans les PC a évolué, et de nouveaux connecteurs ont fait leur apparition sur les nouveaux blocs d'alimentation ainsi que sur les cartes mères et cartes graphiques. Il existe des adaptateurs capables de rendre compatibles entre eux les différents types de connecteurs, mais ils ne sont pas nécessaires car les anciens et nouveaux types de connecteurs sont souvent conçus pour être compatibles. Toutefois, les personnes qui assemblent un ordinateur, remplacent certains des composants ou procèdent à une réparation ont tout intérêt à connaître ces nouveaux connecteurs afin de savoir comment éviter d'acheter des adaptateurs si cela est inutile. Ce chapitre examine l'évolution des connecteurs d'alimentation ATX et étudie les nouveaux connecteurs conçus pour les systèmes les plus récents.

La fonction première de l'alimentation est de convertir le courant électrique disponible à la sortie d'une prise murale en courant compatible avec le circuit électrique de l'ordinateur. L'alimentation d'un ordinateur de bureau classique est conçue pour convertir le courant alternatif (CA) du secteur, d'une tension de 220 V, d'une fréquence de 50 Hz, en un courant utilisable par l'ordinateur : du courant continu (CC) de +3,3 V, +5 V et +12 V.

Techniquement, le boîtier d'alimentation qui équipe un ordinateur est une unité d'*alimentation stabilisée à commutation par conversion directe à demi-pont* :

- "Stabilisée" signifie que l'alimentation délivre toujours la même tension de sortie aux composants internes à l'ordinateur, quelle que soit la tension alternative d'entrée et quelle que soit la puissance (mesurée en watts) de l'alimentation.
- "Conversion directe à demi-pont" fait référence au système de commutation de l'alimentation et à son dispositif de régulation électrique. Ce type d'alimentation est parfois appelé "alimentation à commutation". Comparé à d'autres, il constitue une source de courant électrique performante et il génère un minimum de chaleur. Il présente également l'avantage de prendre peu de place et d'être peu onéreux.

Courant continu positif

Les composants électroniques et les circuits qui utilisent la technologie numérique (cartes mères, cartes d'extension et cartes logiques de disques durs) usent généralement d'une tension de +3,3 ou +5 V. Les moteurs (de disque dur, de lecteur de disquettes et de ventilateur) utilisent celle de +12 V. Le Tableau 16.1 liste ces périphériques et leur consommation.

Tableau 16.1 : Consommation des périphériques

Tension	Périphériques
+3,3 V	Chipsets, DIMM, cartes PCI/AGP/PCIe, puces diverses
+5,5 V	Lecteur de disque logique, moteurs de faible puissance, SIMM, cartes PCI/AGP, régulateurs de tension, puces diverses
+12 V	Moteurs, régulateurs de tension (sortie haute), cartes AGP/PCIe

Rails de tension

Chacune des tensions générées par l'alimentation est normalement livrée à la carte mère sur plusieurs fils connectés au même circuit source (appelé un rail) à l'intérieur de l'alimentation. On utilise plusieurs fils car, si le courant était transféré sur un seul fil, ce fil et ses prises ainsi que les connecteurs et les circuits des cartes devraient être beaucoup plus larges et épais pour pouvoir gérer la charge. Il est donc moins coûteux et plus efficace de répartir la charge entre plusieurs fils plus petits et plus minces.

Vous pouvez considérer chaque rail comme un circuit d'alimentation distinct, une sorte d'alimentation dans l'alimentation. Normalement, chaque rail est conçu pour gérer un certain maximum d'ampères. Comme les nouveaux régulateurs de tension du processeur et des cartes graphiques haut de gamme peuvent nécessiter une tension de 12 V supérieure à celle que produisent les rails de tension, certaines alimentations utilisent plusieurs rails de +12 V. Cela signifie pour l'essentiel qu'ils disposent en interne de deux circuits de 12 V, certains fils connectés au premier circuit et d'autres au second. Malheureusement, cela peut conduire à des problèmes de puissance, surtout si vous ne parvenez pas à équilibrer les charges sur les deux rails afin de ne pas dépasser la capacité de charge sur l'un ou sur l'autre. En d'autres termes, un seul rail de 12 V fournissant 40 A est de loin préférable à deux rails de 12 V fournissant 20 A chacun. Avec un seul rail de tension, il n'est en effet pas nécessaire de savoir quels connecteurs dérivent la puissance de quel rail et d'essayer ensuite de ne pas surcharger l'un ou l'autre.

Étant donné que les rails de tension +3,3 V, +5 V et +12 V sont techniquement indépendants à l'intérieur du bloc d'alimentation, de nombreux modèles moins coûteux partagent en fait certains circuits, ce qui les rend moins indépendants qu'ils ne devraient l'être. Cela provoque des problèmes de régulation de la tension, lorsqu'une charge importante sur un rail provoque une chute de tension sur les autres. La consommation d'énergie de certains composants, comme les processeurs et les

cartes graphiques, peut varier grandement selon leur activité. Lors du passage du Bureau de Windows à un jeu en 3D, le processeur et la carte graphique peuvent solliciter deux fois plus le rail +12 V, ce qui, sur certaines alimentations d'entrée de gamme, peut entraîner une chute de tension supérieure à 5 %, et donc provoquer une panne du système. Les alimentations mieux conçues disposent de rails de tension vraiment indépendants qui offrent une régulation de 1 % à 3 %.

Régulateurs de tension

Pour que l'ordinateur fonctionne correctement, l'alimentation doit délivrer un courant continu stable. Les périphériques et composants qui utilisent d'autres tensions doivent être alimentés par des régulateurs de tension qui convertissent la tension fournie par l'alimentation en tensions plus faibles pour les différents composants. Par exemple, les barrettes de mémoire DDR DIMM (*Dual Inline Memory Module*, module de mémoire à 168 broches) et RIMM (*Rambus Inline Memory Module*, module de mémoire à 184 broches) emploient une tension de 2,5 V, les barrettes de mémoire DIMM DDR2 et DDR3 une tension de 1,8 V et 1,5 V, les cartes AGP 4× et 8× une tension de 1,5 V et les cartes PCI-Express une tension de 0,8 V. Toutes ces tensions sont assurées par des régulateurs embarqués très simples. Les processeurs peuvent nécessiter diverses tensions (descendant jusqu'à 1,3 V, voire moins), qui sont délivrées par un module régulateur de tension complexe qui peut être incorporé à la carte mère ou enfiché dans celle-ci. Les cartes mères modernes présentent souvent un minimum de trois circuits de régulation de tension.

Infos

Quand Intel s'est mis à fabriquer des processeurs nécessitant une tension de +3,3 V, il n'existait pas encore d'alimentation capable de délivrer une telle tension. En conséquence, les fabricants de cartes mères ont commencé à ajouter des régulateurs de tension à leurs produits pour convertir les tensions de +5 V en +3,3 V. Lorsque d'autres circuits commencèrent également à utiliser cette tension de 3,3 V, Intel créa la spécification d'alimentation ATX, qui fournit une tension de 3,3 V à la carte mère. Mais cela n'élimina pas pour autant les régulateurs de tension, car des processeurs, des barrettes de mémoire et d'autres composants utilisant des tensions inférieures à 3,3 V apparurent à la même époque. Les fabricants de cartes mères ont inclus des circuits régulateurs adaptables appelés modules régulateurs de tension (VRM, *Voltage Regulator Modules*) pour répondre aux exigences des différents processeurs. D'autres régulateurs sont également employés pour alimenter les composants de la carte mère qui ne fonctionnent ni en +3,3 V, ni en +5 V, ni en +12 V.

✔ Voir la section "Tensions de fonctionnement des processeurs", p. 76.

Courant continu négatif

Si vous examinez la fiche technique de l'alimentation d'un PC, vous pourrez constater qu'elle délivre non seulement des tensions de +3,3, +5 et +12 V, mais également une tension de –12 V voire de –5 V. Bien que l'alimentation délivre des tensions de –5 et –12 V à la carte mère par l'intermédiaire de ses connecteurs, celle-ci n'utilise elle-même que les tensions +3,3 V, +5 V et +12 V. Au cas où la tension de –5 V soit disponible, elle est simplement routée vers le bus ISA sur la broche B5 si bien que les cartes ISA peuvent l'utiliser, même si très rares sont les cartes à le faire. Par contre, les circuits de séparation des données analogiques des anciens contrôleurs de disquette utilisaient effectivement une tension de –5 V.

La carte mère n'utilise pas non plus l'alimentation –12 V. Cette dernière est employée par certaines cartes de ports série ou de circuits LAN.

Les tensions positives semblant alimenter presque tout l'ordinateur (circuits logiques et moteurs), à quoi les deux autres peuvent-elles bien servir ? En fait, la tension de –5 V a été supprimée des spécifications depuis la norme ATIX 12V 1.3. Pendant de nombreuses années, seules les exigences de rétrocompatibilité du bus ISA justifiaient sa présence dans la majorité des alimentations. Comme les PC modernes n'utilisent plus de connecteurs ISA, le signal –5 V était condamné à disparaître. Cependant, si vous installez une alimentation sur un ordinateur qui utilise une carte mère ancienne comprenant des connecteurs ISA, cette alimentation doit pouvoir fournir une tension de –5 V.

Infos

La charge induite par un port série sur la tension de –12 V est extrêmement faible. À titre d'exemple, l'adaptateur Ethernet 10/100 de la carte mère Intel B815EEAL n'utilise qu'une intensité de 10 mA de –12 V (0,01 ampère chaque).

La tension de +/–12 V servait à alimenter les circuits des anciens ports série, mais les plus récents utilisent les tensions +3,3 V ou 5 V.

La tension de +12 V sert principalement à faire fonctionner les moteurs des disques durs et les régulateurs de tension des processeurs sur certaines cartes récentes. En règle générale, les alimentations des ordinateurs fournissent de nombreux signaux +12 V, en particulier lorsque l'ordinateur qui contient un grand nombre de baies de lecteurs, ce qui est le cas des tours, par exemple. Ce courant sert également à alimenter tous les ventilateurs de refroidissement, qui doivent bien entendu fonctionner en permanence. Un seul de ces ventilateurs peut à lui seul nécessiter une intensité de 100 à 250 mA (0,1 à 0,25 A), bien que les plus récents utilisent 100 mA. Alors que la plupart des ventilateurs utilisent une tension de +12 V, ceux des ordinateurs portables fonctionnent souvent sur +5 V, voire +3,3 V.

Les ordinateurs récents, basés sur les spécifications ATX ou BTX, disposent d'un autre signal spécial. Cette fonctionnalité, appelée PS_ON, sert à allumer ou à éteindre l'alimentation (et donc le système) par voie logicielle. L'importance du signal PS_ON apparaît clairement avec les systèmes d'exploitation qui savent gérer le standard APM (*Advanced Power Management*, gestion d'énergie avancée) ou les spécifications ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*, interface avancée de configuration et de courant électrique). Lorsque l'on arrête un PC depuis le menu Démarrer, Windows éteint automatiquement l'ordinateur après la séquence d'arrêt du système d'exploitation. Les systèmes qui ne sont pas équipés de cette fonctionnalité affichent un message indiquant que l'on peut éteindre l'ordinateur en toute sécurité.

Le signal Power_Good

L'alimentation a non seulement pour rôle de fournir le courant électrique dont l'ordinateur a besoin, mais elle veille également à ce que celui-ci ne démarre pas tant qu'il ne dispose pas d'un courant suffisant pour fonctionner correctement. En d'autres termes, elle empêche l'ordinateur de démarrer ou de fonctionner tant qu'il ne dispose pas des différentes tensions et intensités adéquates.

Chaque alimentation effectue un certain nombre de vérifications et de tests internes avant de permettre à l'ordinateur de démarrer. Si les résultats des tests sont satisfaisants, l'alimentation envoie à la carte mère un signal spécial appelé Power_Good. Si ce signal n'est pas présent en continu, l'ordinateur refuse de fonctionner. Ainsi, lorsque la tension du courant alternatif délivrée par le secteur diminue, l'alimentation ne peut maintenir la tension dans la plage de tolérance, le signal Power_Good disparaît et oblige la machine à se réinitialiser. Le système ne redémarre que si le signal Power_Good est de nouveau envoyé.

Le signal Power_Good (parfois appelé Power_OK ou PWR_OK) est un signal haut (nominal) de +5 V (qui peut en fait varier entre +2,4 et +6 V) fourni à la carte mère lorsque l'alimentation a passé ses tests internes et que les tensions de sortie sont stabilisées. Ces tests et cette stabilisation ont généralement lieu entre 100 et 500 ms (entre 1 et 5/10 de seconde) après que l'ordinateur a été mis sous tension. L'alimentation envoie ce signal à la carte mère, où il est reçu par la puce d'horloge du processeur, qui commande le circuit de réinitialisation du microprocesseur.

En l'absence de signal Power_Good, l'horloge réinitialise le processeur, ce qui empêche le système de fonctionner avec un courant insuffisant ou instable. Lorsque la puce d'horloge détecte le Power_Good, elle cesse la réinitialisation, et le processeur commence à exécuter toutes les lignes de code figurant à l'adresse FFF0h (la mémoire ROM de la carte mère).

Si l'alimentation ne parvient pas à stabiliser correctement les tensions et la puissance de sortie (si une panne de courant survient, par exemple), le signal Power_Good disparaît et le processeur est réinitialisé automatiquement. Lorsque les tensions et la puissance de sortie redeviennent acceptables, le signal Power_Good réapparaît et l'ordinateur se remet à fonctionner (comme s'il venait d'être mis sous tension). Lorsque le signal Power_Good disparaît, l'ordinateur ne s'aperçoit pas que la qualité du courant n'est pas suffisante. Il est en effet arrêté très rapidement (ou réinitialisé) au lieu de fonctionner avec du courant instable ou insuffisant, ce qui pourrait provoquer des erreurs de parité dans la mémoire, ou d'autres problèmes.

Infos

Vous pouvez exploiter la fonctionnalité Power_Good comme méthode de mise en œuvre d'une réinitialisation. La ligne Power_Good est câblée au circuit du générateur de l'horloge, qui contrôle l'horloge et réinitialise le microprocesseur. Lorsque vous mettez la ligne Power_Good à la masse avec un interrupteur, la puce de l'horloge et les circuits relatifs réinitialisent le processeur. Le résultat est une réinitialisation matérielle totale du système.

✔ Voir la section "Parité et ECC (code de correction d'erreurs)", p. 372.

Sur les ordinateurs antérieurs à l'ATX, le signal Power_Good est transmis de l'alimentation à la carte mère par l'intermédiaire du connecteur P8-1 (P8 broche 1). L'ATX, le BTX, et les systèmes plus récents utilisent huit broches du connecteur à 20 ou 24 broches de l'alimentation principale, qui est généralement gris.

Une alimentation bien conçue retarde l'arrivée du signal Power_Good jusqu'à ce que toutes les tensions soient stabilisées une fois que l'ordinateur a été mis sous tension. Les alimentations mal conçues, communes sur les configurations compatibles PC à bon marché, ne le retardent souvent pas suffisamment et laissent le microprocesseur démarrer trop tôt. Le délai de déclenchement du signal

Power_Good est de 0,1 à 0,5 s. Un signal Power_Good mal programmé peut également altérer la mémoire CMOS.

Infos

Si votre ordinateur refuse systématiquement de démarrer correctement quand vous le mettez sous tension, alors qu'il démarre lorsque vous appuyez sur le bouton Reset ou lorsque vous utilisez la combinaison de touches Ctrl+Alt+Suppr, il y a sans doute un problème au niveau du délai du signal Power_Good. Vous devez dans ce cas vous procurer une alimentation de meilleure qualité et voir si cela résout le problème.

Certaines alimentations à bon marché sont dépourvues de véritable circuit de Power_Good et se bornent à relier un fil quelconque de +5 V à ce signal. Certaines cartes mères sont plus sensibles que d'autres aux problèmes de fonctionnement ou aux défauts de paramétrage de l'horloge du signal Power_Good. Les problèmes de démarrage intermittents sont souvent provoqués par un mauvais cadençage du signal Power_Good. Ainsi, si vous changez de carte mère, vous pourrez constater que l'ordinateur ne démarre pas toujours correctement lorsqu'il est mis sous tension. Le problème est particulièrement difficile à localiser, surtout pour les techniciens inexpérimentés, puisqu'il semble être provoqué par la nouvelle carte mère. Alors que cette nouvelle carte mère semble défectueuse, il se trouve souvent que c'est l'alimentation qui est de qualité insuffisante. Elle n'est en effet pas capable de générer un courant électrique suffisamment stable pour faire fonctionner correctement la carte mère ou, plus probablement, le signal Power_Good est mal programmé, ou encore le câblage n'est pas approprié. Aussi devez-vous dans ce cas remplacer l'alimentation par une alimentation de qualité.

Facteurs d'encombrement de l'alimentation

La forme et la configuration physique générale d'un composant informatique sont appelées *facteur d'encombrement*. Les composants caractérisés par un même facteur d'encombrement sont généralement interchangeables, au moins en ce qui concerne leur taille. Au moment de concevoir un ordinateur, le fabricant peut choisir un facteur d'encombrement connu, ou au contraire concevoir son propre facteur d'encombrement. Dans le premier cas, le fabricant et l'utilisateur peuvent trouver sur le marché un large éventail d'alimentations de qualités et de puissances diverses. Dans le second, le fabricant doit prévoir un temps et un investissement supplémentaires pour l'élaboration du nouveau modèle d'alimentation. Pour l'utilisateur, cela signifie en outre que l'alimentation sera spécifique à l'ordinateur. Il ne pourra donc s'en procurer une de rechange qu'auprès du fabricant original. Cela exclut également toute mise à niveau, comme le remplacement de l'alimentation par un modèle plus puissant.

Si vous n'êtes pas encore fixé à ce sujet, sachez que la plupart des techniciens en informatique sont des inconditionnels des facteurs d'encombrement standard. Disposer de standards et les suivre permet de faire évoluer et de réparer les systèmes en remplaçant des composants physiquement (et électriquement) interchangeables. Ainsi, il est également possible de profiter d'un plus large choix de pièces détachées, sans oublier que la concurrence a une bonne influence sur les prix.

Les facteurs d'encombrement standard ont été définis à l'origine par IBM avant d'être copiés par les autres constructeurs. Ce phénomène comprend les alimentations électriques. Jusqu'en 1995, les facteurs d'encombrement des alimentations utilisées dans les PC étaient basés sur les modèles IBM XT, AT et PS/2 Model 30. Le point intéressant est que ces trois alimentations utilisaient les mêmes connecteurs et le même brochage. Ils différaient essentiellement au niveau de leur forme, de la sortie de tension maximale, du nombre de connecteurs de tension périphériques et du montage de l'interrupteur. À partir de 1996, les systèmes exploitant des dérivés de ces trois conceptions étaient très courants, à tel point que le modèle ATX 12V actuel se base sur le facteur d'encombrement physique du modèle PS/2 Model 30, mais avec des connecteurs différents.

En 1995, Intel a donné une nouvelle définition de l'alimentation avec l'introduction du facteur d'encombrement ATX. Il s'est développé en 1996 et a commencé à s'éloigner des standards basés sur IBM. L'ATX et les standards qui ont suivi disposent de connecteurs différents proposant des tensions et des signaux supplémentaires qui permettent aux systèmes de disposer de plus d'énergie et de fonctionnalités qu'il n'était possible de l'envisager avec les alimentations du style AT.

Infos

Bien que deux alimentations puissent se conformer à la même structure de base et au même facteur d'encombrement, elles peuvent différer grandement au niveau de leurs qualités et de leurs performances. Pour plus d'informations sur les critères à prendre en considération pour évaluer les qualités d'une alimentation de PC, reportez-vous à la suite de ce chapitre.

Plus de dix facteurs d'encombrement d'alimentation ont été considérés comme standard. Beaucoup d'entre eux sont ou étaient fondés sur des conceptions établies par IBM dans les années quatre-vingtd, tandis que les autres reposent sur les conceptions définies par Intel depuis les années quatre-vingt-dix. Les facteurs d'encombrement peuvent se diviser en deux grandes catégories : ceux employés sur la plupart des PC actuels et ceux qui sont pratiquement obsolètes.

Notez que même si certains noms des facteurs d'encombrement des alimentations semblent identiques à ceux des cartes mères, le facteur d'encombrement de l'alimentation fait plutôt référence au châssis du système. Cela est dû au fait que tous les facteurs d'encombrement n'exploitent que deux types de connecteurs : AT ou ATX, avec de subtiles variations. Ainsi, même si le facteur d'encombrement d'une alimentation peut généralement être associé au facteur d'encombrement d'une carte mère, de nombreuses autres alimentations pourraient également être utilisées.

Par exemple, tous les facteurs d'encombrement des cartes mères ATX disposant d'un connecteur PCI-Express ont deux connecteurs d'alimentation principale, un connecteur principal de 24 broches ATX et un connecteur de quatre broches +12 V. Tous les facteurs d'encombrement des alimentations modernes, comme ATX12V, SFX12V, EPS12V, TFX12V, CFX12V et LFX12V, intègrent ces mêmes connecteurs et peuvent donc se brancher sur les cartes mères aux mêmes normes. En d'autres termes, quel que soit le facteur d'encombrement de la carte mère (ATX, BTX ou une quelconque variante de l'un ou l'autre), quasiment toutes les alimentations récentes peuvent être connectées.

Le branchement de l'alimentation à la carte mère est une chose, mais pour que l'alimentation fonctionne dans l'ordinateur, elle doit pouvoir s'insérer dans le châssis (et c'est précisément l'intérêt

même des facteurs d'encombrement d'alimentation). Pour finir, sachez qu'il est de votre responsabilité de vérifier non seulement que l'alimentation que vous achetez se branche sur la carte mère, mais également qu'elle est adaptée au châssis que vous voulez utiliser.

Le Tableau 16.2 liste les facteurs d'encombrement des alimentations récentes, leurs types de connexions et les cartes mères associées.

Tableau 16.2 : Les facteurs d'encombrement modernes des alimentations électriques

Facteur d'encombrement de l'alimentation	Année d'apparition	Type de connecteur	Facteurs d'encombrement des cartes mères associées
ATX/ATX12V	1995	Principal de 20 ou 24 broches, 4 broches +12 V	ATX, Micro-ATX, BTX, Micro-BTX
SFX/SFX12V/PS3	1997	Principal de 20 ou 24 broches, 4 broches +12 V	Micro-ATX, Flex ATX, Micro-BTX, Pico-BTX, Mini-ITX, DTX
EPS/EPS12V	1998	Principal de 24 broches, 8 broches +12 V	ATX, ATX étendu
TFX12V	2002	Principal de 20 ou 24 broches, 4 broches +12 V	Micro-ATX, Flex ATX, Micro-BTX, Pico-BTX, Mini-ITX, DTX
CFX12V	2003	Principal de 20 ou 24 broches, 4 broches +12 V	Micro-BTX, Pico-BTX, DTX
LFX12V	2004	Principal de 24 broches, 4 broches +12 V	Pico-BTX, Nano-BTX, DTX

SFX12V intègre également le facteur d'encombrement PS3, qui est une version abrégée de ATX12V.
Les versions 12 V disposent d'un connecteur +12 V de 4 ou 8 broches.

Tableau 16.3 : Les facteurs d'encombrement obsolètes des alimentations électriques

Facteur d'encombrement de l'alimentation	Année d'apparition	Type de connecteur	Facteurs d'encombrement des cartes mères associées
PC/XT	1981	PC/XT	PC/XT, Baby AT
AT Desktop	1984	AT	AT, Baby AT
AT Tower	1984	AT	AT, Baby AT
Baby AT	1984	AT	AT, Baby AT
LPX (PS/2)	1987	AT	Baby AT, Mini-AT, LPX

Les connecteurs PC/XT sont les mêmes que les connecteurs AT, à l'exception d'une broche +5 V (P8 broche 2) non utilisée.
Le LPX est parfois appelé Slimline ou PS/2.

Chacun de ces facteurs d'encombrement d'alimentation est ou a été disponible en différentes configurations et différentes puissances de sortie. Le LPX, dérivé du modèle PS/2 Model 30 d'IBM, est apparu en avril 1987 et a été utilisé en standard sur la plupart des PC jusqu'en 1996, quand l'ATX a

commencé à se répandre et l'a rendu obsolète. Depuis, l'ATX et ses variantes sont devenus les facteurs d'encombrement dominants des alimentations. Il est intéressant de noter que l'héritage d'IBM perdure puisque les standards ATX, PS3 et EPS se fondent tous sur le facteur d'encombrement LPX (PS/2). Une alimentation qui ne se conforme à aucun de ces standards est qualifiée de propriétaire. Les ordinateurs utilisant des conceptions d'alimentation propriétaires sont en général à éviter, car il est difficile d'obtenir des pièces de rechange et d'effectuer des mises à niveau. Et comme l'alimentation est un des composants les plus enclins à connaître une panne, acquérir un ordinateur qui utilise des modèles propriétaires peut être lourd de conséquences.

✔ Voir la section "Facteurs d'encombrement des cartes mères", p. 111.

Facteurs d'encombrement obsolètes

Les sections suivantes expliquent en détail les facteurs d'encombrement et la fonction des variantes d'alimentation qui ne sont plus utilisées aujourd'hui. Bien que la plupart des utilisateurs n'aient guère de chance de rencontrer ces conceptions, vous pouvez les trouver si vous utilisez des ordinateurs anciens.

PC/XT

Les ordinateurs PC et XT d'IBM (utilisés respectivement vers 1981 et 1983) utilisaient le même facteur d'encombrement d'alimentation, mais le XT proposait le double de puissance en sortie. Leur apparence externe et le type de connecteurs utilisés étant identiques, il était simple d'installer une alimentation XT plus puissante pour mettre à niveau un ordinateur IBM PC. De là vient l'idée d'améliorer l'alimentation. L'énorme popularité des ordinateurs PC et XT originaux poussa quelques constructeurs à proposer des ordinateurs qui imitaient leurs formes et leur conception. Il était possible d'échanger presque tous les composants des ordinateurs IBM y compris les alimentations avec les composants de ces clones, qui furent bientôt baptisés compatibles PC. De nombreux constructeurs commencèrent alors à produire des composants qui suivaient les facteurs d'encombrement utilisés dans ces ordinateurs. L'alimentation et les connecteurs PC/XT sont illustrés à la Figure 16.1. Ce facteur d'encombrement, toutefois, est considéré comme obsolète.

AT Desktop (bureau)

L'ordinateur de bureau AT qu'IBM présenta en août 1984 possédait un bloc d'alimentation plus important et un facteur d'encombrement différent du standard PC/XT original. D'autres fabricants imitèrent rapidement ce système, qui devint la base de nombreuses conceptions d'ordinateurs compatibles IBM. L'alimentation électrique utilisée dans ces systèmes fut appelée style d'alimentation AT Desktop (voir Figure 16.2). Des centaines d'entreprises commencèrent à fabriquer des cartes mères, des alimentations, des châssis et d'autres composants physiquement interchangeables avec le système AT original d'IBM. Ce facteur d'encombrement est considéré comme obsolète.

AT Tower (tour)

La configuration AT Tower correspond pour l'essentiel à un ordinateur de style AT Desktop de plus grande taille. L'utilisation d'une tour n'était pas une nouveauté et, en fait, le système AT original disposait d'un logo pivotant lorsqu'il était placé en position verticale plutôt que sous l'écran.

Figure 16.1
Le facteur d'encombrement des alimentations PC/XT.

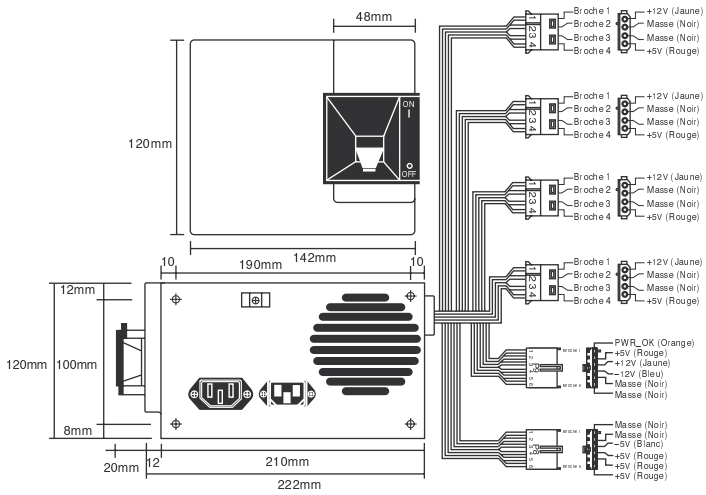
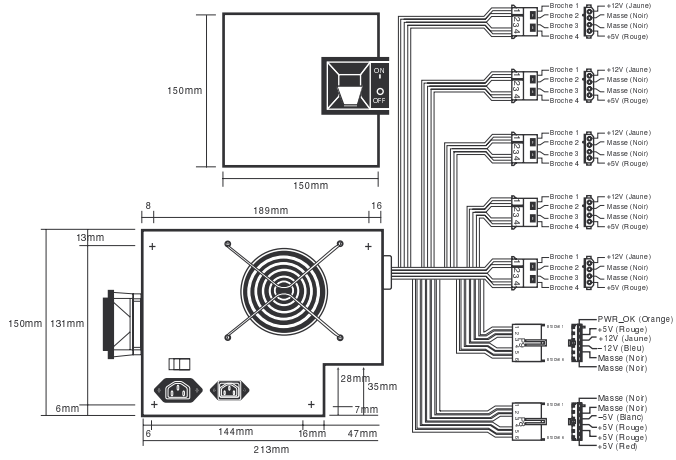


Figure 16.2
Le facteur d'encombrement des alimentations AT Desktop.

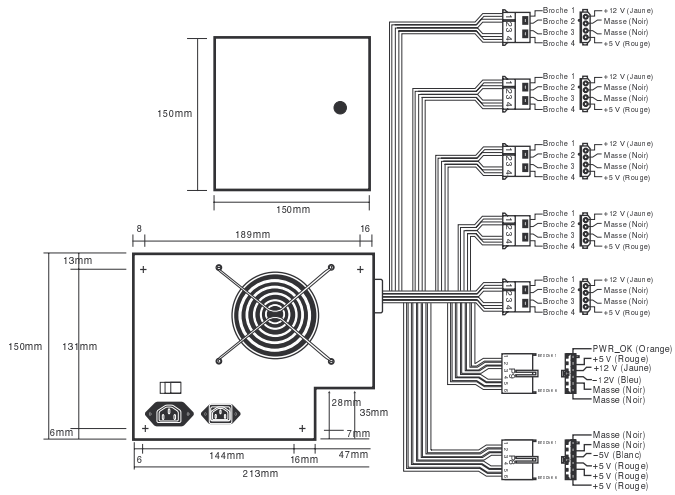


Le type d'alimentation utilisé dans la plupart des systèmes AT Tower était identique à celui utilisé pour les ordinateurs de bureau, à l'exception de l'emplacement de l'interrupteur marche/arrêt. Sur la configuration AT Desktop, celui-ci se trouvait sur le côté de l'alimentation et avait généralement la forme d'un bouton à bascule.

Les ordinateurs AT Tower utilisaient un commutateur externe relié à l'alimentation par le biais d'un câble de quatre fils, mais les dimensions de l'alimentation restaient identiques à celle utilisée par les ordinateurs AT Desktop. La seule différence entre les deux tenait à l'utilisation d'un commutateur externe (voir Figure 16.3). Ce facteur d'encombrement est considéré comme obsolète.

Figure 16.3

Le facteur d'encombrement des alimentations AT Tower.

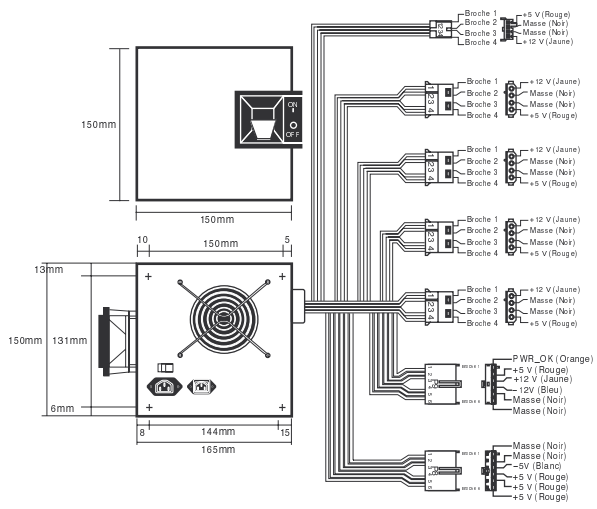


Baby AT

Le Baby AT est un autre type de facteur d'encombrement basé sur la configuration AT, qui est une version aux dimensions réduites du facteur d'encombrement AT Tower. Les dimensions de l'alimentation de l'ordinateur sont réduites, mais correspondent pour le reste à la conception AT, si bien que les alimentations Baby AT pouvaient remplacer les alimentations AT Desktop mais pas l'inverse (voir Figure 16.4). Comme l'alimentation Baby AT réalisait les mêmes fonctions que les alimentations AT classiques, en offrant des dimensions réduites, ce format devint un facteur d'encombrement très courant jusqu'à ce qu'il soit dépassé par d'autres conceptions. Ce facteur d'encombrement est considéré comme obsolète.

Figure 16.4

Le facteur d'encombrement des alimentations Baby AT.

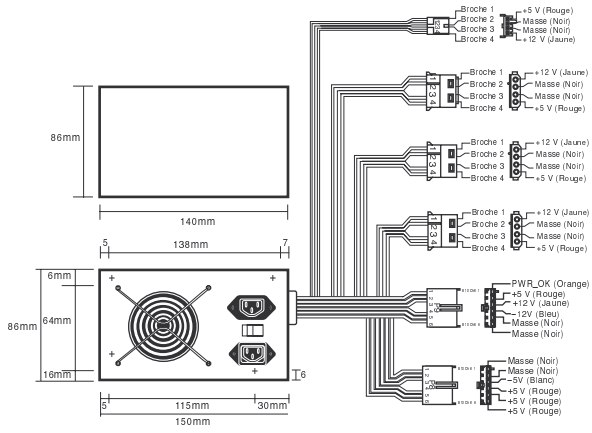


LPX

Le style d'alimentation LPX, appelé également PS/2 ou Slimline, fut le facteur d'encombrement suivant à devenir populaire (voir Figure 16.5). L'appellation PS/2 fait référence aux origines de sa conception, à savoir le modèle PS/2 Model 30 d'IBM présenté en avril 1987. Le style d'alimentation LPX utilisait exactement la même carte mère et les mêmes connecteurs de disque dur que les facteurs d'encombrement PC/XT et AT précédents. Les alimentations LPX ont été utilisées principalement avec les cartes mères LPX, Baby AT, ou Mini-AT.

Figure 16.5

Le facteur d'encombrement des alimentations LPX.



L'alimentation LPX trouva rapidement sa place dans de nombreux ordinateurs et devint bientôt la norme *de facto*, aussi bien sur les ordinateurs d'entrée de gamme utilisant effectivement des cartes mères LPX que sur les ordinateurs de bureau ou les tours de moyenne taille utilisant des cartes mères Baby AT ou Mini-AT, ainsi que les tours de grande taille utilisant des cartes mères Baby AT voire même AT. Bien qu'elle soit aujourd'hui considérée comme obsolète, la conception LPX (PS/2) continue d'être vendue, même si vous ne la trouverez certainement pas dans un PC récent. Le principe de facteur d'encombrement perdure, cependant, puisqu'il constitue la base des conceptions ATX et PS3 utilisées dans les ordinateurs actuels.

Facteurs d'encombrement actuels

Les facteurs d'encombrement des alimentations détaillés dans les sections suivantes correspondent aux normes actuellement utilisées dans les ordinateurs actuels. Bien que le standard ATX soit de loin le plus courant, les autres facteurs d'encombrement présentés ici se retrouvent dans différents types de PC.

ATX/ATX12V

En 1995, Intel réalisa que les alimentations électriques existantes ne permettaient plus de fournir la puissance nécessaire. En effet, les normes d'alors utilisaient deux connecteurs, soit un total de

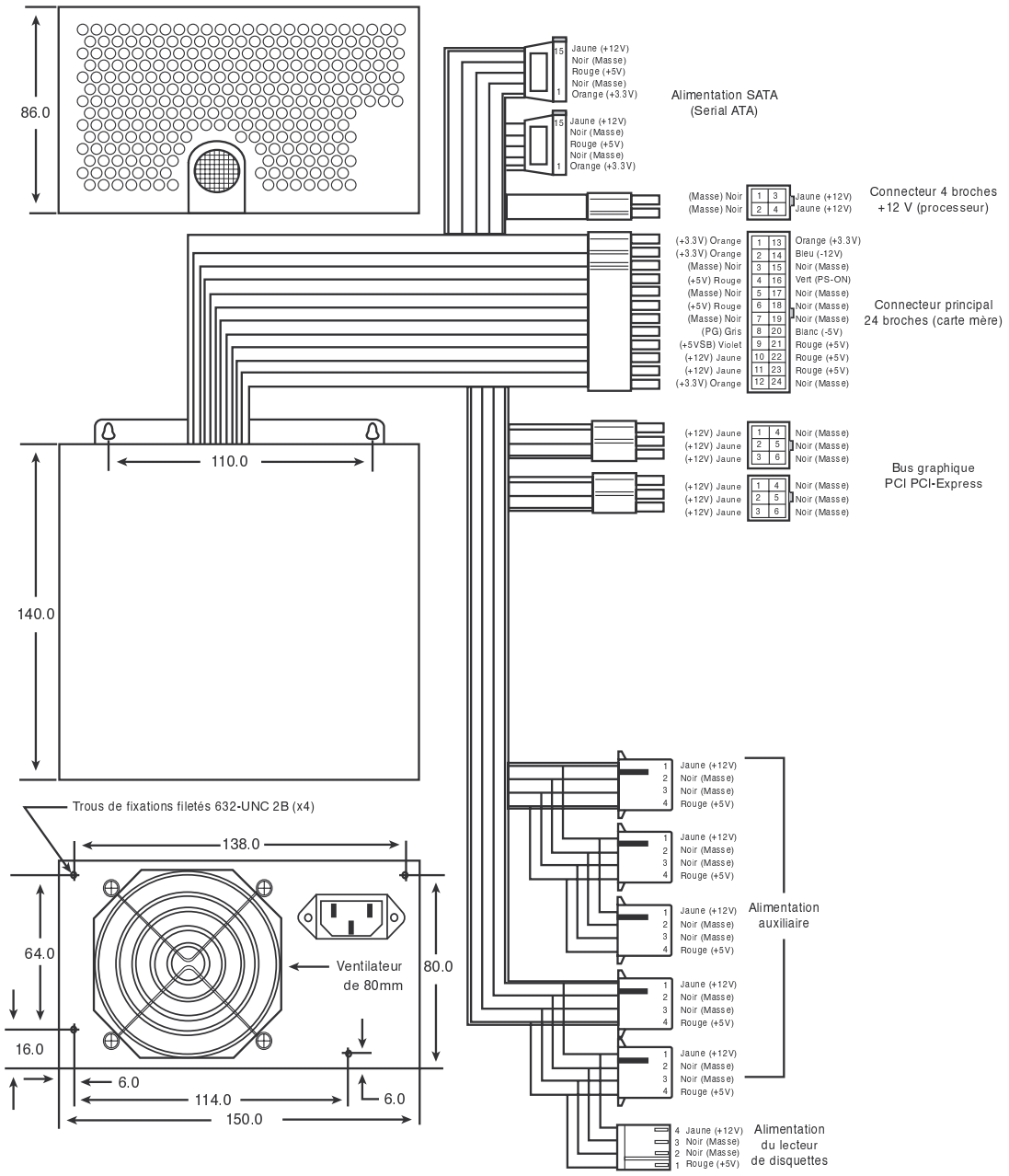


Figure 16.6

Le facteur d'encombrement de l'alimentation d'ATX avec connecteur principal à 24 broches, connecteur auxiliaire 12 V à 4 broches et connecteurs graphiques PCI-Express optionnels

12 broches seulement, pour fournir le courant à la carte mère. En outre, les connecteurs utilisés étaient difficiles à connecter et toute erreur de branchement pouvait provoquer un court-circuit et endommager à la fois la carte mère et l'alimentation. Pour résoudre tous ces problèmes, Intel se fonda sur la conception LPX (PS/2) et modifia simplement les circuits internes et les connecteurs (tout en conservant sa forme mécanique) pour donner naissance au facteur d'encombrement d'alimentation ATX (voir Figure 16.6).

Intel publia la spécification ATX en 1995. Elle commença à se généraliser en 1996 sur les ordinateurs équipés de Pentium et de Pentium Pro pour lesquels elle représentait 18 % du marché des cartes mères dès la première année. Depuis 1996, les différentes versions du standard ATX sont devenues la norme des facteurs d'encombrement pour les cartes mères et l'alimentation et ont détrôné les conceptions Baby AT et LPX. Les alimentations ATX12V sont également utilisées par les nouveaux facteurs d'encombrement des cartes mères comme le standard BTX, ce qui garantit que l'ATX et ses dérivés resteront les facteurs d'encombrement des alimentations les plus couramment utilisés pour de nombreuses années.

La spécification ATX12V spécifie le facteur physique ou mécanique ainsi que les connecteurs électriques pour l'alimentation. De 1995 jusqu'au début de 2000, le facteur d'encombrement du bloc d'alimentation ATX a été défini comme partie intégrante des spécifications ATX de la carte mère. En février 2000, Intel a cependant séparé les spécifications de l'alimentation de la spécification des cartes mères et des châssis de l'époque (ATX 2.03) pour créer la spécification d'alimentation ATX/ATX12V 1.0, en ajoutant un connecteur +12 V à quatre broches optionnel (les alimentations disposant de ce connecteur +12 V ont été baptisées ATX12V). Le connecteur +12 V devint une exigence dans la version 1.3 (avril 2002), si bien que le nom de la spécification devint ATX12V. Dans la spécification ATX12V 2.0 (février 2003), le connecteur auxiliaire à six broches fut abandonné, le connecteur d'alimentation principale défini dorénavant à 24 broches et les connecteurs d'alimentation Serial ATA furent rendus obligatoires. La version actuelle, ATX12V 2.2, a été publiée en mars 2005 et ne contient que des modifications mineures par rapport aux versions précédentes, par exemple l'utilisation de contacts HCS (*High Current System*, haute tension) dans les connecteurs.

Comme le cahier des charges des blocs d'alimentation ATX a évolué, certains changements ont été apportés dans la conception et l'orientation du ventilateur de refroidissement. La spécification ATX originale prévoyait qu'un ventilateur de 80 mm soit monté sur la paroi intérieure de l'alimentation, où il pouvait projeter de l'air sur la carte mère en l'aspirant de l'extérieur du boîtier de l'ordinateur, par l'arrière. Le circuit d'air ainsi généré circule dans le sens inverse de celui de la plupart des autres alimentations. Le plus souvent, en effet, l'air est rejeté par l'arrière de l'alimentation, par un trou contre lequel le ventilateur est plaqué. L'idée était d'inverser le flux pour refroidir plus efficacement le système avec un seul ventilateur, évitant ainsi l'installation d'un dissipateur thermique sur le processeur.

L'autre avantage de ce système de ventilation inversé est que l'ordinateur reste propre, dans la mesure où il n'est pas exposé à la poussière et aux saletés. Le boîtier de l'ordinateur est en quelque

sorte pressurisé, et l'air est chassé en permanence par les ouvertures du boîtier, ce qui est exactement l'inverse de ce qui se passait sur les anciens modèles de boîtiers. C'est pourquoi le système de ventilation inversé est souvent appelé système de ventilation à pression positive. Sur un ordinateur ATX à circuit de ventilation inversé, l'air est projeté à l'écart du lecteur, car la seule prise d'air est le ventilateur de l'alimentation, située à l'arrière. Sur les ordinateurs qui fonctionnent dans un environnement particulièrement exposé, il est possible d'ajouter un filtre sur la prise d'air du ventilateur pour épurer l'air entrant dans l'ordinateur de toute poussière ou saleté.

Bien que ce système soit théoriquement une excellente solution pour ventiler un ordinateur, un dispositif de ventilation à pression positive doit utiliser un ventilateur plus puissant pour extraire l'air nécessaire à une ventilation suffisante à travers le filtre et pour pressuriser le châssis. Par ailleurs, il faut entretenir régulièrement le filtre. La fréquence d'entretien est fonction des conditions dans lesquelles l'ordinateur est utilisé. Dans le pire des cas, il peut falloir changer ou nettoyer le filtre chaque semaine. En outre, la chaleur générée par l'alimentation d'un ordinateur en pleine charge fait augmenter la température de l'air qui entoure le processeur, réduisant la capacité de refroidissement globale.

Étant donné que les nouveaux processeurs génèrent de plus en plus de chaleur, la capacité de refroidissement du circuit de ventilation est absolument primordiale, et le refroidissement à pression positive a rapidement montré ses limites. Par conséquent, les versions suivantes de la spécification ATX ont été réécrites pour accepter à la fois les pressions positive et négative. Cependant elles indiquent que la meilleure solution consiste à employer un système de ventilation à pression négative avec un ventilateur à extraction d'air sur l'alimentation, ainsi qu'un autre ventilateur de refroidissement de grande qualité refroidissant directement le processeur.

Dans la mesure où le système à pression négative offre de meilleurs résultats en termes de capacité de refroidissement pour un modèle et une vitesse de ventilateur donnés, la quasi-totalité des alimentations ATX modernes l'emploient. Ces alimentations font donc sortir l'air par l'arrière à l'aide d'un ventilateur de 80 mm monté à l'arrière de l'unité, bien que certaines alimentations utilisent un ventilateur de 92, voire de 120 mm, installé sur la partie supérieure ou inférieure de la paroi intérieure tandis que des ouvertures sont pratiquées sur les côtés de l'alimentation. Dans les deux cas, le flux d'air est toujours expulsé en dehors de l'ordinateur par l'arrière de l'alimentation.

En termes d'alimentation, le facteur d'encombrement ATX résout un certain nombre de problèmes posés par les facteurs d'encombrement précédents. Le premier est que les alimentations des facteurs d'encombrement PC/XT, AT et LPX ne disposent que de deux connecteurs qui se branchent sur la carte mère. Si l'on insère ces connecteurs à l'envers ou si on les inverse, on grille généralement à la fois la carte mère et l'alimentation ! La plupart des fabricants dignes de ce nom munissaient les connecteurs de la carte mère et de l'alimentation d'un détrompeur qui empêchait de les inverser. Toutefois, certains fabricants de composants informatiques bon marché ne plaçaient pas de détrompeur sur leurs cartes mères ou leurs alimentations. Les connecteurs du facteur sont tous pourvus d'un détrompeur et sont conçus de telle façon qu'il est impossible à l'utilisateur de mal brancher l'alimentation. Les connecteurs ATX fournissent également une tension de +3,3 V, ce qui élimine la

nécessité d'installer un régulateur de tension sur la carte mère pour alimenter les circuits fonctionnant à cette tension.

Outre ce nouveau signal de +3,3 V, l'alimentation ATX fournit une série de signaux généralement inexistants sur les alimentations standard : le signal Power_On (PS_ON) et le signal +5V_Standby (5 VSB), appelés collectivement "signaux d'alimentation de niveau logiciel" (Soft Power). Cette possibilité permet la prise en charge de fonctionnalités, comme le réveil par modem (*Wake on Ring*) ou le réveil par réseau (*Wake on LAN*), qui consistent en un signal, provenant d'un modem ou d'une carte réseau, qui peut réellement "réveiller" le PC et l'allumer. Ces PC disposent, la plupart du temps, d'une option pour entrer une heure de réveil, qui leur indique quand ils doivent se rallumer et effectuer certaines tâches. Ces signaux permettent aussi, facultativement, d'utiliser le clavier pour rallumer l'ordinateur, une option que vous pouvez paramétrer sur certains ordinateurs. Cela est possible car le signal +5V_Standby est toujours actif et la carte mère reçoit donc en permanence un courant très faible, que l'ordinateur soit allumé ou éteint. Reportez-vous au menu de configuration du BIOS pour paramétrer ces fonctions.

SFX/SFX12V

En 1997, Intel a lancé sur le marché le facteur d'encombrement réduit Micro-ATX, ainsi qu'une nouvelle alimentation appelée SFX pour les facteurs d'encombrement compacts. Malgré tout, la plupart des châssis Micro-ATX étaient équipés de l'alimentation ATX standard. En mars 1999, Intel a ajouté l'addendum Flex ATX à la spécification Micro-ATX. Il s'agit d'une très petite carte conçue pour les PC bas de gamme et les appareils à base de PC. Le SFX a ainsi trouvé son utilité dans les nouvelles conceptions de systèmes compacts. Contrairement à la plupart des autres spécifications pour les alimentations qui définissent le facteur physique ou mécanique du facteur d'encombrement dans les grandes lignes, la norme SFX peut prendre cinq formes physiques différentes, dont certaines ne sont pas directement interchangeables. En outre, les spécifications ont évolué si bien que les connecteurs requis ont changé. Par conséquent, lors du remplacement d'une alimentation de type SFX/SFX12V, vous devez vous assurer qu'elle pourra s'installer physiquement dans votre châssis et qu'elle dispose du bon connecteur pour votre carte mère.

Sur une alimentation SFX/SFX12V standard, un ventilateur de 60 mm est fixé à l'intérieur du caisson, tourné vers l'intérieur du boîtier (voir Figure 16.7). Il aspire l'air contenu dans le boîtier pour le faire entrer dans l'alimentation, puis l'expulse par une ouverture située à l'arrière. Cette internalisation du ventilateur réduit le bruit généré par l'ordinateur. Il est également possible d'utiliser des ventilateurs supplémentaires distincts de celui de l'alimentation pour ventiler le châssis et le processeur.

Pour les ordinateurs nécessitant une puissance de refroidissement supérieure, une version permettant de monter un ventilateur plus grand (80 mm), en surface, a été prévue. Ce ventilateur plus important refroidit mieux l'air de l'ordinateur (voir Figure 16.8).

Il existe différentes variantes d'alimentation SFX12V. La première utilise également un ventilateur de 80 mm monté sur sa partie supérieure, mais la disposition du boîtier est différente; lorsqu'on la

Figure 16.7

Alimentation SFX/SFX12V avec ventilateur interne de 60 mm.

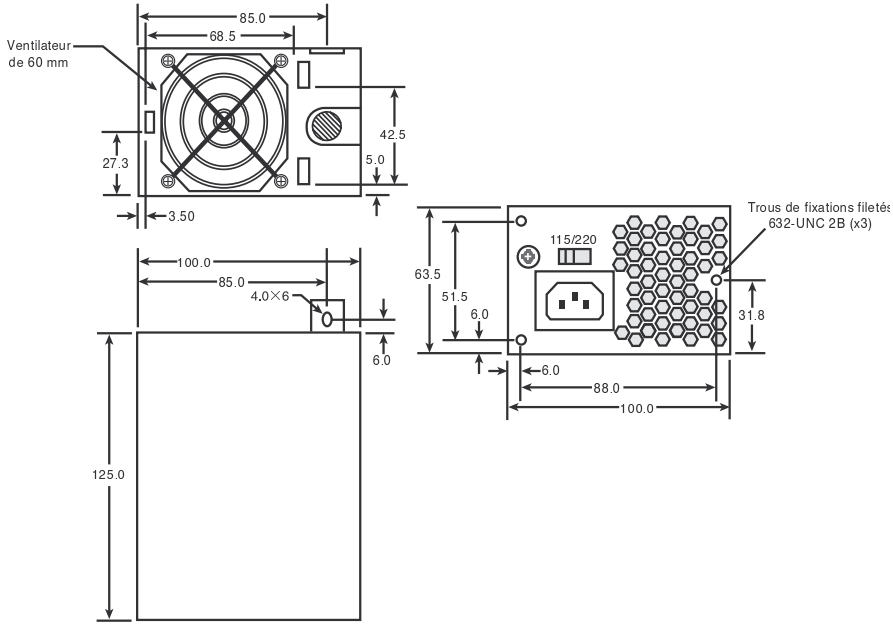


Figure 16.8

Alimentation SFX/SFX12V avec ventilateur de 80 mm monté sur la partie supérieure.

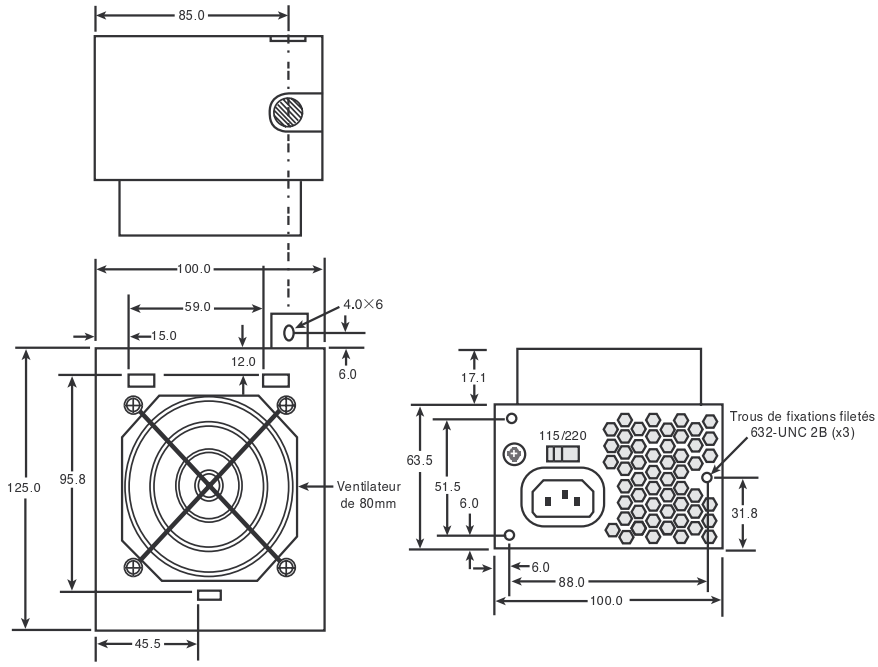


Figure 16.9

Alimentation SFX/SFX12V avec ventilateur de 80 mm monté sur la partie supérieure.

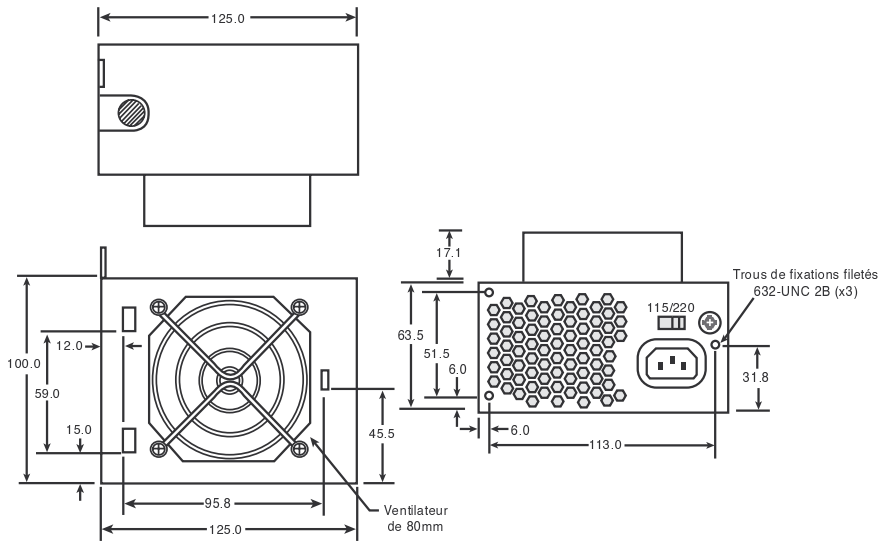
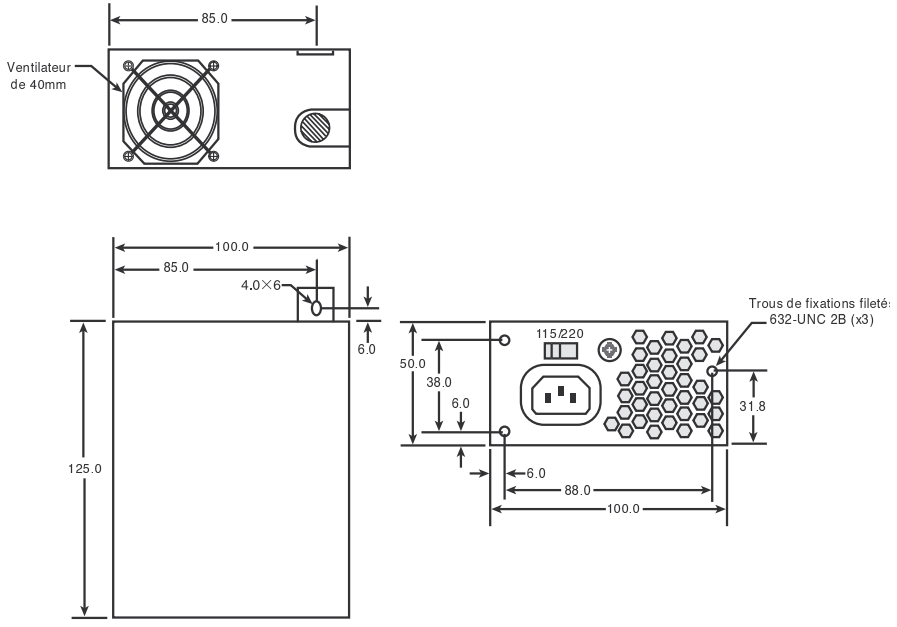


Figure 16.10

Alimentation bas de gamme SFX/SFX12V avec ventilateur interne de 40 mm.



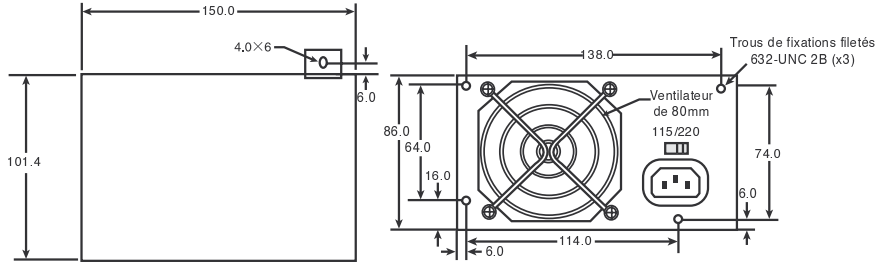
fait pivoter, l'alimentation occupe plus d'espace en largeur mais moins en profondeur, comme le montre la Figure 16.9.

La deuxième est une version bas de gamme spécialement conçue pour les châssis minces puisqu'elle n'occupe que 50 mm en hauteur et possède un ventilateur interne de 40 mm, comme l'illustre la Figure 16.10.

Enfin, il existe une version plus récente du standard SFX, le facteur d'encombrement PS3, défini à l'annexe E de la spécification SFX12V. Bien qu'il soit intégré aux spécifications SFX12V, le facteur d'encombrement PS3 est en fait une version simplifiée d'ATX12V généralement utilisée dans les châssis et avec les cartes mères micro-ATX qui exigent une puissance de sortie plus importante que ne peuvent fournir les différentes versions SFX (voir Figure 16.11).

Figure 16.11

Alimentation PS3 (SFX/SFX12V) avec ventilateur interne de 80 mm.



Les alimentations SFX12V sont spécialement conçues pour être utilisées dans des ordinateurs de petite taille contenant un nombre limité de composants matériels et assez peu évolutifs. La plupart des alimentations SFX sont destinées à fournir entre 80 et 300 W de courant continu sous quatre tensions (+5 V, +12 V, –12 V et +3,3 V). Cette quantité d'énergie s'avère suffisante pour un ordinateur disposant d'un processeur, d'une interface AGP ou PCI-Express x16, d'un maximum de quatre connecteurs d'extension et de trois périphériques (disques durs et lecteurs de CD-ROM).

Bien qu'Intel ait élaboré la spécification d'alimentation SFX12V avec les facteurs d'encombrement des cartes mères Micro-ATX et Flex ATX à l'esprit, le SFX est un standard complètement distinct, compatible avec les autres types de cartes mères. Ainsi, la version PS3 du standard SFX12V peut être utilisée pour remplacer les alimentations ATX12V tant que les capacités de sortie et les connecteurs fournis correspondent aux exigences de l'ordinateur. L'alimentation SFX utilise le même connecteur à 20 ou 24 broches que le standard ATX/ATX12V, génère également les signaux Power_On et +5V_Standby et fournit aussi le connecteur quatre broches +12 V destiné au processeur. Le choix

d'une alimentation ATX ou SFX dépend plus du boîtier ou du châssis que de la carte mère. Ces alimentations ont les mêmes connecteurs électriques. La différence réside dans le boîtier qui est physiquement adapté à les recevoir.

EPS/EPS12V

En 1998, plusieurs sociétés, dont Intel, Hewlett-Packard, NEC, Dell, Data General, Micron et Compaq, se sont regroupées pour créer le SSI (*Server System Infrastructure*), une initiative visant à promouvoir des standards de facteurs d'encombrement pour les composants matériels des serveurs comme les châssis, les alimentations, les cartes mères, entre autres. L'idée est de concevoir des serveurs réseau qui utilisent des éléments interchangeables. Pour en savoir plus sur le SSI, visitez l'adresse suivante : **www.ssiforum.org**. Même si nous n'abordons pas les serveurs réseau dans cet ouvrage, nous pouvons tout de même noter qu'un serveur réseau d'entrée de gamme est à bien des égards un PC haut de gamme, et que de nombreux composants haut de gamme qui étaient autrefois disponibles uniquement sur les serveurs se rencontrent maintenant sur les PC standard. Et cela est d'autant plus vrai en ce qui concerne les alimentations.

La même année, le SSI a publié la spécification EPS (le niveau d'entrée de l'alimentation) qui définit le facteur d'encombrement standard des alimentations pour les serveurs dont le châssis se présente sous la forme d'une tour. La première norme EPS se fondait sur ATX, mais en lui apportant plusieurs améliorations. La première amélioration majeure était l'utilisation d'un connecteur d'alimentation principale à 24 broches, qui a fini par être adopté par le standard ATX12V ainsi que par d'autres spécifications d'alimentation en 2003. La spécification EPS est également à l'origine de l'utilisation de contacts HCS dans les connecteurs d'alimentation basés sur le modèle Molex Mini-Fit Jr., qui est devenu la norme pour le facteur d'encombrement ATX12V en mars 2005. En outre, le connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches (désormais obsolète), le connecteur d'alimentation quatre broches +12 V et une variété du connecteur d'alimentation de cartes graphiques à six broches sont tous apparus dans les spécifications EPS avant de finir d'être adoptés dans la norme ATX.

La spécification EPS utilisait au départ le même facteur mécanique que le standard ATX, mais des dimensions plus importantes du boîtier d'alimentation ont par la suite été autorisées afin de prendre en charge des puissances de sortie plus élevées. Les normes ATX et EPS originales exigeaient une alimentation de 86 mm de hauteur par 150 mm de largeur et 140 mm de profondeur, soit les mêmes dimensions que les facteurs d'encombrement LPX ou PS/2. L'EPS autorisa ensuite des profondeurs de 180 mm, puis de 230 mm au total. Contrairement à ce que l'on pourrait croire, un châssis spécial n'est pas obligatoirement nécessaire, car de nombreuses tours ATX de grande taille (voire la majorité d'entre elles) peuvent intégrer ces grandes profondeurs sans problème, en particulier si l'on utilise les nouveaux lecteurs optiques plus courts en longueur (étant donné que les lecteurs optiques sont souvent disposés en vis-à-vis du bloc d'alimentation).

Puisque les améliorations apportées aux alimentations EPS/EPS12V se répercutent sur le standard ATX/ATX12V, il est intéressant d'étudier quelles sont les spécifications actuelles du facteur d'encombrement EPS définies par le SSI qui pourraient être adoptées par la norme ATX dans le futur. En ce qui concerne les connecteurs, la principale différence aujourd'hui entre ATX et EPS tient à l'utilisation d'un double connecteur +12 V à huit broches pour la norme EPS12V au lieu du connecteur +12 V à quatre broches pour la norme ATX12V. Ce double connecteur +12 V à huit broches, qui est constitué pour l'essentiel de deux connecteurs +12 V à quatre broches reliés ensemble, est utilisé par le signal d'entrée des serveurs pour alimenter plusieurs processeurs. Au vu de la conception des connecteurs, un connecteur +12 V à huit broches peut se brancher sur un connecteur +12 V à quatre broches sur la carte mère, les broches non utilisées n'étant tout simplement pas connectées.

La seule autre différence majeure entre les standards ATX12V et EPS12V est que les alimentations EPS peuvent avoir une profondeur de 180 mm ou 230 mm, tandis que les spécifications des alimentations ATX limitent leur profondeur à 140 mm. Le modèle Turbo-Cool 1KW (1 kW) de PC Power and Cooling est un bon exemple d'alimentation de type EPS12V (voir Figure 16.12).

Figure 16.12
*L'alimentation de type EPS12V Turbo-Cool 1KW (**www.pcpower.com**).*

Ce modèle de type EPS12V de 230 mm de profondeur fonctionne à la place ou en remplacement d'une alimentation ATX12V tant que le châssis peut accueillir ses dimensions plus imposantes. Les alimentations de type EPS12V sont parfois appelées alimentations ATX étendues en raison de leur éventuelle plus grande longueur. Si vous prévoyez d'utiliser une de ces alimentations EPS12V dans un châssis ATX standard, il est important que vous mesuriez l'espace disponible dans votre châssis pour vous assurer de disposer de suffisamment de place.

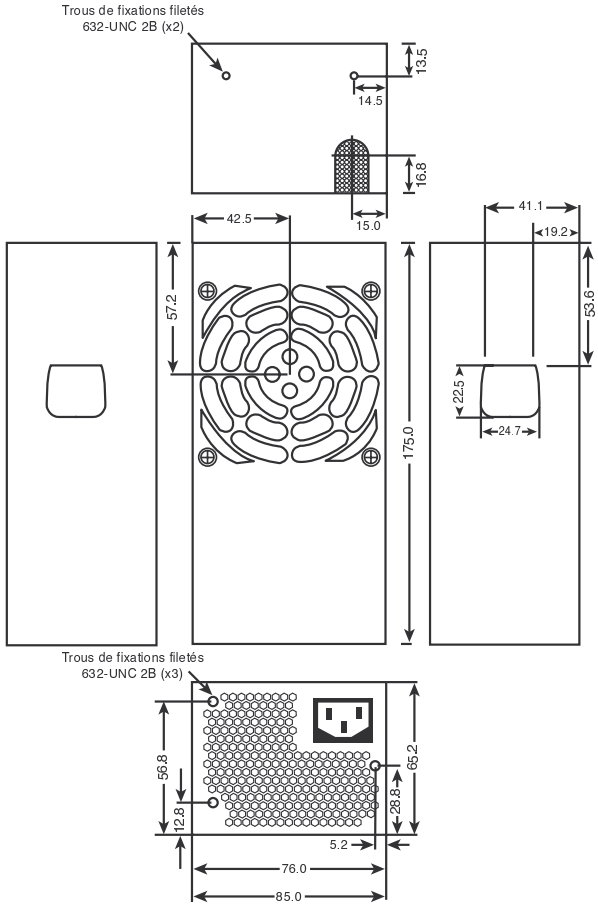
La compatibilité des connecteurs ne représente généralement pas un problème car, en raison de la conception du connecteur Molex Mini-Fit Jr., vous pouvez brancher un connecteur d'alimentation principale de 24 broches sur une prise de 20 broches et un double connecteur +12 V à huit broches sur une prise +12 V à quatre broches.

Si vous disposez de l'espace suffisant, vous pouvez utiliser une alimentation de type EPS12V avec la plupart des châssis et des cartes mères ATX et ainsi disposer des capacités en sortie maximales.

TFX12V

En avril 2002, Intel dévoila l'alimentation TFX12V (facteur d'encombrement mince) conçue pour les ordinateurs dont le facteur d'encombrement est réduit (volume du châssis environ égal à 9,15 litres), en particulier pour ceux qui utilisent des châssis d'entrée de gamme et des cartes mères Micro-ATX, Flex ATX ou Mini-ITX. Les alimentations de type TFX12V sont en effet plus longues et plus étroites que celles basées sur les facteurs d'encombrement ATX ou SFX, ce qui permet de les insérer plus facilement dans les ordinateurs d'entrée de gamme. Les dimensions du facteur d'encombrement TFX12V sont illustrées à la Figure 16.13.

Figure 16.13
Dimensions de l'alimentation de facteur d'encombrement TFX12V.



Les alimentations TFX12V sont conçues pour fournir une puissance nominale en sortie de 180 à 300 W, ce qui est plus que suffisant pour les petits systèmes pour lesquels elles sont conçues. Elles comprennent un ventilateur interne de 80 mm monté sur le côté, qui est habituellement contrôlé par un thermostat de manière à fonctionner efficacement et silencieusement. Un système de montage du ventilateur similaire permet au ventilateur d'être orienté sur l'une ou l'autre des parois du châssis en fonction de sa configuration (voir Figure 16.14).

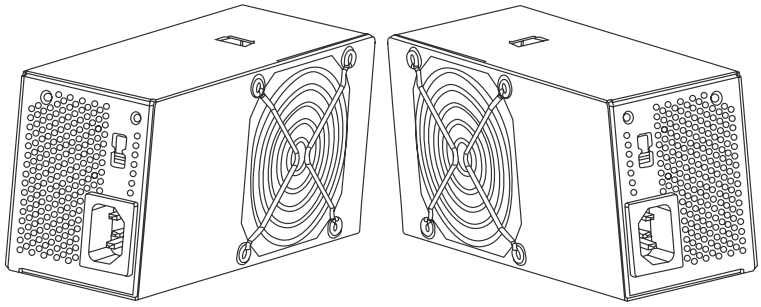


Figure 16.14
Les alimentations TFX12V sont symétriques et peuvent être montées avec le ventilateur à gauche ou à droite.

Contrairement aux alimentations SFX, le facteur d'encombrement TFX12V ne propose qu'un seul facteur mécanique. Les alimentations TFX12V intègrent toujours le connecteur +12 V à quatre broches depuis la publication de la norme en avril 2002, soit bien après que le connecteur +12 V a été inclus dans d'autres facteurs d'encombrement. Le connecteur d'alimentation Serial ATA est apparu en option dans la version TFX12V 1.2 (avril 2003) avant de devenir obligatoire dans la version TFX12V 2.0 (février 2004). Cette dernière version abandonne également le connecteur d'alimentation principale de 20 broches au profit du connecteur à 24 broches. La révision 2.1 (juillet 2005) ne propose que des modifications et mises à jour mineures par rapport à la version précédente.

CFX12V

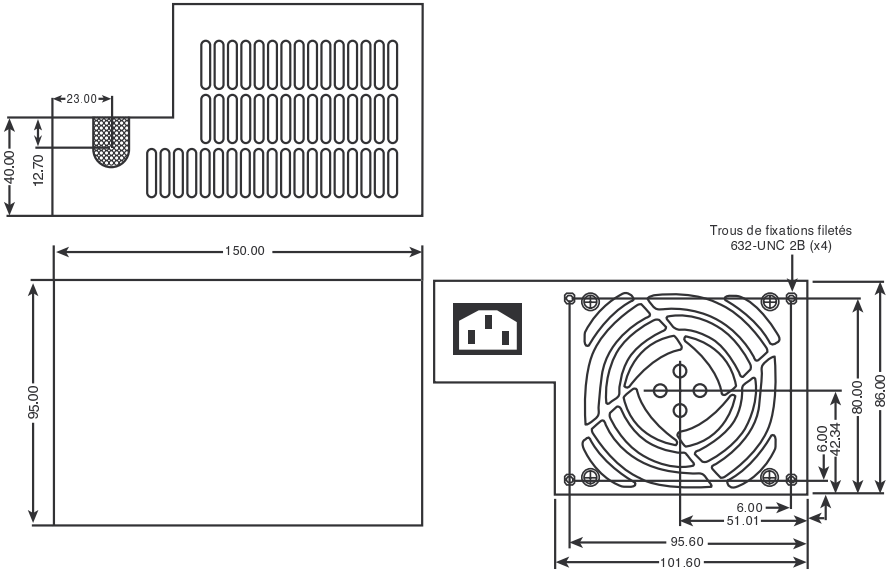
L'alimentation CFX12V (facteur d'encombrement compact), publiée par Intel en novembre 2003, est conçue pour les tours moyennes BTX (*Balanced Technology eXtended*) dont le volume représente 10 à 15 litres environ et qui utilisent les cartes mères Micro-BTX ou Pico-BTX.

Les alimentations CFX12V sont conçues pour fournir une puissance nominale en sortie de 220 à 300 W, ce qui est plus que suffisant pour les systèmes pour lesquels elles sont conçues. Elles comprennent un ventilateur interne de 80 mm monté à l'arrière sur le côté, qui est habituellement contrôlé par un thermostat de manière à fonctionner efficacement et silencieusement. La forme de l'alimentation forme un L si bien qu'une partie de celle-ci peut se trouver au-dessus de la carte mère, ce qui permet de réduire les dimensions globales du système (voir Figure 16.15). Les dimensions du facteur d'encombrement CFX12V sont illustrées à la Figure 16.16.

Les alimentations CFX12V intègrent toujours le connecteur standard +12 V à quatre broches depuis la publication de la norme en novembre 2003, soit bien après que le connecteur +12 V a été inclus dans d'autres facteurs d'encombrement. Le connecteur d'alimentation principale à 24 broches et les

Figure 16.15
Alimentation CFX12V.

Figure 16.16
Dimensions de l'alimentation de facteur d'encombrement CFX12V.



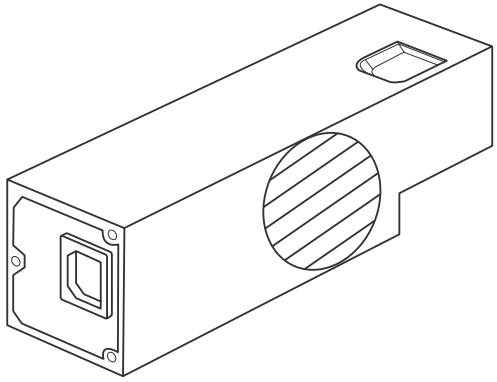
connecteurs Serial ATA sont également obligatoires dans la norme CFX12V depuis sa publication. La dernière version du facteur d'encombrement CFX12V, qui date de 2005, ne propose que des modifications et mises à jour mineures par rapport aux versions précédentes, comme l'adoption des contacts HCS dans les connecteurs.

LFX12V

Intel publia la norme d'alimentation LFX12V (facteur d'encombrement d'entrée de gamme) en avril 2004. Elle est conçue pour les très petits ordinateurs BTX (volume de six à neuf litres environ) qui utilisent des cartes mères Pico-BTX ou Nano-BTX.

Les alimentations LFX12V sont conçues pour fournir une puissance nominale en sortie de 180 à 260 W, ce qui est idéal pour les très petits systèmes pour lesquels elles sont conçues. Elles comprennent un ventilateur interne de 60 mm, soit 20 mm de moins que dans la conception CFX12V, qui est habituellement contrôlé par un thermostat de manière à fonctionner efficacement et silencieusement. La forme de l'alimentation forme également un L si bien qu'une partie de celle-ci peut se trouver au-dessus de la carte mère, ce qui permet de réduire les dimensions globales du système (voir Figure 16.17). Les dimensions du facteur d'encombrement LFX12V sont illustrées à la Figure 16.18.

Figure 16.17
Alimentation LFX12V.



Connecteurs d'interrupteurs

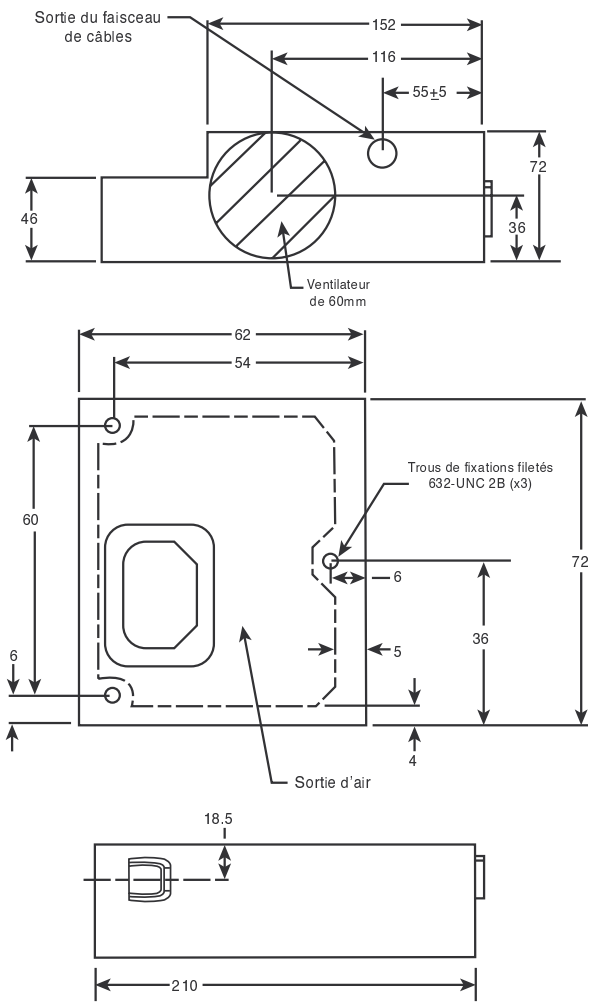
Il existe trois types principaux d'interrupteurs que l'on peut décrire de la manière suivante :

- un interrupteur contrôlé par la carte mère sur la façade avant (ATX et plus récents);
- un interrupteur d'alimentation en courant alternatif sur la façade avant (AT/LPX, obsolète);
- un interrupteur d'alimentation générale en courant alternatif (PC/XT/AT, obsolète).

ATX et plus récents

Toutes les alimentations de facteur d'encombrement ATX (et ultérieur) qui sont équipées d'un connecteur de carte mère à 20 ou 24 broches utilisent le signal PS_ON pour allumer l'ordinateur. Dans cette conception, l'alimentation fonctionne en mode veille lorsqu'elle est branchée et que l'ordinateur est à l'arrêt. Le signal PS_ON est acheminé de l'alimentation électrique *via* la carte mère au contact CA momentanément sous basse tension de l'interrupteur placé en façade. En conséquence, l'interrupteur déporté ne contrôle pas physiquement l'accès de l'alimentation au CA de 220 V, comme dans le cas des anciens systèmes d'alimentation. L'état d'activation ou de désactivation de l'alimentation est au contraire déclenché par un signal PS_ON reçu sur le connecteur principal ATX. On appelle également cela un arrêt piloté (ou soft-off) en raison de l'état de l'ACPI (interface avancée de configuration et de gestion de l'énergie) lorsque le système est à l'arrêt mais toujours alimenté.

Figure 16.18
Dimensions de l'alimentation de facteur d'encombrement LFX12V.



Le signal PS_ON peut être généré physiquement par l'interrupteur de mise sous tension de l'ordinateur ou électroniquement par le système d'exploitation. Le signal PS_ON est un signal actif bas, ce qui signifie que tous les signaux de CC générés par l'alimentation (de 2 V ou plus) sont désactivés quand le signal PS_ON est haut, à l'exception du signal +5 VSB (Standby) de la broche 9, qui est actif chaque fois que l'alimentation est connectée à une source de CA. Le signal PS_ON est alimenté par du 3,3 V ou du 5 V. Il est ensuite dirigé *via* la carte mère vers l'interrupteur déporté, sur l'avant du châssis. Lorsqu'on appuie sur l'interrupteur, le signal PS_ON est mis à la masse. Lorsque la tension du signal PS_ON tombe sous 0,8 V, l'alimentation (et donc l'ordinateur) se lance. Ainsi,

l'interrupteur déporté d'une alimentation de facteur d'encombrement ATX ou plus récent ne véhicule qu'un CC de +5 V, au lieu des 220 V de CA que véhicule l'interrupteur des alimentations de facteurs d'encombrement AT/LPX antérieurs.

Attention

La présence permanente du signal +5 VSB sur la broche 9 du connecteur ATX signifie que la carte mère reçoit en permanence du courant électrique de l'alimentation quand celle-ci est connectée à une source de CA, même si l'ordinateur est éteint. Il est donc plus important de débrancher l'ordinateur avant de travailler à l'intérieur du boîtier.

L'interrupteur déporté des conceptions ATX (et plus récentes) permet seulement d'effectuer un arrêt piloté. L'ordinateur semble à l'arrêt mais il continue d'être alimenté en mode de mise en veille. Certaines alimentations ATX récentes disposent d'un interrupteur mécanique sur leur façade arrière, afin de déconnecter l'alimentation CA du système lorsque celui-ci est éteint. Le système n'est alors plus alimenté du tout, ce qui revient à débrancher la prise d'alimentation murale.

Astuces

La conception de l'interrupteur ATX est telle que la carte mère contrôle en fait l'état de l'alimentation. Sur les systèmes qui prennent totalement en charge l'ACPI, lorsque vous appuyez sur l'interrupteur marche/arrêt, la carte mère ordonne au système d'exploitation de s'arrêter avant que l'alimentation ne soit effectivement coupée. Toutefois, si le système est verrouillé ou corrompu, il peut continuer à fonctionner lorsque vous appuyez sur l'interrupteur. Dans cette situation, vous pouvez manuellement contourner le contrôle de l'ACPI en appuyant sur l'interrupteur pendant plus de quatre secondes, ce qui l'emporte sur le contrôle logiciel et force le système à s'éteindre.

Connecteurs d'interrupteurs PC, XT/AT et LPX

Les interrupteurs des premiers ordinateurs étaient intégrés ou montés directement sur l'alimentation. Ainsi, il était possible d'allumer et d'éteindre l'alimentation principale en courant alternatif. Cette conception était simple ; cependant, dans la mesure où l'alimentation était montée à l'arrière ou sur le côté de l'ordinateur, cet interrupteur se trouvait à l'arrière du boîtier, ce qui était très peu pratique. En outre, le fait de couper directement l'alimentation CA impliquait qu'il n'était pas possible de démarrer le système à distance sans matériel spécial.

À la fin des années 1980, les ordinateurs ont commencé à être équipés d'interrupteurs déportés, placés sur le panneau frontal. La conception de l'alimentation était la même, mais l'interrupteur CA était monté à distance (généralement sur l'avant du châssis), et non intégré à l'unité d'alimentation. Il était connecté à l'alimentation par un câble à quatre fils. Les extrémités du câble étaient pourvues de cosses femelles qui se branchaient sur les cosses mâles de l'interrupteur d'alimentation. Le câble qui allait de l'alimentation à l'interrupteur dans le châssis contenait quatre fils colorés. En outre, un cinquième fil assurait la mise à la terre par le biais du châssis. L'interrupteur faisait en principe partie intégrante de l'alimentation. Il était isolé pour éviter tout choc électrique.

Ce système résout le problème de l'emplacement de l'interrupteur, mais ne permet toujours pas d'allumer ou d'éteindre le système à distance ou de manière automatique sans matériel spécial. En outre, les câbles qui relient l'interrupteur à l'intérieur du châssis peuvent être chauds lorsque le système est branché, ce qui rend l'environnement dangereux pour les personnes qui les manipulent.

Attention

Dans les alimentations AT/LPX, au moins deux fils de l'interrupteur déporté véhiculent en permanence un courant alternatif de 220 V. Vous pouvez être électrocuté si vous touchez ces fils alors que l'alimentation est branchée. Débranchez toujours l'alimentation avant de connecter ou de déconnecter les fils de l'interrupteur.

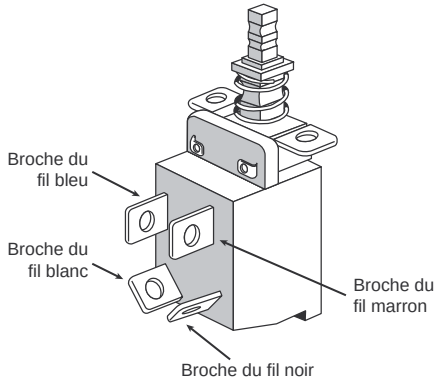
Les quatre ou cinq fils du câble qui relient l'alimentation à l'interrupteur sont codés à l'aide des couleurs suivantes :

- Le fil marron et le fil bleu sont la phase et le neutre du cordon d'alimentation en 220 V qui mène à l'alimentation. Ces fils sont toujours chauds quand l'alimentation est branchée.
- Le fil noir et le fil blanc véhiculent le courant alternatif qui retourne à l'alimentation. Ces fils ne doivent être chauds que lorsque l'alimentation est branchée et l'interrupteur allumé.
- Un cinquième fil, vert (ou vert avec une bande jaune), est celui de mise à la masse. Il doit être relié au boîtier du PC et doit contribuer à mettre l'alimentation du boîtier à la masse.

Sur l'interrupteur, les cosses sont généralement elles aussi codées à l'aide de couleurs. Toutefois, même si tel n'est pas le cas, vous pouvez les relier très facilement à l'alimentation. Si l'interrupteur ne comprend pas de couleurs de codage, branchez le fil bleu et le fil marron sur les cosses parallèles entre elles. Branchez le fil noir et le fil blanc sur les cosses placées en angle l'une par rapport à l'autre. Si aucune cosse n'est placée en angle par rapport à une autre, vérifiez simplement que les fils bleu et marron sont branchés dans les cosses les plus proches, sur l'un des côtés, et que les fils blanc et noir sont branchés sur les cosses les plus proches de l'autre côté (voir Figure 16.19).

Figure 16.19

Connexions de l'interrupteur déporté d'une alimentation.



Attention

Bien que ces couleurs de codage soient utilisées sur la plupart des alimentations, elles ne sont pas à 100 % universelles. Il arrive que des alimentations ne se conforment pas à ce système de codage. Si vous ne pouvez accéder aux codes de couleurs auprès du fabricant, déconnectez systématiquement l'alimentation de la prise de courant murale avant de toucher à ces fils.

Si le fil bleu et le fil marron sont connectés à un jeu de cosses, et que le fil noir et le fil blanc soient connectés à l'autre jeu de cosses, l'interrupteur et l'alimentation doivent fonctionner correctement.

Si vous mélangez les fils, vous risquez de faire sauter le disjoncteur ou le fusible correspondant à la prise murale en provoquant un court-circuit.

Connecteurs d'alimentation de carte mère

L'alimentation de chaque PC est équipée de connecteurs spéciaux qui se branchent sur la carte mère pour alimenter la carte mère, le processeur, la mémoire, les chipsets et les composants intégrés LAN, USB, FireWire ainsi que toutes les cartes supplémentaires connectées à un bus. Ces connecteurs sont très importants car ils constituent non seulement la principale voie par laquelle l'alimentation parcourt le système, mais les brancher de manière incorrecte peut avoir un effet désastreux sur le PC, y compris griller l'alimentation et la carte mère. Comme pour les alimentations, la conception de ces connecteurs répond aux différentes normes de spécifications industrielles qui dictent les types de connecteurs utilisés ainsi que le brochage de chaque fil et contact. Malheureusement, tout comme pour les facteurs d'encombrement mécaniques, certains constructeurs de PC utilisent des connecteurs qui leur sont propres ou, pire encore, utilisent des types de connecteurs standard mais modifient le brochage (les signaux et les tensions sont alors différentes des normes), ce qui les rend incompatibles. Brancher une alimentation dont le brochage est incompatible avec une carte mère qui utilise un brochage standard (ou *vice versa*) se traduit généralement par la destruction de la carte ou du bloc d'alimentation, voire des deux.

Comme pour les facteurs d'encombrement mécaniques, nous vous conseillons de vous assurer que vos systèmes utilisent des connecteurs et des brochages standard. En n'achetant que des composants conformes aux normes industrielles, vous êtes sûr que vos mises à jour et réparations futures seront plus simples à réaliser et moins chères.

Au cours des années, deux grands ensembles de connecteurs électriques ont été utilisés sur les cartes mères, que nous appellerons respectivement type AT/LPX et type ATX. Chacun d'eux présente des variations mineures. Ainsi, le type ATX a évolué au fil des années, et de nouveaux connecteurs ont fait leur apparition, certains ont disparu et d'autres ont subi des modifications. Les sections suivantes détaillent les connecteurs d'alimentation de la carte mère utilisés dans les différents types d'alimentations standard ou non.

Connecteurs d'alimentation AT/LPX

Les cartes mères PC, XT, AT, Baby AT et LPX utilisent toutes le même type de connecteurs d'alimentation principale. Les alimentations AT/LPX disposent de deux connecteurs d'alimentation principale (P8 et P9), à six broches, pour relier le bloc d'alimentation à la carte mère. Les contacts utilisés dans ces connecteurs peuvent prendre en charge jusqu'à 5 A à 250 V (même si la tension maximum utilisée dans un PC est de +12 V). Ces deux connecteurs sont présentés à la Figure 16.20.

Tous les connecteurs d'alimentation P8 et P9 AT/LPX s'installent à côté l'un de l'autre, afin que les deux fils noirs (connexions à la masse) des deux connecteurs d'alimentation soient à côté l'un de l'autre lorsque le branchement est correctement réalisé. Notez que si la désignation de ces connecteurs reprend le plus souvent celle employée par IBM ("P8" et "P9"), il ne s'agit pas d'une norme, si

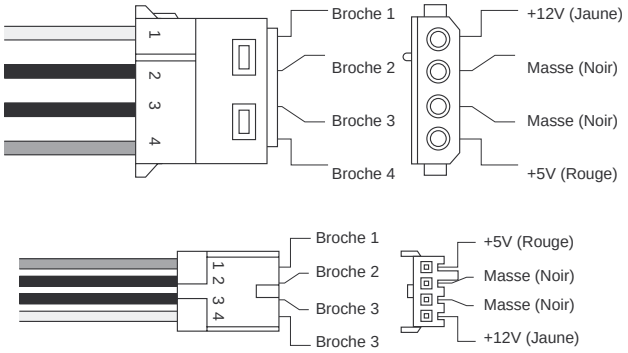


Figure 16.20
Connecteurs d'alimentation principale P8/P9 (également appelés P1/P2) de type AT/LPX, vue latérale et vue des contacts.

bien que l'appellation P1 et P2 est utilisée sur certaines alimentations. Comme ces connecteurs disposent généralement d'un fermoir qui empêche de les insérer à l'envers sur les broches de la carte mère, vous devez surtout veiller à correctement disposer les deux connecteurs l'un par rapport à l'autre et à ce que le branchement de chaque broche ne soit pas décalé. Pour éviter tout ennui, suivez la règle du fil noir vers le fil noir en vous assurant qu'ils se trouvent au centre. Vous devez veiller à ce que toutes les broches soient connectées à la carte mère et qu'aucune ne soit visible d'un côté ou de l'autre des deux connecteurs. Un connecteur correctement installé se connecte et couvre toutes les broches d'alimentation de la carte mère. Si une broche d'alimentation est visible sur un côté ou entre les connecteurs, tout le branchement du connecteur est incorrect, ce qui peut aboutir à une défaillance catastrophique de la carte mère et de tout ce qui est relié à celle-ci au moment de la mise sous tension. La Figure 16.21 montre les connecteurs P8 et P9 (parfois également appelés P1 et P2) correctement disposés lors de leur connexion à la carte mère.

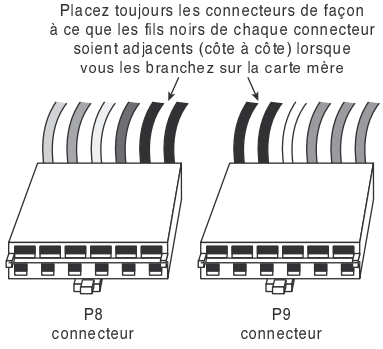


Figure 16.21
Les connecteurs d'alimentation P8 et P9 (ou P1 et P2) qui relient une alimentation AT/LPX à la carte mère.

Le Tableau 16.4 présente la connexion standard d'une alimentation AT/LPX Power.

Tableau 16.4 : Connecteurs d'alimentation AT/LPX (vus côté câblage)

Connecteur	Broche	Signal	Couleur[2]	Connecteur	Broche	Signal	Couleur[2]
P8 (ou P1)	1	Power_Good (+5V)	Orange	P9 (ou P2)	1	Masse	Noir
	2	+5 V[1]	Rouge		2	Masse	Noir
	3	+12 V	Jaune		3	–5 V	Blanc
	4	–12 V	Bleu		4	+5 V	Rouge
	5	Masse	Noir		5	+5 V	Rouge
	6	Masse	Noir		6	+5 V	Rouge

1. La première génération de cartes mères et d'alimentation PC/XT ne nécessitait pas cette tension, si bien que la broche peut être absente de la carte mère ou le contact voire le fil être absent du connecteur (P8 broche 2).
2. Certains fils des alimentations ne suivent pas les mêmes codes couleur, même si les signaux sont corrects.

Bien que les anciennes alimentations PC/XT n'aient pas de connexion à la broche 2 du connecteur P8, vous pouvez tout de même les utiliser sur les cartes mères de type AT, et vice versa. La présence ou l'absence de la tension +5 V sur la broche a peu ou pas d'effet sur le fonctionnement du système, car les autres fils +5 V peuvent généralement supporter cette charge.

Il est à noter que toutes les alimentations de type AT/LPX utilisent les mêmes connecteurs et brochages sans exception.

Connecteurs d'alimentation ATX et ATX12V

Les alimentations conformes au facteur d'encombrement des normes ATX et ATX12V 1.x originales ou les variantes de celles-ci utilisent les trois connecteurs de carte mère suivants :

- un connecteur d'alimentation principale à 20 broches ;
- un connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches ;
- un connecteur +12 V à quatre broches.

Le connecteur d'alimentation principale est toujours obligatoire, tandis que les deux autres sont optionnels. Par conséquent, les quatre combinaisons différentes de connecteurs suivantes sont possibles sur une alimentation ATX ou ATX12V :

- un connecteur d'alimentation principale seulement ;
- un connecteur principal et un connecteur auxiliaire ;
- un connecteur principal et un connecteur +12 V ;
- un connecteur principal, un connecteur auxiliaire et un connecteur +12 V.

Les combinaisons les plus fréquentes sont la première et la troisième. La plupart des cartes mères qui utilisent le connecteur +12 V n'utilisent pas de connecteur auxiliaire, et *vice versa*.

La raison de la multiplication des connecteurs d'alimentation

Seul le connecteur d'alimentation principale à 20 broches était mentionné dans la spécification ATX originale, ce qui suffisait à alimenter les cartes mères et les processeurs des PC dans les années 1990, car 251 W ou moins étaient alors nécessaires à leur alimentation. Cependant, à la fin des années 1990, les besoins en électricité des cartes mères et des processeurs augmentèrent, si bien que, dans certains systèmes, le connecteur d'alimentation principale ne suffisait plus. Les cartes mères et les processeurs qui demandaient plus de 251 W pouvaient provoquer une surchauffe des contacts et faire fondre le boîtier du connecteur.

Plutôt que de modifier la conception du connecteur principal et créer des incompatibilités avec les cartes mères qui ne nécessitaient pas cette augmentation de puissance, Intel ajouta le connecteur d'alimentation auxiliaire aux spécifications de la norme ATX 2.02 en 1998. Ce connecteur auxiliaire est conçu pour fournir jusqu'à 58 W à des tensions de +3,3 V et +5 V aux cartes mères afin de répondre à l'augmentation de la puissance exigée par le processeur, de la mémoire et des régulateurs de tension AGP. Même si l'intégration d'un connecteur auxiliaire supplémentaire constitue une bonne idée, la plupart des cartes mères continuaient à n'utiliser que le connecteur d'alimentation principale, même si celui-ci était surchargé.

Bien que le connecteur auxiliaire supplémentaire puisse fournir des tensions de +3,3 V et +5 V supplémentaires, il ne fournit pas d'alimentation +12 V. En 2000, l'apparition du processeur Pentium 4 entraîna une augmentation de la puissance nécessaire au fonctionnement du processeur. Les processeurs fonctionnent sur de très faibles tensions, qui sont normalement fournies par l'intermédiaire de régulateurs de tension sur la carte mère. Ces régulateurs convertissent la tension fournie par l'alimentation à la tension requise par le processeur. La puissance est égale au nombre de volts multipliés par le nombre d'ampères. Ainsi, à un niveau de puissance égal, plus le nombre de volts est élevé et plus le nombre d'ampères requis diminue. Par conséquent, le courant total (l'ampérage) fourni à la carte mère a été réduit en apportant une modification aux régulateurs de tension du processeur de manière à ce qu'ils fonctionnent avec une alimentation de +12 V plutôt qu'à des tensions de +3,3 V ou +5 V comme auparavant.

Cela créa malheureusement un autre problème. En effet, même avec l'utilisation d'un connecteur d'alimentation principal et d'un connecteur auxiliaire, un seul contact +12 V fournit un maximum de 6 A à la carte mère. Donc, pour fournir une puissance de +12 V supplémentaire tout en restant compatible avec les principaux connecteurs auxiliaires déjà définis, Intel introduisit le connecteur d'alimentation +12 V dans les spécifications ATX 2.1 au début de l'année 2000. Ce nouveau connecteur a été spécifiquement conçu pour fournir jusqu'à 192 W aux régulateurs produisant une haute tension en sortie dont le Pentium 4 et ses successeurs ont besoin.

Les alimentations dotées du connecteur +12 V furent appelées alimentations ATX12V et les spécifications d'alimentation du facteur d'encombrement ATX12V furent publiées. Le connecteur d'alimentation +12 V fut d'abord utilisé sur les cartes mères Pentium 4 et il est devenu officieusement connu sous le nom de connecteur P4, même si les cartes mères destinées aux processeurs AMD

commencèrent également à l'utiliser. À la fin de 2001, ce connecteur était requis sur la plupart des cartes mères et la plupart des alimentations de PC mises en vente étaient de type ATX12V.

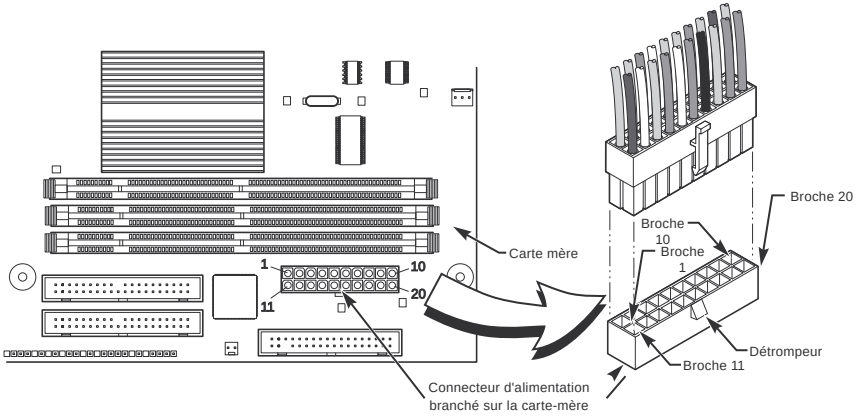
La modification des régulateurs de tension du processeur sur la carte pour qu'ils utilisent une tension de +12 V engendra la réduction de l'importance des rails +3,3 V et +5 V, à tel point que le connecteur auxiliaire n'était plus nécessaire et qu'il disparut sur de nombreuses alimentations ATX12V. Le connecteur auxiliaire fut officiellement abandonné dans la spécification ATX12V 2.0 en 2000. Certains blocs d'alimentation ATX12V disposent encore du connecteur d'alimentation auxiliaire, et vous devez bien sûr vous assurer qu'il est présent car votre carte mère le nécessite.

Le connecteur principal à 20 broches

La connexion standard employée pour relier les alimentations de facteur d'encombrement ATX et ATX12V 1.x à la carte mère s'effectue à l'aide du connecteur femelle Molex Mini-Fit Jr. à 20 broches. À titre de référence, Molex désigne officiellement ce connecteur comme l'élément 39-01-2200 et les contacts comme l'élément 5556 (voir Figure 16.22). C'est un connecteur à 20 broches, pourvu d'un détrompeur. Son brochage est présenté au Tableau 16.5. Les couleurs des fils sont celles que recommande la spécification ATX. Toutefois, il ne s'agit que d'une recommandation et ces couleurs peuvent donc varier d'un fabricant à l'autre. Il est intéressant de considérer comment les broches sont disposées à l'arrière du connecteur (du côté du câble et non du côté des contacts), car cela permet de visualiser comment ils doivent être orientés lorsque vous vérifiez que le connecteur est correctement branché.

Figure 16.22

Perspective du connecteur d'alimentation de type ATX à 20 broches.



La Figure 16.23 montre une vue du connecteur tel que vous le voyez lorsque vous regardez le côté des contacts (ou broches).

Infos

L'alimentation de type ATX délivre un certain nombre de signaux inconnus sur les conceptions AT/LPX précédentes, comme c'est par exemple le cas des signaux +3,3 V, PS_ON et +5 V_Standby. Il est par conséquent impossible d'adapter une alimentation de type LPX pour la faire fonctionner sur un ordinateur ATX, bien que ces deux types d'alimentations aient presque la même forme physique.

Figure 16.23

Connecteur d'alimentation principale ATX 20 broches, vu de profil et du côté des contacts.

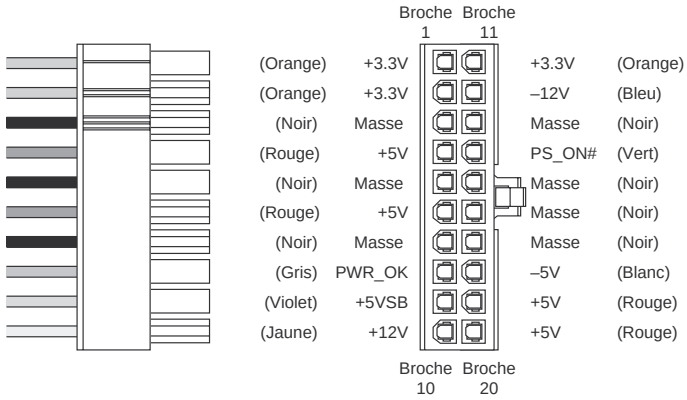


Tableau 16.5 : Brochage du connecteur principal d'une alimentation ATX à 20 broches (vu côté câblage)

Couleur	Signal	Broche	Broche	Signal	Couleur
Orange[1]	+3,3 V	11	1	+3,3 V	Orange
Bleu	–12 V	12	2	+3,3 V	Orange
Noir	Masse	13	3	Masse	Noir
Vert	PS_ON	14	4	+5 V	Rouge
Noir	Masse	15	5	Masse	Noir
Noir	Masse	16	6	+5 V	Rouge
Noir	Masse	17	7	Masse	Noir
Blanc	–5 V	18[2]	8	Power_Good	Gris
Rouge	+5 V	19	9	+5 VSB (Standby)	Violet
Rouge	+5 V	20	10	+12 V	Jaune

1. Un second fil orange ou brun peut être présent, utilisé pour le retour de détection du signal +3,3 V. Il sert à surveiller la régulation 3,3 V.
2. Sur certaines alimentations ou cartes mères récentes, cette broche peut porter la mention N/C (non connectée). Les alimentations dont la broche 18 n'est pas connectée ne doivent être utilisées qu'avec des cartes mères dépourvues de slots ISA.

*Toutefois, ATX étant une redéfinition de l'ancienne norme d'alimentation LPX, vous pouvez utiliser un adaptateur pour connecter une alimentation ATX à une ancienne carte mère utilisant des connecteurs AT/LPX. L'entreprise PC Power and Cooling (**www.pcpower.com**) vend ce type d'adaptateur.*

L'une des questions les plus importantes en ce qui concerne les connecteurs d'alimentation est leur capacité à fournir une puissance suffisante à la carte mère sans surchauffe. Il ne sert à rien de dispo-

ser d'une alimentation de 500 W si les câbles et les connecteurs qui alimentent la carte mère ne peuvent gérer que 250 W avant de commencer à fondre. On évalue des connecteurs en particulier en fonction de l'ampérage par circuit, c'est-à-dire la quantité mesurée de courant pouvant être transmise par un ensemble de contacts qui accepte une augmentation maximale de 30 ˚C par rapport à une température ambiante de 22 ˚C. En d'autres termes, si la température ambiante est de 30 ˚C, la température des contacts ne dépassera pas 52 ˚C lorsque la charge de courant est à son maximum. Comme la température ambiante dans un PC peut être de 40 ˚C, voire plus, la température des connecteurs d'alimentation peut être extrêmement élevée.

Le niveau maximum actuel est de plus évalué ou ajusté en fonction du nombre de circuits dans un connecteur donné, en raison de la chaleur dégagée par les contacts adjacents. Ainsi, un connecteur d'alimentation de conception identique peut gérer 8 A par circuit dans un connecteur de quatre contacts, mais seulement 6 A par circuit dans un connecteur de 20 contacts.

Tous les facteurs d'encombrement modernes depuis la norme ATX ont rendu standard l'utilisation des connecteurs Molex Mini-Fit Jr. pour le connecteur principal et les connecteurs +12 V. Un certain nombre de boîtiers de connexion sont utilisés dans n'importe quel endroit de quatre à 24 postes ou des terminaux. Trois types de contacts Molex pour ces connecteurs sont disponibles : une version standard, une version HCS et une version Plus HCS. L'ampérage de ces différents contacts est indiqué au Tableau 16.6..

Tableau 16.6 : Ampérage courant des connecteurs Mini-Fit Jr.

Type de contact/ n° Mini-Fit Jr.	2 à 3 broches (A/broche)	4 à 6 broches (A/broche)	7 à 10 broches (A/broche)	12 à 24 broches (A/broche)
Standard/5556	9	8	7	6
HCS/44476	12	11	10	9
Plus HCS/45750	12	12	12	11

Tous ces chiffres supposent que les connecteurs Mini-Fit Jr. utilisent des fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

Le connecteur d'alimentation principale ATX comprend 20 broches ou 24 broches, ce qui, si des contacts standard sont utilisés, permet un maximum de 6 A de courant par contact. Si le connecteur utilise des contacts HCS, l'ampérage est de 9 A par contact et de 11 A avec des contacts HCS Plus. Jusqu'en mars 2005, toutes les spécifications des alimentations recommandaient d'utiliser des contacts standard. Par la suite, les contacts HCS sont devenus la norme requise. Si votre connecteur d'alimentation surchauffe, vous pouvez facilement installer des contacts HCS ou HCS Plus pour augmenter la capacité de gestion de la tension de votre connecteur de 50 % voire plus.

En comptant le nombre de contacts pour chaque niveau de tension, vous pouvez calculer la capacité de gestion de la tension du connecteur, comme indiqué au Tableau 16.7.

Tableau 16.7 : Capacités d'alimentation maximales du connecteur principal ATX à 20 broches

Volts	N° de broche	Avec contacts standard (W)	Avec contacts HCS (W)	Avec contacts Plus HCS (W)
+3,3 V	3	59,4	89,1	108,9
+5 V	4	120	180	220
+12 V	1	72	108	132
Total (en watts)		251,4	377,1	460,9

Les contacts standard ont un ampérage de 6 A.
Les contacts HCS ont un ampérage de 9 A.
Les contacts Plus HCS ont un ampérage de 11 A.
Tous ces chiffres supposent que les connecteurs Mini-Fit Jr. utilisent des fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

Cela signifie que la capacité totale de ce connecteur est de 251 W seulement avec des contacts standard, ce qui est inférieur aux besoins de nombreux systèmes actuels. Malheureusement, une tension plus élevée entraîne la surchauffe du connecteur. Vous comprenez évidemment le problème : il est absurde de fabriquer des alimentations de 400 ou de 500 W si le connecteur d'alimentation principale ne peut gérer que 251 W sans fondre ! Cela revient à construire une voiture qui peut atteindre 200 km/h et l'équiper de pneus conçus pour rouler uniquement à 100 km/h. Tout irait bien jusqu'à ce que vous dépassiez la vitesse nominale des pneus, après quoi les résultats seraient assez catastrophiques.

C'est la raison pour laquelle les spécifications officielles du facteur d'encombrement de l'alimentation ont intégré en mars 2005 les contacts HCS, qui ont une capacité supérieure de 50 % aux contacts standard. Avec des contacts HCS, la capacité du connecteur principal à 20 broches atteint 377 W, ce qui est supérieur aux besoins de la plupart des ordinateurs pour alimenter tous les connecteurs.

Connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches

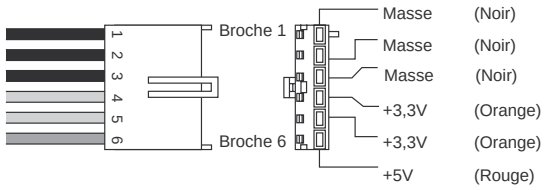
L'évolution des cartes mères et des processeurs a rendu nécessaire l'augmentation de la puissance fournie par l'alimentation. Chacun des contacts du connecteur d'alimentation principale a une capacité de 6 ampères (A) s'il s'agit de contacts standard, ce qui fournit au maximum environ 250 W à la carte mère. Les cartes mères équipées de processeurs à haute vitesse et de multiples cartes pouvant solliciter plus de courant que cela et les constructeurs d'alimentation commençant à fabriquer des alimentations de 300 W voire plus, il devint de plus en plus courant que les connecteurs fondent car les contacts du connecteur principal surchauffaient sous la charge.

Afin d'augmenter la puissance de l'alimentation délivrée à la carte mère, Intel modifia la spécification ATX et ajouta un second connecteur d'alimentation auxiliaire destiné aux cartes mères ATX nécessitant une puissance élevée et les alimentations de 250 W ou plus. Si la carte mère peut sollici-

ter plus de 18 A de l'alimentation +3,3 V et/ou plus de 24 A de l'alimentation +5 V, le connecteur auxiliaire est nécessaire pour porter la charge supplémentaire. Cette puissance plus élevée est nécessaire pour les ordinateurs qui utilisent des alimentations de 250, 300 W ou plus.

Le connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches a donc été ajouté comme un dispositif de sécurité ou un palliatif aux spécifications de carte mère ATX 2.02/2.03 et à la spécification d'alimentation ATX12V 1.x pour les systèmes dans lesquels les demandes de courant +3,3 V et +5 V pouvaient excéder les 18 A et 24 A maximaux autorisés en utilisant uniquement le connecteur principal équipé de contacts standard. Ces conditions sont normalement remplies dans les systèmes nécessitant une alimentation délivrant en sortie 300 W ou plus. Le connecteur d'alimentation auxiliaire est un connecteur Molex 90331-0010 à six broches comparable aux connecteurs de carte mère utilisés sur les anciennes alimentations AT/LPX et destinés aux cartes mères Baby AT (voir Figure 16.24).

Figure 16.24
Connecteur d'alimentation auxiliaire ATX 2.02/2.03 et ATX12V 1.x.



Le Tableau 16.8 présente le brochage du connecteur auxiliaire.

Tableau 16.8 : Brochage du connecteur ATX auxiliaire

Broche	Signal	Couleur	Broche	Signal	Couleur
1	Masse	Noir	4	+3,3 V	Orange
2	Masse	Noir	5	+3,3 V	Orange
3	Masse	Noir	6	+5 V	Rouge

Chaque contact du connecteur d'alimentation auxiliaire a une capacité maximum de 5 A, soit un peu moins que celle du connecteur d'alimentation principale. En comptant le nombre de contacts pour chaque niveau de tension, vous pouvez calculer la capacité du connecteur, comme indiqué au Tableau 16.9.

Tableau 16.9 : Capacités d'alimentation maximales du connecteur auxiliaire à six broches

Volts	N° de broche	Watts
+3,3 V	2	33
+5 V	1	25
Total		58

Les contacts standard ont un ampérage de 5 A.
Ces chiffres supposent l'utilisation de fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

La capacité totale de ce connecteur est donc seulement de 58 W. Une tension plus élevée entraînera sa surchauffe.

L'utilisation du connecteur principal à 20 broches et du connecteur auxiliaire permet de fournir à la carte mère un maximum de 309 W.

Peu de cartes mères utilisent réellement ce connecteur, et peu de blocs d'alimentation en disposent. En règle générale, si une carte mère comprend ce connecteur, vous avez besoin d'une alimentation qui le possède également, mais si l'alimentation dispose de ce connecteur auxiliaire alors que la carte mère non, il peut alors ne pas être branché.

À partir de 2000, un nouveau connecteur supplémentaire représentant une meilleure solution que le connecteur auxiliaire fit son apparition sur les cartes mères et les alimentations. La spécification du facteur de forme des alimentations la plus récente a abandonné le connecteur auxiliaire, le rendant obsolète dans les systèmes modernes.

Connecteur d'alimentation principale ATX12V 2.x à 24 broches

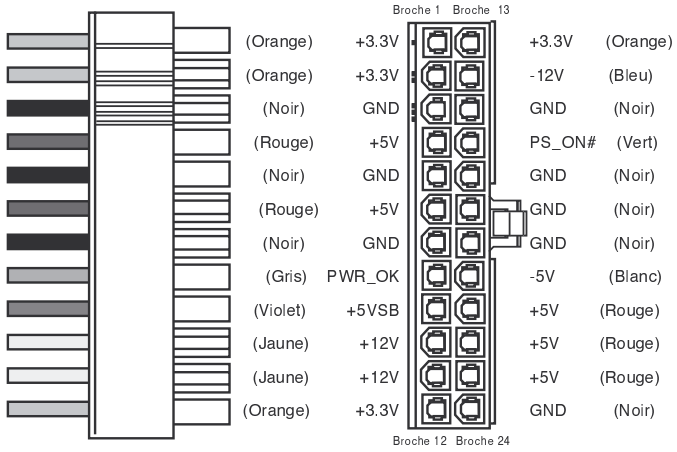
En juin 2004, un nouveau type de bus série comprenant des connecteurs standard dotés d'une seule ligne de communication a fait son apparition sur les cartes mères : le bus PCI-Express. Ces lignes, appelées connecteurs x1, sont conçues pour les cartes d'extension comme les cartes réseau ou les cartes son entre autres. Le bus PCI-Express dispose également d'un connecteur à plus large bande de 16 lignes (appelé connecteur x16) spécialement conçu pour les cartes graphiques. Mais les développeurs se sont rendus compte que les cartes graphiques PCI-Express x16 pouvaient solliciter plus de courant que ne pouvaient en fournir le connecteur d'alimentation principale à 20 broches et le connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches, en particulier pour ce qui est du courant +12 V.

Le problème était que le connecteur d'alimentation principale à 20 broches ne disposait que d'une seule broche +12 V, ce qui était insuffisant pour alimenter en toute sécurité ces nouvelles cartes graphiques. Comme nous le verrons dans la section suivante, le connecteur +12 V supplémentaire déjà existant était spécialement destiné à alimenter le processeur et n'était donc pas disponible pour d'autres périphériques. Plutôt que d'ajouter encore un autre connecteur auxiliaire comme précédemment, Intel décida finalement qu'il était temps d'améliorer le connecteur d'alimentation principale afin de fournir plus de puissance.

La spécification ATX12V 2.0, publiée en février 2003, apportait deux modifications majeures à la spécification ATX12V 1.x : un nouveau connecteur d'alimentation principale à 24 broches et l'abandon du connecteur d'alimentation auxiliaire à six broches. Les quatre broches supplémentaires du nouveau connecteur d'alimentation principale comprenaient des alimentations supplémentaires de +3,3 V, +5 V et +12 V ainsi qu'une masse, ce qui permettait de satisfaire les besoins en électricité des cartes graphiques PCI-Express (jusqu'à 75 W) et rendait également inutile le connecteur auxiliaire à six broches.

Le brochage du nouveau connecteur d'alimentation principale à 24 broches a commencé à être implémenté dans les cartes mères en 2004 (voir Figure 16.25).

Figure 16.25
Connecteur d'alimentation principale ATX12V 2.x à 24 broches.



Infos

Même si l'augmentation du nombre de broches sur le connecteur d'alimentation principale était en partie destinée à fournir plus de courant aux cartes graphiques PCI-Express, les 75 W disponibles directement par le connecteur PCIe x16 ne suffisent pas à de nombreuses cartes graphiques haut de gamme. C'est pourquoi ces cartes graphiques utilisent un ou plusieurs connecteurs d'alimentation supplémentaires pour alimenter la carte directement depuis le processeur.

Lorsque l'on examine cette illustration, il est important de garder à l'esprit que la broche 13 pourrait utiliser un second fil orange ou brun de +3,3 V pour que l'alimentation contrôle la régulation du courant 3,3 V. En outre, la broche 20 peut être N/C (non connectée) puisque le courant –5 V a disparu des spécifications ATX12V 2.01 et suivantes. Les alimentations sans connexion à la broche 20 ne doivent pas être utilisées avec les anciennes cartes mères qui contiennent des bus ISA.

Il est intéressant de noter que le connecteur à 24 broches n'est pas vraiment nouveau, puisque sa première apparition remonte à la spécification SSI EPS (*Server System Infrastructure Entry Power Supply*) publiée en 1998. L'acronyme SSI (**http://ssiforum.org/**) désigne une initiative visant à créer des interfaces standard pour les composants des serveurs, ce qui inclut les alimentations. Le connecteur d'alimentation principale à 24 broches a d'abord été créé pour les serveurs car, à l'époque, eux seuls nécessitaient autant de puissance. Plutôt que d'introduire un connecteur incompatible pour fournir la même puissance aux PC actuels que celle exigée par les serveurs plusieurs années auparavant, la norme ATX12V 2.0 a simplement intégré le connecteur à 24 broches déjà défini dans la norme SSI EPS.

Par rapport à la conception précédente de 20 broches, le connecteur d'alimentation principale à 24 broches inclut d'autres contacts +3,3 V, +5 V et +12 V, ce qui engendre une augmentation substantielle de la puissance fournie à la carte mère. Chaque contact du connecteur d'alimentation principale peut gérer une intensité de 6 A de courant. En comptant le nombre de contacts pour chaque

niveau de tension, vous pouvez calculer la capacité du connecteur, comme indiqué au Tableau 16.10.

Tableau 16.10 : Capacités maximales du connecteur d'alimentation principale à 24 broches

Volts	N° de broche	Contacts standard (W)	Contacts HCS (W)	Contacts Plus HCS (W)
+3,3 V	4	79,2	118,8	145,2
+5 V	5	150	225	275
+12 V	2	144	216	264
Total		373,2	559,8	684,2

Les contacts standard ont un ampérage de 6 A.
Les contacts HCS ont un ampérage de 9 A.
Les contacts Plus HCS ont un ampérage de 11 A.
Tous ces chiffres supposent que les connecteurs Mini-Fit Jr. utilisent des fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

Cela signifie que la capacité totale de ce connecteur est de 373 W avec des contacts standard et de 560 W avec des contacts HCS, ce qui est considérablement plus élevé que les 251 W disponibles avec le connecteur à 20 broches. Avec le connecteur principal à 24 broches principales et le connecteur d'alimentation +12 V à quatre broches, la puissance totale disponible pour la carte mère et le processeur s'élève à 565 W avec des contacts standard et 824 W avec des contacts HCS, ce qui est plus que suffisant pour prendre en charge les alimentations les plus puissantes existant actuellement, même si l'alimentation doit également alimenter les différents lecteurs de disques dans l'ordinateur.

Connecteurs d'alimentation du processeur

Le processeur est alimenté par un dispositif baptisé module de régulation de tension (*Voltage Regulator Module* ou VRM), qui est intégré à la plupart des cartes mères modernes. Ce module détecte quelle est la tension nécessaire au processeur (en général par l'intermédiaire de broches du processeur) et s'étalonne lui-même pour fournir la tension appropriée au bon fonctionnement du processeur. Un VRM est conçu pour fonctionner aussi bien avec une alimentation de +5 V qu'avec une alimentation de +12 V. Pendant des années, de nombreux VRM ont utilisé le courant +5 V, mais la plupart utilisent le courant +12 V depuis 2000 en raison des exigences inférieures à cette tension. En outre, d'autres périphériques sollicitaient l'alimentation +5 V, alors que seuls les moteurs des lecteurs utilisaient la tension +12 V avant 2000. Que le VRM sur votre carte utilise une alimentation +5 V ou +12 V dépend de la carte mère ou de la conception du régulateur. De nombreux régulateurs de tension récents sont conçus pour fonctionner sur une tension en entrée allant de +4 V à +36 V, de sorte qu'il appartient au concepteur de la carte mère de définir leur configuration.

Étudions par exemple le cas de la carte mère FIC (*First International Computer*) SD-11, qui utilise un régulateur de tension Semtech SC1144ABCSW pour diminuer la tension de l'alimentation +5 V et l'adapter aux besoins du processeur. Sur la quasi-totalité des cartes, la plupart des circuits des régulateurs de tension sont contrôlés par des puces Semtech (**http://www.semtech.com**) ou Linear Technology (**http://www.linear.com**). Vous pouvez visiter ces sites pour en savoir plus sur ces puces.

Cette carte mère acceptait un processeur Athlon 1 GHz en version cartouche (slot A) qui, selon AMD, nécessite une puissance d'alimentation maximum de 65 W et une tension nominale de 1,8 V, autrement dit 36,1 A de courant à cette tension (Volts × Ampères = Watts). Avec une alimentation +5 V, l'ampérage n'est que de 13 A, à supposer que le régulateur de tension soit efficace à 100 %, ce qui est impossible. Généralement, le régulateur de tension est efficace à 80 %, si bien que la charge effective du régulateur de tension et du processeur sur l'alimentation +5 V est de l'ordre de 16,25 A.

Souvenez-vous que d'autres circuits sur la carte mère utilisent également l'alimentation +5 V (les cartes ISA ou PCI par exemple), si bien qu'il est facile de surcharger les lignes +5 V de l'alimentation depuis la carte mère.

Bien que la plupart des VRM utilisaient le courant +5 V, les cartes mères étant équipées de processeurs postérieurs aux processeurs Pentium III, Athlon ou Duron, ils utilisent l'alimentation commutée +12 V. En effet, une tension plus élevée réduit sensiblement la charge. Avec le processeur AMD Athlon 1 GHz de notre exemple, les courants de charge seraient ceux indiqués au Tableau 16.11.

Tableau 16.11 : Courants de charge à différentes tensions

Watts	Volts	Ampères	Ampères avec un VRM efficace à 80 %
65	1,8	36,1	–
65	3,3	19,7	24,6
65	5,0	13,0	16,3
65	12,0	5,4	6,8

Comme vous pouvez le voir, l'utilisation du courant +12 V pour alimenter le processeur réduit le courant de charge à 5,4 A (ou à 6,8 A si le régulateur de tension est efficace à 80 %).

Par conséquent, modifier le circuit VRM de la carte mère pour qu'il utilise l'alimentation +12 V semble simple. Mais nous avons vu que le connecteur d'alimentation principale de la spécification ATX 2.03 ne contient qu'une seule alimentation +12 V. Quant au connecteur auxiliaire, il ne disposait pas du tout d'alimentation +12 V et ne pouvait être d'aucune aide. Avec une intensité de 8 A sur un câble unique de 1,02 mm de diamètre fournissant du courant +12 V à la carte mère, le connecteur fond puisque les contacts du connecteur ATX principal n'ont qu'une capacité de 6 A. Une autre solution était donc nécessaire.

Guide de compatibilité des plates-formes

Le processeur contrôle directement la quantité de courant consommée par le connecteur +12 V. Les cartes mères modernes sont conçues pour prendre en charge un large éventail de processeurs, mais comme la consommation électrique des processeurs a augmenté, en particulier pour les puces haut de gamme, le circuit de régulation de la tension d'une carte mère en particulier peut ne pas avoir été conçu pour fournir une puissance suffisante à tous les processeurs que la carte peut recevoir. Pour éliminer les problèmes d'alimentation potentiels pouvant entraîner des blocages intermittents, voire même causer des dommages sur certains composants ou circuits, Intel a créé une norme d'alimentation appelée "Guide de compatibilité des plates-formes" (GCP ou PCG, *Platform Compatibility Guide*). Le GCP est indiqué sur l'emballage des processeurs et des cartes mères Intel vendus au détail. Il est conçu pour que les assembleurs puissent facilement connaître les besoins en électricité d'un processeur et s'assurer que la carte mère est capable de répondre à ces exigences.

Le GCP se caractérise par une valeur alphanumérique de deux ou trois caractères (05A, par exemple), dans laquelle les deux premiers chiffres représentent l'année de publication de la spécification et le troisième caractère facultatif indique le segment de marché. Les désignations GCP dont le troisième caractère est un A s'utilisent pour les cartes mères et les processeurs d'entrée de gamme (nécessitant moins de puissance), tandis que celles dont le troisième caractère est un B s'utilisent pour les cartes mères et les processeurs haut de gamme (nécessitant plus de puissance). Les cartes mères qui prennent en charge les processeurs haut de gamme par défaut prennent également en charge les processeurs d'entrée de gamme, mais l'inverse n'est pas vrai. Ainsi, vous pouvez installer un processeur avec la spécification GCP 05A dans une carte mère dont la spécification est GCP 05B, mais si vous installez un processeur 05B dans une carte mère 05A, des problèmes d'alimentation surviendront. En d'autres termes, vous pouvez toujours installer un processeur consommant peu d'électricité dans une carte mère pouvant fournir une plus grande puissance, mais pas l'inverse.

Bien que les chiffres du GCP aient été spécifiquement conçus pour s'appliquer à la carte mère et au processeur, ils peuvent également être utilisés pour préciser les besoins d'alimentation minimaux. Le Tableau 16.2 indique les désignations GCP et les puissances d'alimentation recommandées qui leur sont associées.

Tableau 16.12 : Recommandations du Guide de compatibilité des plates-formes Intel pour le connecteur d'alimentation +12 V

Désignation GCP	Année de publication	Gamme	Spécification d'alimentation du processeur	Ampérage moyen	Ampérage maximum
06	2006	Toutes	65 W	8 A	13 A
04A	2004	Entrée de gamme	84 W	13 A	16,5 A
05A	2005	Entrée de gamme	95 W	13 A	16,5 A
04B	2004	Haut de gamme	115 W	13 A	16,5 A
05B	2005	Haut de gamme	130 W	16 A	19 A

L'alimentation doit être en mesure de fournir le courant maximum durant 10 ms au moins.

Choisir une alimentation dont le connecteur +12 V offre le minimum requis en sortie garantit le bon fonctionnement du système.

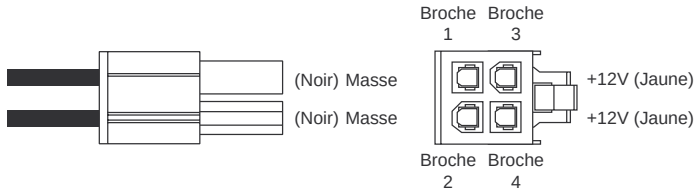
Connecteur d'alimentation du processeur +12 V à quatre broches

Pour fournir plus de courant +12 V à la carte mère, Intel a créé la spécification d'alimentation ATX12V. Elle intègre un troisième connecteur d'alimentation, appelé le connecteur +12 V, destiné spécialement à fournir un courant +12 V supplémentaire à la carte. Le connecteur d'alimentation +12 V à quatre broches est défini pour toutes les alimentations conformes au facteur d'encombrement ATX12V et se compose d'un connecteur Molex Mini-Fit Jr. femelle. À titre de référence, Molex désigne officiellement ce connecteur comme l'élément 39-01-2040 et les contacts comme l'élément 5556. C'est le même type de connecteur que le connecteur d'alimentation principale ATX, mais il contient moins de broches.

Ce connecteur dispose de broches d'alimentation +12 V de 8 A chacune avec des contacts standard (jusqu'à 11 A chacune avec des contacts HCS), soit un maximum de 16 A supplémentaires fournis à la carte mère pour un total de 22 A de courant +12 V en tenant compte du connecteur principal à 20 broches. Le connecteur +12 V à quatre broches est illustré à la Figure 16.26.

Figure 16.26

Connecteur d'alimentation du processeur +12 V à quatre broches.



Le brochage du connecteur d'alimentation +12 V à quatre broches est indiqué au Tableau 16.13.

Tableau 16.13 : Brochage du connecteur d'alimentation +12 V à 4 broches

Couleur	Signal	Broche	Broche	Signal	Couleur
Jaune	+12 V	3	1	Masse	Noir
Jaune	+12 V	4	2	Masse	Noir

Chaque broche du connecteur +12 V a une capacité maximale de 8 A avec des contacts standard, de 11 A avec des contacts HCS et de 12 A avec des contacts Plus HCS. Même si la conception de ce connecteur est identique et qu'il utilise les mêmes contacts que le connecteur d'alimentation principale, l'ampérage par contact est plus élevé sur ce connecteur à quatre broches que sur les 20 broches du connecteur principal car le nombre de contacts est plus réduit. En comptant le nombre de contacts pour chaque niveau de tension, vous pouvez calculer la capacité du connecteur, comme indiqué au Tableau 16.14.

Tableau 16.14 : Capacité maximale du connecteur d'alimentation +12 V à 4 broches

Volts	N° de broche	Contacts standard (W)	Contacts HCS (W)	Contacts Plus HCS (W)
+12 V	2	192	264	288

Les contacts standard ont un ampérage de 8 A.
Les contacts HCS ont un ampérage de 11 A.
Les contacts Plus HCS ont un ampérage de 12 A.
Tous ces chiffres supposent que les connecteurs Mini-Fit Jr. utilisent des fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

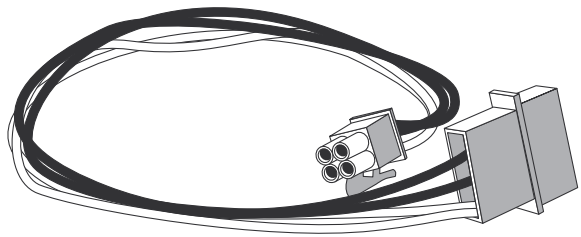
Cela signifie que la capacité totale de ce connecteur est de 192 W avec des contacts standard. Cette puissance est disponible et utilisée uniquement par le processeur. Dépasser cette capacité entraîne la surchauffe du connecteur, à moins d'utiliser des contacts HCS ou Plus HCS.

L'addition du connecteur principal à 20 broches et du connecteur +12 V à quatre broches permet de fournir une capacité maximale de 443 W à la carte mère (en utilisant des contacts standard). Il est important de noter que l'apport du connecteur +12 V offre la possibilité de prendre en charge des alimentations de 500 W ou plus, sans surcharger ni risquer la fonte des connecteurs.

Adaptateurs pour le connecteur d'alimentation du processeur +12 V à quatre broches

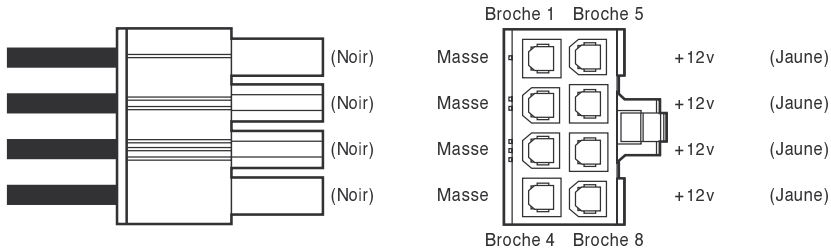
Si vous installez une nouvelle carte mère dans un ordinateur qui ne possède pas de connexion +12 V pour le régulateur de tension du processeur, l'utilisation d'adaptateurs semble constituer la solution la plus simple. Cependant, elle présente certains défauts. Les adaptateurs disponibles permettent de convertir l'alimentation fournie par les connecteurs de périphériques supplémentaires présents dans la plupart des ordinateurs en connecteurs de type +12 V à quatre broches. Mais le connecteur +12 V à quatre broches dispose de deux contacts +12 V, tandis que les connecteurs de périphériques n'en contiennent qu'un. Si l'adaptateur utilise un seul connecteur de périphériques +12 V pour alimenter les deux broches +12 V du connecteur +12 V, un grave déséquilibre de puissance peut se produire. Comme l'ampérage nominal des contacts du connecteur de périphériques n'est que de 11 A, tandis que chaque contact du connecteur +12 V a un ampérage maximum de 11 A, les connecteurs de périphériques peuvent fondre si l'intensité totale dépasse 11 A. La capacité est donc inférieure aux besoins électriques maximaux recommandés par le Guide de compatibilité des plates-formes (**www.formfactors.org**), ce qui signifie que ces adaptateurs ne sont pas conformes aux normes les plus récentes. Si on part de l'hypothèse qu'un VRM de carte mère (le module de régulation de la tension) a une efficacité de 80 %, un courant de charge de 105 W de la part du processeur équivaudrait environ à 11 A, soit la limite absolue du connecteur. Comme la plupart des processeurs sollicitent par intermittence une puissance supérieure à leur puissance nominale, il semble déconseillé d'utiliser ces adaptateurs avec un processeur exigeant plus de 75 W, ce qui exclut la plupart des processeurs multicœurs de moyenne gamme et de haut de gamme. La Figure 16.27 illustre un exemple d'adaptateur +12 V.

Figure 16.27
Adaptateur +12 V



Les connecteurs d'alimentation de processeur +12 V à huit broches sur les cartes mères haut de gamme utilisent souvent plusieurs régulateurs de tension pour alimenter le processeur. Pour répartir la charge entre les régulateurs de tension supplémentaires, ces cartes peuvent utiliser deux connecteurs +12 V à quatre broches qui se présentent sous la forme d'un seul connecteur à huit broches (voir Figure 16.28). Ce type de connecteur d'alimentation de processeur a été défini pour la première fois dans la spécification d'alimentation EPS12V version 1.6 publiée en l'an 2000. Bien que cette spécification soit destinée aux serveurs, l'augmentation de puissance des processeurs PC a entraîné l'apparition de ce connecteur sur les cartes mères des ordinateurs de bureau.

Figure 16.28
Connecteur d'alimentation du processeur +12 V à 8 broches.



Le brochage du connecteur d'alimentation +12 V à huit broches est indiqué au Tableau 16.15.

Tableau 16.15 : Brochage du connecteur d'alimentation +12 V à 8 broches

Couleur	Signal	Broche	Broche	Signal	Couleur
Jaune	+12 V	5	1	Masse	Noir
Jaune	+12 V	6	2	Masse	Noir
Jaune	+12 V	7	3	Masse	Noir
Jaune	+12 V	8	4	Masse	Noir

Les cartes mères qui utilisent un connecteur d'alimentation de processeur +12 V à huit broches doivent avoir des signaux connectés à l'ensemble des huit broches pour que les régulateurs de tension fonctionnent correctement. Bien qu'un seul connecteur d'alimentation +12 V à quatre broches puisse convenir (avec un décalage d'un côté ou de l'autre), seule la moitié seulement des régulateurs

de tension peut fonctionner, ce qui peut causer des dommages à la carte mère et/ou au processeur. Si votre carte mère possède un connecteur d'alimentation de processeur +12 V à huit broches, vous devez installer une alimentation qui dispose d'un connecteur à huit broches correspondant ou utiliser un adaptateur pour transformer le connecteur à quatre broches de l'alimentation en connecteur à huit broches pour la carte mère.

Adaptateurs d'alimentation +12 V quatre broches-huit broches

Si votre alimentation ne possède pas de connecteur d'alimentation de processeur +12 V à huit broches, vous pouvez utiliser un adaptateur pour transformer un connecteur à quatre broches en connecteur à huit broches. La Figure 16.29 illustre un exemple de ces adaptateurs.

Figure 16.29
Adaptateur d'alimentation +12 V 4 broches-8 broches.

Des adaptateurs offrant la fonction inverse sont également disponibles afin de convertir un connecteur d'alimentation de processeur à huit broches en connecteur à quatre broches. Toutefois, ils ne sont pas toujours nécessaires car il est possible de brancher un connecteur d'alimentation à huit broches dans un connecteur à quatre broches sur la carte mère en décalant simplement le connecteur d'un côté lors du branchement. Ce type d'adaptateur est uniquement nécessaire lorsqu'un composant de la carte mère empêche physiquement de brancher le connecteur en position décalée.

Compatibilité ascendante et descendante

Si vous avez atteint ce point, vous vous posez sans doute certaines questions. Par exemple, que se passe-t-il si vous achetez une nouvelle alimentation disposant d'un connecteur d'alimentation principale à 24 broches, mais que le connecteur d'alimentation principale de votre carte mère ne dispose lui que de 20 broches ? Et qu'en est-il de la situation inverse ? Les réponses à ces questions sont pour le moins surprenantes.

Avant toute chose, rappelons que s'il existe des adaptateurs convertissant un connecteur à 24 broches en connecteur à 20 broches, et *vice versa*, l'utilisation de ces adaptateurs n'est généralement pas nécessaire, ni même souhaitable. À la vérité, les connecteurs, les alimentations et les cartes mères ont été conçus pour être compatibles dès le début.

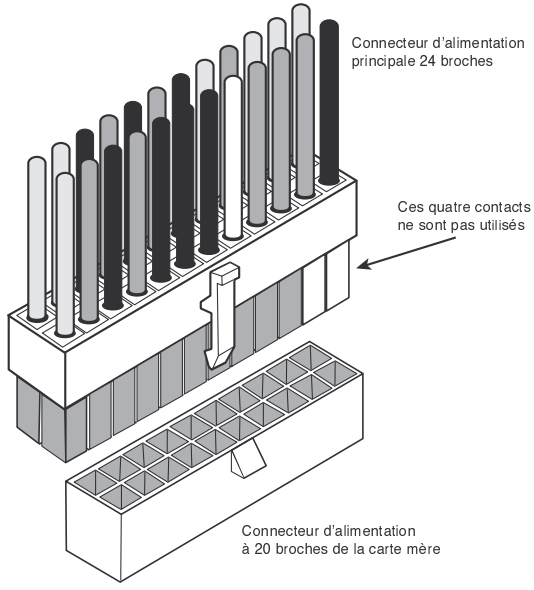
Si vous observez le brochage d'un connecteur d'alimentation principale à 24 broches et le comparez à la conception du connecteur à 20 broches, vous verrez que les quatre broches supplémentaires sont

toutes placées à une des extrémités du connecteur et que toutes les autres broches sont au même emplacement sur les deux. La conception de ces connecteurs permet en grande partie une compatibilité ascendante, si bien que vous pouvez directement brancher un connecteur principal à 24 broches sur le connecteur à 20 broches de la carte mère (et *vice versa*), sans utiliser d'adaptateur. L'astuce consiste à positionner le connecteur de telle sorte que les quatre broches supplémentaires soient vides. Seule la conception du loquet de verrouillage peut éventuellement empêcher que le connecteur se branche et fonctionne correctement.

La Figure 16.30 montre la façon de brancher le connecteur à 24 broches d'une nouvelle alimentation sur le connecteur à 20 broches d'une carte mère. Les contacts du connecteur à 24 broches indiqués en gris se branchent directement dans les 20 broches, tandis que les terminaux du contact blanc restent libres et non connectés.

Figure 16.30

Le branchement d'un connecteur d'alimentation principale à 24 broches au connecteur à 20 broches d'une carte mère.



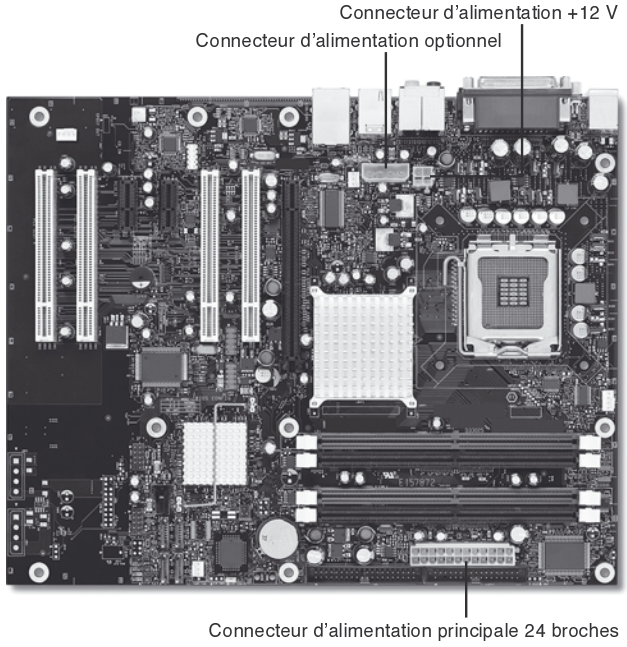
Cela fonctionne car les 20 premières des 24 broches qui correspondent aux 20 broches du connecteur de la carte mère utilisent les mêmes signaux aux mêmes emplacements. Seule la présence éventuelle de composants placés directement à côté de la fin du connecteur à 20 broches sur la carte mère peut poser problème si ces composants ne laissent pas suffisamment de place pour les quatre contacts supplémentaires non utilisés du connecteur à 24 broches.

Qu'en est-il de la situation inverse, lorsque le connecteur de votre nouvelle carte mère dispose de 24 broches mais que votre alimentation ne dispose que d'un connecteur à 20 broches ? Dans ce cas, les quatre contacts à l'extrémité du connecteur de la carte mère ne sont pas connectés. Cela fonctionne également car 20 broches des deux connecteurs sont identiques. Mais cet exemple soulève une autre question : est-ce que la carte mère fonctionnera correctement sans les broches d'alimenta-

tion supplémentaires ? Comme les signaux supplémentaires ne sont que des broches de tension additionnels déjà présents dans la partie restante du connecteur, la réponse devrait être affirmative, mais si la carte mère sollicite beaucoup de puissance électrique, une surcharge peut alors se produire sur les autres broches. Après tout, la prévention des surcharges est la raison première pour laquelle des broches supplémentaires ont été ajoutées.

Heureusement, même ce problème a été résolu. Toutes les cartes mères qui utilisent un connecteur d'alimentation principale à 24 broches possèdent également un connecteur d'alimentation de périphériques supplémentaire (destiné au lecteur de disque) conçu pour fournir la puissance manquante lorsque l'alimentation utilise un connecteur d'alimentation principale à 20 broches. La documentation de la carte mère indique qu'il s'agit d'un connecteur d'alimentation optionnel. La Figure 16.31 illustre une carte mère Intel D925XBC, qui dispose du connecteur principal à 24 broches, du connecteur +12 V à quatre broches et de connecteurs d'alimentation à quatre broches optionnels.

Figure 16.31
Connecteurs d'alimentation de la carte mère Intel D925XBC.



Peu importe si vous vous branchez un connecteur à 20 ou 24 broches, le connecteur d'alimentation +12 V est toujours nécessaire puisqu'il alimente le processeur. Si vous branchez également un connecteur d'alimentation principale à 24 broches sur le connecteur à 24 broches de la carte mère, le connecteur d'alimentation optionnel n'est pas nécessaire. Par contre, vous pouvez brancher un connecteur d'alimentation principale à 20 broches sur le connecteur d'alimentation principale à 24 broches de la carte mère et ensuite sélectionner un connecteur d'alimentation de périphériques non

utilisé (disque dur) sur l'alimentation et le brancher sur le connecteur d'alimentation optionnel. La plupart des alimentations proposent plusieurs connecteurs d'alimentation de périphériques pour la prise en charge de lecteurs additionnels. L'utilisation d'un connecteur d'alimentation principale à 20 broches et du connecteur d'alimentation optionnel satisfait aux exigences de la carte mère et de toute carte graphique PCI-Express x16, qui peuvent alors disposer d'un maximum de 75 W.

Vous devez tout de même être prudent lorsque vous branchez des connecteurs différents l'un de l'autre, afin d'effectuer le décalage correctement. L'alimentation principale, +12 V, et les cartes graphiques PCI-Express utilisent toutes des connecteurs de type Molex Mini-Fit Jr. mais ceux-ci disposent de détrompeurs en plastique de forme différente autour des contacts qui correspondent aux prises femelles des connecteurs correspondants. Ces détrompeurs sont destinés à empêcher que l'on branche ensemble les mauvais connecteurs ou que l'on effectue mal le décalage des broches. Cependant, ces détrompeurs posent deux problèmes. Le premier vient des connecteurs de moins bonne qualité qui présentent une plus grande tolérance d'erreur que les connecteurs Molex originaux, si bien qu'il est parfois possible de réaliser des branchements inappropriés. L'autre problème est que le branchement peut tout de même être effectué si l'on utilise suffisamment de force, même avec les connecteurs de bonne qualité. Comme le branchement d'un connecteur à 20 broches sur un connecteur à 24 broches (et *vice versa*) est censé fonctionner même si les connecteurs ne correspondent pas tout à fait, vous devez vous assurer que les décalages sont corrects ou vous risquez d'endommager la carte lors de sa mise sous tension.

Conception ATX propriétaire de Dell

Si vous possédez un ordinateur de bureau Dell fabriqué entre 1996 et 2000, lisez attentivement cette section. Il y a un piège caché qui peut entraîner la destruction de la carte mère, de l'alimentation ou des deux, si vous décidez de les faire évoluer.

Si vous avez déjà lu une des éditions précédentes de cet ouvrage, vous savez que nous recommandons de ne pas acheter d'ordinateur qui ne soit équipé d'une carte mère, d'une alimentation et d'un châssis standard (comme l'ATX) et d'éviter les systèmes propriétaires comme Packard Bell, Compaq, IBM, etc. qui emploient des composants personnalisés, uniques ou propriétaires. Sur un système Packard Bell, par exemple, les systèmes LPX ne sont pas standard. En outre, les différences de la carte élévatrice rendent impossible toute interchangeabilité des cartes mères, cartes élévatrices, châssis et alimentation. Pour faire évoluer un tel ordinateur, il faut le remplacer. À l'inverse, sur des systèmes équipés uniquement de pièces standard, vous pouvez faire évoluer, entretenir ou réparer le système facilement et à moindre coût.

Pour éviter les composants propriétaires, il existe plusieurs solutions : l'une d'entre elles consiste à construire votre propre ordinateur, mais elle est souvent plus chère et plus longue que l'acquisition d'un système déjà construit. Quels systèmes peut-on recommander à ceux qui souhaitent acheter un tel système utilisant des composants standard sans se ruiner et que l'on puisse faire évoluer ou réparer ? Même s'il existe de nombreux distributeurs et assembleurs, notre choix s'oriente vers Gateway, MPC Computers (anciennement MicronPC) et Dell. En fait, ce sont les trois plus grands

fabricants d'ordinateurs en vente directe. Les systèmes qu'ils proposent sont essentiellement équipés de composants du facteur d'encombrement standard ATX.

Il semble toutefois que, après septembre 1998, Dell ait renoncé à la standardisation et ait commencé à utiliser des cartes mères ATX modifiées spécialement par Intel avec des connecteurs d'alimentation dont le câblage était personnalisé. Le fabricant a inévitablement ajouté des alimentations personnalisées, reproduisant le brochage non standard des connecteurs d'alimentation de la carte mère.

En fait, seul le brochage est non standard : les connecteurs ressemblent à ceux de la norme ATX et ont le même brochage. Rien ne vous empêche donc de brancher l'alimentation Dell non standard sur une nouvelle carte mère ATX standard installée dans le châssis Dell ou de brancher une nouvelle alimentation ATX standard dans une carte mère Dell existante. Mais si vous mélangez une nouvelle carte ATX et une alimentation Dell ou une nouvelle alimentation ATX et une carte Dell, vous obtiendrez un toast au silicium. À vous de voir si vous les aimez plus ou moins grillés…

Il est étonnant que ce problème n'ait pas fait davantage de bruit, d'autant que Dell vend énormément d'ordinateurs. Quoi qu'il en soit, nous souhaitions vous faire part de cette information pour éviter que des milliers de cartes mères et d'alimentation ne grillent juste après leur installation, à moins bien sûr que vous ne soyez suffisamment prévoyant pour vérifier le code couleur des câbles ou le brochage des connecteurs "pseudo-ATX" de Dell à l'aide d'un voltmètre avant de changer l'alimentation.

L'explication officielle de Dell à cette absence de conformité au standard ATX est la suivante : "Au milieu des années 1990, les cartes mères ont commencé à employer davantage de composants alimentés en courant 3,3 V. Les ingénieurs de Dell ont alors conçu un connecteur prévu pour supporter une utilisation plus importante de la tension de 3,3 V. Si ce connecteur est différent du connecteur standard, c'est parce que nous pensions qu'il serait plus robuste." Malheureusement, cette explication n'est guère convaincante car le connecteur ATX standard incorporait déjà trois broches d'alimentation 3,3 V, ce qui correspondait à une intensité de 18 A. L'ajout du connecteur auxiliaire a permis de disposer de deux broches supplémentaires, soit 10 A de plus. Or, le connecteur auxiliaire du standard pseudo-ATX de Dell ne comprenait que trois broches de 3,3 V et ne pouvait donc délivrer que 15 A à la carte mère. À lui seul, le connecteur ATX principal délivrait plus de courant 3,3 V que les deux connecteurs de Dell !

Il apparaît que la seule raison pour laquelle Dell utilise des brochages de connecteurs uniques est de contraindre les utilisateurs à acheter leurs cartes mères et alimentations de remplacement chez elle. Le pire est que les systèmes Dell sont équipés de cartes Intel comparables à celles des principaux constructeurs, comme Gateway et MicronPC. Elles sont identiques, à l'exception des connecteurs d'alimentation.

Les Tableaux 16.16 et 16.17 montrent les connexions d'alimentation principale et auxiliaire non standard Dell. Ce câblage non standard est utilisé sur les ordinateurs pseudo-ATX de Dell.

Tableau 16.16 : Brochage du connecteur d'alimentation principale ATX propriétaire de Dell (vue latérale du câblage)

Couleur	Signal	Broche	Broche	Signal	Couleur
Gris	PS_ON	11	1	+5 V	Rouge
Noir	Masse	12	2	Masse	Noir
Noir	Masse	13	3	+5 V	Rouge
Noir	Masse	14	4	Masse	Noir
Blanc	–5 V	15	5	Power_Good	Orange
Rouge	+5 V	16	6	+5 VSB (Standby)	Violet
Rouge	+5 V	17	7	+12 V	Jaune
Rouge	+5 V	18	8	–12 V	Bleu
KEY	–	19	9	Masse	Noir
Rouge	+5 V	20	10	Masse	Noir

Tableau 16.17 : Brochage du connecteur d'alimentation auxiliaire ATX (non standard) propriétaire Dell

Broche	Signal	Couleur	Broche	Signal	Couleur
1	Masse	Noir	4	+3,3	Bleu/Blanc
2	Masse	Noir	5	+3,3	Bleu/Blanc
3	Masse	Noir	6	+3,3	Bleu/Blanc

Si l'on compare les brochages des connecteurs principal et auxiliaire Dell à ceux des brochages standard listés précédemment, on remarque que les tensions, les positions des signaux et le nombre de broches transportant des tensions et masses spéciales sont différents. Il est possible de modifier l'alimentation Dell pour qu'elle fonctionne sur une carte ATX ou de modifier l'alimentation standard ATX pour qu'elle fonctionne avec une carte Dell, mais les travaux que cela implique ne sont pas justifiés.

La liste suivante regroupe les ordinateurs Dell connus pour proposer ce câblage de connecteur non standard :

Dimension 2100	Dimension XPS Mxxx	OptiPlex GX115
Dimension 4100	Dimension XPS P133c MT	OptiPlex GX300
Dimension B1000R	Dimension XPS Pro 180n	OptiPlex GXa
Dimension L Series	Dimension XPS Rxxx	OptiPlex GXi
Dimension V350	Dimension XPS Txxx	Power Edge 2100
Dimension V400	OptiPlex G1	Power Edge 2200
Dimension XPS B Series	OptiPlex GX1	Precision Workstation 210
Dimension XPS Dxxx	OptiPlex GX110	Precision Workstation 400

Si vous souhaitez faire évoluer la carte mère d'un de ces ordinateurs Dell, une solution simple s'offre à vous : remplacez à la fois la carte mère et l'alimentation par des composants ATX standard. Vous évitez ainsi les grillades et disposez d'un vrai système ATX standard. Si vous ne voulez remplacer que la carte mère, vous devrez l'acheter chez Dell. Par contre, si vous remplacez l'alimentation, il existe une autre solution. La société PC Power and Cooling, Inc. (**www.pcpower.com**) propose plusieurs alimentations avec le câblage Dell modifié. Notez que les circuits internes sont identiques aux alimentations ATX standard et que seuls le nombre et la disposition des fils changent.

Fort heureusement, depuis l'année 2000, Dell emploie de nouveau des connexions ATX standard dans ses ordinateurs Dimension 4300, 4400, 8200 et dans ses modèles plus récents. Ces ordinateurs devraient donc être plus faciles à mettre à niveau puisqu'il suffira en principe de remplacer la carte mère ou l'alimentation. On peut se réjouir que Dell se conforme de nouveau aux standards. Ses ordinateurs sont aujourd'hui plus intéressants pour l'utilisateur qui souhaite pouvoir mettre à niveau et réparer sa machine dans le futur.

Malheureusement, certains des nouveaux systèmes Dell XPS utilisent des facteurs d'encombrement d'alimentation propriétaires, ce qui vous empêche de la remplacer par une alimentation répondant aux normes. Pour conclure, nous vous recommandons, de vérifier que l'ordinateur que vous achetez utilise un facteur d'encombrement d'alimentation standard, tant au niveau de sa forme physique que des connecteurs.

Connecteurs d'alimentation supplémentaires

Outre les connecteurs d'alimentation de la carte mère, on trouve une grande variété de connecteurs de périphériques qui alimentent tout, des lecteurs de disquettes ou de disque dur jusqu'aux ventilateurs de châssis. Les sections suivantes traitent des différents types de connecteurs que l'on rencontre dans les ordinateurs.

Connecteurs d'alimentation de périphériques

Le connecteur d'alimentation le plus courant est sans doute le *connecteur d'alimentation de périphériques*, également appelé connecteur d'alimentation de disque dur. Ce connecteur a été créé à l'origine par AMP et fait partie de la série de connecteurs MATE-N-LOK.

Pour déterminer l'emplacement de la broche 1, vous pouvez examiner le connecteur. Il comprend en principe des inscriptions gravées dans le plastique, mais ces inscriptions sont généralement minuscules et difficiles à lire. Fort heureusement, ces connecteurs utilisent des fils colorés, et il est par conséquent très facile de les connecter correctement. La Figure 16.32 présente les couleurs utilisées pour coder les différentes broches sur un grand connecteur d'alimentation de lecteur.

Ce type de connecteur se trouve sur toutes les alimentations des PC, des IBM PC aux ordinateurs actuels. Il est surtout connu pour être un connecteur d'alimentation de disque dur, mais il peut éga-

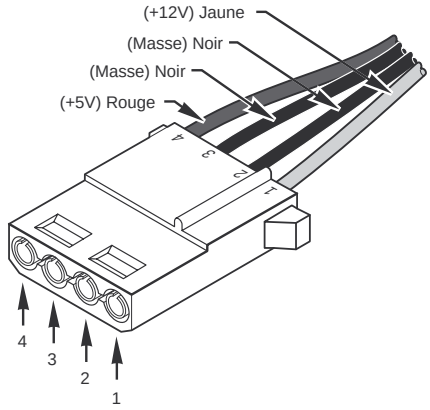


Figure 16.32
Connecteur d'alimentation de périphérique.

lement être utilisé dans certains systèmes pour fournir une alimentation supplémentaire à la carte mère, la carte graphique, les ventilateurs ou tout composant qui utilise un courant de +5 V et +12 V.

Un connecteur d'alimentation périphérique dispose de quatre broches et de contacts arrondis espacés de 0,5 cm, et de 11 A par broche. Comme le connecteur ne propose qu'une seule broche +12 V et une seule broche +5 V (les deux autres broches étant des masses), la capacité maximum du connecteur de périphériques est de 187 W. La prise a une largeur de 2,11 cm, ce qui permet de l'utiliser avec des lecteurs et des périphériques de plus grande taille.

Le Tableau 16.18 présente le brochage et la couleur des fils d'un connecteur d'alimentation de périphérique.

Tableau 16.18 : Brochage d'un connecteur d'alimentation de périphérique (grand connecteur de lecteur)

Broche	Signal	Couleur	Broche	Signal	Couleur
1	+12 V	Jaune	3	Masse	Noir
2	Masse	Noir	4	+5 V	Rouge

Connecteurs d'alimentation de lecteur de disquettes

Lorsque les premiers lecteurs de disquettes 3 pouces 1/2 apparurent dans les PC au milieu des années 1980, il devint clair qu'un connecteur d'alimentation plus petit était nécessaire. AMP créa le connecteur connu aujourd'hui comme le connecteur d'alimentation de lecteur de disquettes. Ces connecteurs, maintenant utilisés avec tous les types de lecteurs et périphériques de petite taille, possèdent les mêmes broches (+12 V, +5 V et masses) que le grand connecteur d'alimentation de périphérique. Le connecteur d'alimentation de disquette possède quatre broches espacées de 2,5 mm, si bien que la largeur hors tout de ce connecteur est inférieure de moitié à celle du grand connecteur d'alimentation de périphérique. Les broches ont une capacité de 2 A chacune seulement, pour une capacité maximale de 34 W.

Le Tableau 16.19 montre le brochage du petit connecteur d'alimentation d'un lecteur de disquettes.

Tableau 16.19 : Brochage d'un connecteur d'alimentation de lecteur 3 pouces 1/2 (petit connecteur de lecteur)

Broche	Signal	Couleur	Broche	Signal	Couleur
1	+5 V	Rouge	3	Masse	Noir
2	Masse	Noir	4	+12 V	Jaune

Le brochage et les couleurs de fils des connecteurs d'alimentation de périphérique et de lecteur de disquettes sont universels. La Figure 16.33 montre les connecteurs d'alimentation du lecteur de disquettes et de périphériques.

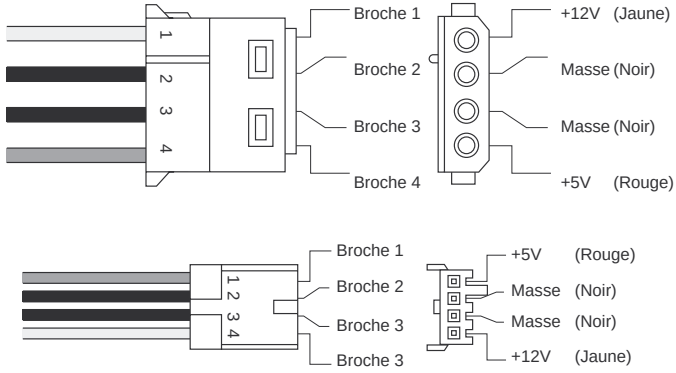


Figure 16.33
Connecteurs d'alimentation de périphérique et du lecteur de disquettes.

Notez que le nombre de broches et les tensions sont inversés entre les deux connecteurs. Prenez-y garde si vous concevez ou utilisez un câble adaptateur d'un type de connecteur à l'autre. Si vous inversez les fils rouge et jaune, vous grillerez le lecteur ou le périphérique.

Les anciennes alimentations ne disposaient que de deux grands connecteurs de lecteur, actuellement appelés connecteurs de périphériques. Les alimentations plus récentes sont équipées de quatre grands connecteurs de périphériques (lecteur), voire plus, et d'un ou de deux petits connecteurs pour le lecteur de disquettes 3 pouces 1/2. Selon leur puissance et leur utilisation, certaines alimentations ont jusqu'à huit connecteurs de périphériques/lecteurs.

Si vous ajoutez des lecteurs et que vous deviez disposer de connecteurs d'alimentation de lecteur supplémentaires, vous trouverez chez de nombreux fournisseurs de matériel informatique des câbles répartiteurs en Y (voir Figure 16.34) ainsi que des adaptateurs de connecteur grand/petit (voir Figure 16.35). Ces câbles permettent de brancher un connecteur pour alimenter deux lecteurs ou de convertir un grand connecteur en un petit. Si vous utilisez plusieurs adaptateurs en Y, vérifiez que la sortie de l'alimentation supporte la puissance supplémentaire.

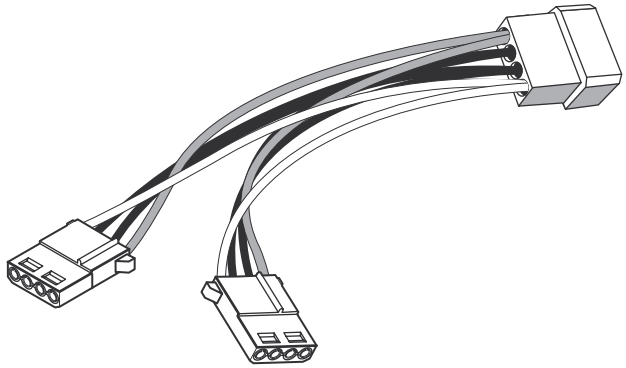


Figure 16.34
Câble d'alimentation avec adaptateur en Y classique.

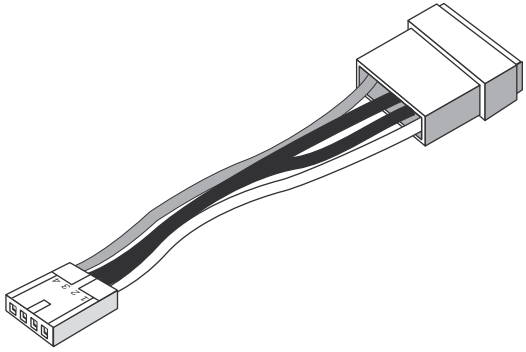


Figure 16.35
Câble adaptateur d'alimentation périphérique à lecteur.

Connecteurs d'alimentation Serial ATA

Si vous souhaitez ajouter des lecteurs Serial ATA, vous devez disposer d'une nouvelle alimentation qui comprend un connecteur d'alimentation Serial ATA (SATA). Le connecteur d'alimentation SATA est un connecteur spécial de 15 broches alimenté par cinq fils seulement, ce qui signifie que trois broches sont reliées directement à chaque fil. La largeur hors tout est à peu près la même que celle du connecteur d'alimentation de périphérique, mais le connecteur SATA est nettement plus mince.

Toutes les spécifications du facteur d'encombrement des alimentations les plus récentes rendent obligatoires les connecteurs d'alimentation SATA pour les systèmes qui prennent en chargent la norme SATA. La Figure 16.36 illustre un connecteur d'alimentation Serial ATA.

Dans le connecteur d'alimentation SATA, chaque fil est relié à trois broches, si bien que la numérotation des fils n'est pas la même que celle des contacts, ce qui peut créer une certaine confusion.

Si votre alimentation ne dispose pas de SATA, vous pouvez utiliser un adaptateur pour convertir un connecteur d'alimentation de périphérique standard en connecteur d'alimentation SATA. Toutefois, ces adaptateurs ne comprennent pas d'alimentation +3,3 V. Heureusement, ce n'est pas un problème

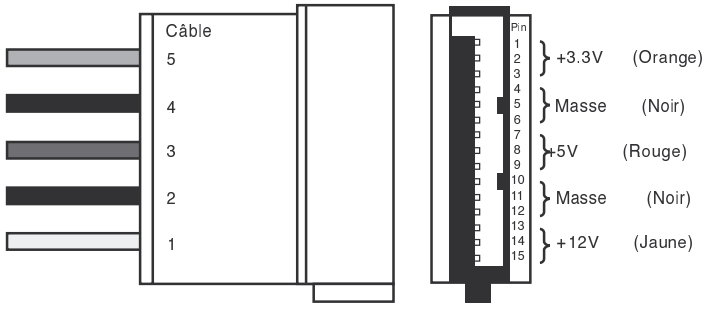


Figure 16.36
Un connecteur d'alimentation Serial ATA.

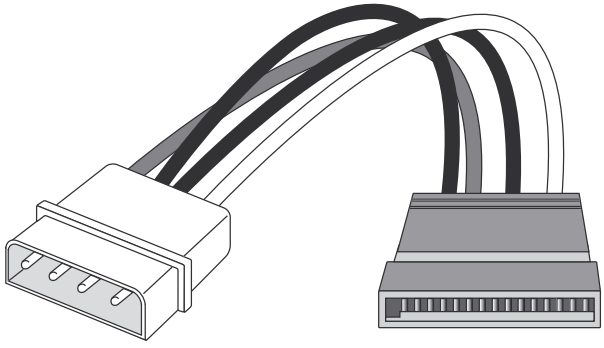


Figure 16.37
Un adaptateur d'alimentation périphérique SATA.

dans la majorité des cas car la plupart des lecteurs n'ont pas besoin de courant +3,3 V et utilisent uniquement les alimentations +12 V et +5 V.

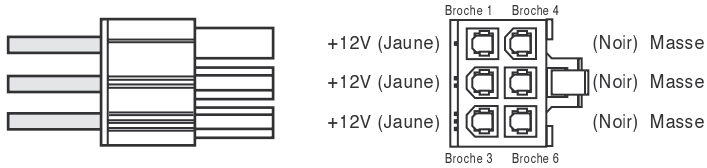
Connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16

Bien que le nouveau connecteur d'alimentation principale à 24 broches apparu dans la spécification ATX12V 2.x offre plus de puissance à certains périphériques (notamment les cartes graphiques), il a été conçu pour alimenter une carte graphique exigeant un maximum de 75 W ; or, certaines cartes graphiques nécessitent déjà davantage de courant. La carte GeForce 8800 Ultra de NVIDIA par exemple requiert 175 W, et les futures cartes graphiques pourraient bien nécessiter encore plus de puissance. Vu qu'il est impossible de fournir plus de 75 W directement par le biais de la carte mère, le PCI-SIG (l'organisme de gestion du bus PCI) a mis au point une norme permettant de fournir au moins 150 W à la carte graphique depuis le bloc d'alimentation *via* un connecteur d'alimentation supplémentaire. Ce connecteur sera probablement inclus dans les futures normes d'alimentation ATX12V.

L'alimentation de carte graphique PCI-Express x16 utilise un connecteur femelle Molex Mini-Fit Jr. de six ou huit broches pour alimenter directement la carte graphique. À titre de référence, ce connecteur est comparable à l'élément Molex 39-01-2060 (six broches) ou 39-01-2080 (huit broches),

mais son brochage est différent, afin d'éviter toute confusion avec les connecteurs d'alimentation +12 V de la carte mère. Le brochage de ce connecteur est illustré à la Figure 16.38.

Figure 16.38
Connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16 à 6 broches.



La broche 2 est techniquement indiquée comme "non connectée" dans les spécifications officielles. Bien que la plupart des alimentations disposent d'une alimentation +12 V sur cette broche, la majorité des cartes graphiques ne l'utilise pas. La version à huit broches du connecteur est identique à la version à six broches, mais dispose d'une broche +12 V et d'une masse supplémentaire.

Chaque broche du connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express peut prendre en charge jusqu'à 8 A de courant en utilisant des contacts standard et jusqu'à 11 A avec des contacts HCS. En comptant le nombre de contacts pour chaque niveau de tension, vous pouvez calculer la capacité du connecteur (voir Tableau 16.20).

Tableau 16.20 : Capacité maximum du connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16

Type de connecteur	Volts	N° de broche +12 V	Contacts standard (W)	Contacts HCS (W)	Contacts Plus HCS (W)
6 broches	+12 V	2	192	264	288
6 broches	+12 V	3	288	396	432
8 broches	+12 V	4	384	528	576

Seules deux broches +12 V sont requises sur le connecteur à six broches standard, même si la plupart des alimentations en contiennent trois.
Les contacts standard ont un ampérage de 8 A.
Les contacts HCS ont un ampérage de 11 A.
Les contacts Plus HCS ont un ampérage de 12 A.
Tous ces chiffres supposent que les connecteurs Mini-Fit Jr. utilisent des fils de 1,02 mm de diamètre dans des conditions de température standard.

Même si les spécifications ne requièrent qu'une capacité de 150 W, la capacité totale de ce connecteur est d'au moins 192 W en utilisant des contacts standard et de 264 W en utilisant des contacts HCS. Les contacts supplémentaires des connecteurs à six ou huit broches permettent d'augmenter la capacité à 528 W avec des contacts standard, ce qui devrait être suffisant, même pour les futures cartes graphiques les plus exigeantes.

Ces connecteurs sont souvent appelés connecteurs SLI ou CrossFire, car ils sont utilisés par les cartes PCI-Express x16 haut de gamme disposant de fonctionnalités SLI ou CrossFire. Les termes SLI

et CrossFire désignent les méthodes d'utilisation de deux cartes graphiques en même temps chez NVIDIA et ATI (chaque carte gérant alors l'affichage d'une moitié de l'écran, ce qui double les performances graphiques). Chaque carte peut nécessiter 150 W ou plus et la plupart des cartes haut de gamme utilisent deux connecteurs d'alimentation sur la carte mère. Autrement dit, la plupart des alimentations estampillées SLI ou Crossfire-Ready intègrent deux ou quatre des connecteurs d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16 à six ou huit broches. Utiliser deux cartes graphiques fonctionnant à 175 W chacune signifie que, pour une alimentation de 500 W, il ne reste que 150 W pour alimenter la carte mère, le processeur et tous les disques, ce qui peut être insuffisant pour les processeurs de forte puissance qui sollicitent 130 W ou plus. Les ordinateurs équipés de deux – ou plus – cartes graphiques haut de gamme doivent également disposer d'une alimentation la plus puissante possible. Certaines alimentations sont capables de fournir jusqu'à 1000 W (1 kW), voire même davantage.

Infos

NVIDIA a déposé le terme SLI (*Scalable Link Interface*) tandis que son principal concurrent, ATI, utilise la technologie CrossFire pour atteindre des performances similaires lors de l'utilisation combinée de deux cartes graphiques.

Si votre alimentation ne comprend pas de connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express x16, vous pouvez utiliser des répartiteurs en Y pour convertir deux connecteurs d'alimentation de périphériques en un seul connecteur d'alimentation PCI-Express x16 de six ou huit broches. Il convient toutefois de noter que ces adaptateurs ne sont d'aucune utilité si l'alimentation n'est pas en mesure de fournir suffisamment de puissance.

Caractéristiques de l'alimentation

Une alimentation présente un certain nombre de caractéristiques décrivant par exemple ses capacités d'entrée et de sortie ainsi que son mode de fonctionnement. Les sections suivantes présentent les plus importantes.

Charger l'alimentation

Les alimentations de PC reposent généralement sur une structure à *commutation*, et non sur une structure *linéaire*. Les alimentations à commutation utilisent un circuit d'oscillateur à grande vitesse pour convertir la tension plus élevée du secteur en une tension beaucoup plus basse utilisée pour alimenter le PC et ses composants. Les alimentations à commutation sont très performantes en termes de rapport taille/poids/consommation d'énergie, comparées aux alimentations linéaires traditionnelles, qui utilisent un transformateur interne volumineux pour générer différentes tensions. Ce dernier type d'alimentation est peu performant pour plusieurs raisons. Tout d'abord, la tension de sortie du transformateur suit la tension d'entrée d'une manière linéaire (d'où le qualificatif qui leur est associé). Si le courant alternatif d'entrée fluctue, la tension de sortie risque d'être instable. Ensuite, le niveau énergétique important nécessaire à un PC nécessite d'utiliser un bobinage très lourd dans le transformateur. Troisièmement, la fréquence de 50 Hz du CA délivré par le secteur est très difficile

à filtrer à l'intérieur d'une alimentation. Elle nécessite l'utilisation de condensateurs très volumineux et très coûteux ainsi que de redresseurs.

L'alimentation à commutation, en revanche, se sert d'un circuit de commutation qui "découpe" le courant d'entrée à une fréquence relativement élevée. Ce système de fonctionnement permet d'utiliser des transformateurs à haute fréquence, qui sont beaucoup plus petits et légers. Par ailleurs, la haute fréquence est beaucoup plus facile et beaucoup moins chère à filtrer à la sortie, et la tension d'entrée peut varier considérablement. Dans la pratique, les alimentations s'accommodent d'une tension comprise entre 180 et 270 V, et beaucoup d'alimentations à commutation sont capables de s'ajuster automatiquement sur une tension de 220 V.

Les alimentations à commutation ont pour particularité de ne pas fonctionner tant qu'elles ne sont pas *en charge*. Pour qu'une alimentation fonctionne, il est par conséquent impératif qu'elle soit connectée à des composants tels qu'une carte mère et un disque dur. Si vous posez votre alimentation sur un banc de test sans que rien ne soit branché dessus, elle grillera ou son circuit de protection l'éteindra. La plupart des alimentations sont pourvues de circuits de ce type et s'éteignent en l'absence de charge. Certaines alimentations à bon marché, en revanche, ne possèdent ni circuit de protection ni relais et grillent au bout de quelques secondes en l'absence de charge. Enfin, certaines alimentations sont équipées de résistances de charge intégrées et peuvent par conséquent fonctionner même si aucun élément (carte mère ou disque dur) n'est branché dessus.

Certaines alimentations requièrent une charge minimale à la fois pour la tension de +5 V et pour celle de +12 V. Selon les spécifications d'IBM des alimentations 192 W de type AT, une charge minimum de 7 A était nécessaire pour la tension +5 V et un minimum de 2,5 A pour la tension +12 V afin que l'alimentation fonctionne correctement. La plupart des cartes mères induisent à elles seules une charge suffisante sur la tension de +5 V. Par contre, la tension +12 V est généralement utilisée par les moteurs des lecteurs et non par la carte mère ; or, les moteurs des lecteurs de disquettes, de CD ou de DVD sont à l'arrêt la plupart du temps. Comme ces moteurs ne représentent aucune charge lorsqu'ils ne fonctionnent pas, il peut par conséquent être difficile d'obtenir la charge minimale pour la tension de +12 V lorsque l'ordinateur ne possède pas de disque dur.

Mais IBM expédiait généralement ses ordinateurs AT sans disque dur. Le problème était résolu en branchant alors le câble d'alimentation du disque dur sur une résistance de 50 watts et 5 ohms installée dans une petite cage métallique à la place du disque dur. L'emplacement du disque dur des châssis AT contenait des trous filetés spécialement conçus pour fixer cette résistance.

Infos

Dans les années quatre-vingts, de nombreux magasins d'informatique commandaient à IBM des ordinateurs AT sans disque dur et installaient leurs propres disques durs de 20 ou 30 Mo car ils pouvaient les obtenir à meilleur prix chez d'autres fournisseurs. Ils jetaient donc ces résistances par centaines !

Cette résistance était connectée entre la broche 1 (+12 V) et la broche 2 (la masse) sur le connecteur d'alimentation du disque dur. La charge placée sur la sortie de l'alimentation +12 V était de 2,4 A et sollicitait une puissance de 28,8 W (ce qui la faisait chauffer !) ; ainsi, l'alimentation fonctionnait normalement. Il est à noter que le ventilateur des alimentations nécessite une intensité de 0,1 à 0,25,

ce qui porte la charge totale à 2,5 A ou plus. Sans cette résistance, certains ordinateurs ne parvenaient pas toujours à se lancer.

La plupart des alimentions utilisées actuellement ne nécessitent pas une charge aussi importante que l'alimentation de l'IBM AT original. La charge minimale est généralement de 0 à 0,3 A pour la tension de +3,3 V, de 2,0 à 4,0 A pour la tension de +5 V, et de 0,5 à 1,0 A pour la tension de +12 V. La plupart des cartes mères induisent à elles seules une charge suffisante sur la tension de +5 V. Les ventilateurs de refroidissement standard des alimentations ne nécessitent en revanche qu'une intensité de 0,1 à 0,25 A, et il peut par conséquent être difficile d'obtenir la charge minimale pour la tension de +12 V lorsque l'ordinateur ne possède pas de disque dur. D'une manière générale, plus l'alimentation est puissante, plus la charge minimale est élevée, mais cette règle générale comprend des exceptions. Vous pourriez donc avoir intérêt à prendre en considération la puissance pour choisir un modèle d'alimentation.

Certaines alimentations à commutation de haute qualité sont équipées de résistances intégrées et peuvent fonctionner sans charge. La plupart des alimentations ne présentent pas de résistance de ce type et ne nécessitent qu'une faible charge sur la tension de +5 V pour fonctionner correctement. Toutefois, pour certains modèles, il faut que les tensions de +3,3 V, +5 V et +12 V reçoivent une charge suffisante pour que l'alimentation fonctionne. (Pour plus d'informations, consultez la documentation de votre alimentation.)

Quoi qu'il en soit, si vous avez besoin de tester une alimentation en atelier, veillez à faire peser une charge sur au moins une tension positive ou, mieux encore, sur toutes. C'est pour cette raison qu'il est préférable de tester une alimentation alors qu'elle est installée dans l'ordinateur. Si vous devez tester rapidement une alimentation, vous pouvez utiliser une carte mère et des disques durs de rechange pour charger les tensions positives.

Puissance de l'alimentation

Un fabricant d'ordinateurs doit en principe être en mesure de communiquer les caractéristiques techniques des alimentations qu'il utilise dans ses ordinateurs. Ces informations figurent parfois dans le manuel technique de l'alimentation ou sur un autocollant fixé sur cette alimentation. Vous pouvez naturellement vous adresser au fabricant pour obtenir ces informations. Il est d'ailleurs préférable, dans la mesure du possible, d'identifier ce fabricant et de le contacter directement ou par le Web.

Les valeurs d'entrées sont indiquées en volts et les valeurs de sortie sont indiquées en ampères pour plusieurs tensions différentes. IBM parle du niveau de puissance en watts comme d'une "puissance en watts spécifiée" (sous-entendu "par le fabricant"). Si le fabricant de votre alimentation n'a pas indiqué la puissance en watts totale, vous pouvez convertir l'intensité (ou ampérage) en puissance en watts en utilisant la formule suivante :

Puissance en watts = Tension × Intensité

Par exemple, si une carte mère est présentée comme générant un courant de 6 A avec une tension de +5 V, cela correspond à une puissance de 30 W.

En multipliant la tension (ou le voltage) par l'intensité (ou l'ampérage) disponible à chaque sortie, puis en additionnant les produits ainsi obtenus, vous pouvez calculer la puissance en watts totale de votre alimentation. Notez que seules les tensions positives sont employées pour ce calcul. Les tensions négatives (Standby et Power_Good) et celles qui ne servent pas à alimenter des composants sont exclues.

Le Tableau 16.21 présente les valeurs de sortie des alimentations des fabricants qui se conforment aux facteurs d'encombrement standard. La plupart de ces fabricants proposent plusieurs modèles d'alimentations offrant une puissance de 100 à 450 W, voire davantage. Les Tableaux 16.21 et 16.22 présentent les valeurs de sortie mesurées pour chaque tension des alimentations d'un certain nombre de fabricants connus.

Tableau 16.21 : Valeurs de sortie des alimentations non ATX classiques

Valeur de sortie (watts)	100 W	150 W	200 W	250 W	300 W	375 W	450 W
Intensité de sortie (A) :							
+5 V	10,0	15,0	20,0	25,0	32,0	35,0	45,0
+12 V	3,5	5,5	8,0	10,0	10,0	13,0	15,0
–5 V	0,3	0,3	0,3	0,5	1,0	0,5	1,0
–12 V	0,3	0,3	0,3	0,5	1,0	0,5	1,0
Puissance en watts calculée	92	141	196	245	280	331	405

En ajoutant une sortie de +3,3 V à l'alimentation, on modifie l'équation de manière significative. Le Tableau 14.13 présente les valeurs de différentes alimentations de facteur d'encombrement ATX/ATX12V de marque PC Power and Cooling, Inc.

Tableau 16.22 : Valeurs de sortie des alimentations ATX de PC Power and Cooling, Inc.

Valeur de sortie	235 W	250 W	275 W	300 W	350 W	400 W	425 W	510 W
+3,3 V	13	13	14	14	28	40	40	30
+5 V	22	25	30	30	32	40	40	40
+12 V	8	10	10	12	15	15	15	34
–5 V	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
–12 V	0,5	0,5	1,0	1,0	0,8	1,0	1,0	2,0
+5 VSB	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0
Puissance en watts totale (3,3 + 5 + 12)	249	288	316	340	432	512	512	707

Tableau 16.22 : Valeurs de sortie des alimentations ATX de PC Power and Cooling, Inc. (*suite*)

Valeur de sortie	235 W	250 W	275 W	300 W	350 W	400 W	425 W	510 W
+3,3 V et +5 V max.	125	150	150	150	215	300	300	300

Notez que la puissance maximale calculée est théorique, l'hypothèse de départ étant que l'on consomme le maximum sur les sorties de +3,3 V, +5 V et +12 V simultanément. Or, sur la plupart des alimentations, la puissance maximale est limitée par la combinaison des tensions de +3,3 V et +5 V. Le maximum réel est donc inférieur au maximum calculé indiqué dans ce tableau.

Les alimentations 400 W et 425 W présentées ici semblent avoir les mêmes caractéristiques, mais la version 400 W utilise un ventilateur silencieux fonctionnant à faible vitesse dont les capacités de refroidissement sont légèrement inférieures, ce qui explique ce résultat moins élevé.

Si on calcule leur puissance totale en utilisant la formule décrite précédemment, ces alimentations semblent beaucoup plus puissantes que ce qu'indique réellement le fabricant. Pour le modèle de 300 W, par exemple, on obtient une puissance totale de 340 W. Toutefois, notez que cette alimentation est caractérisée par une puissance combinée maximale de 150 W pour les tensions de +3,3 V et +5 V. Cela signifie que l'on ne peut utiliser la puissance maximale des sorties de 5 V et 3,3 V en même temps, mais que pour ces sorties la puissance totale combinée ne doit pas dépasser 150 W. Cette particularité ramène la puissance totale à 294 W, ce qui semble plus logique.

La plupart des alimentations de PC ont une puissance comprise entre 150 et 300 W. Il n'est pas souhaitable d'acheter une alimentation de puissance inférieure, mais vous pouvez au contraire en acheter une particulièrement robuste, d'une puissance pouvant aller jusqu'à 600 W ou plus.

Les alimentations de 300 W et plus sont recommandées pour les ordinateurs équipés de toutes les options possibles. Elles permettent en effet de faire fonctionner toutes les combinaisons envisageables de cartes mères et de cartes d'extension, ainsi qu'un grand nombre de disques durs et de lecteurs de disquettes. Avec ce type d'alimentation, vous ne pourrez le plus souvent pas dépasser ces valeurs en ajoutant d'autres périphériques, car il n'y aura plus assez de place dans votre ordinateur !

La plupart des alimentations sont considérées comme universelles, ou internationales. Elles peuvent donc également fonctionner dans les pays (anglo-saxons, notamment) qui utilisent du courant de 110 V et une fréquence de 60 Hz. Beaucoup d'alimentations sont capables de basculer automatiquement du 110 au 220 V, mais certaines nécessitent de positionner un petit interrupteur situé à l'arrière du boîtier pour sélectionner la tension délivrée par le secteur.

Attention

Si votre alimentation n'est pas équipée d'un sélecteur de tension automatique, vérifiez que la tension sur laquelle elle est paramétrée est la bonne. Si vous branchez une alimentation paramétrée sur 220 V sur une prise délivrant du 110 V (dans un pays étranger, par exemple), l'ordinateur ne fonctionnera probablement pas correctement, mais l'alimentation ne sera pas endommagée. En revanche, si vous vous trouvez en France et que vous branchiez votre alimentation sur une prise délivrant du 220 V alors que l'alimentation est paramétrée sur 110 V, elle risque de griller.

Autres caractéristiques d'une alimentation

Outre la puissance, beaucoup d'autres caractéristiques et spécifications entrent en ligne de compte pour obtenir une alimentation de qualité. L'expérience montre que s'il se produit des pannes d'électricité de courte durée dans une pièce où plusieurs PC fonctionnent, les ordinateurs qui sont équipés de l'alimentation de meilleure qualité et avec les valeurs de sortie les plus élevées ont beaucoup plus de chances de rester indemnes, alors que d'autres vont s'arrêter.

Une alimentation de qualité contribue à la protection de l'ordinateur sur lequel elle est installée. Les meilleures alimentations protègent les ordinateurs contre les incidents suivants :

- une coupure de courant de 100 % de n'importe quelle durée ;
- une absence de courant temporaire de quelque type que ce soit ;
- un pic de tension d'une valeur maximale de 2500 V appliqué directement à l'entrée de CA (provoqué par un impact de foudre ou une simulation d'impact de foudre).

Les alimentations de qualité présentent également une perte d'intensité extrêmement faible, inférieure à 500 mA, qui part à la masse. Ce dispositif de sécurité est particulièrement important si la prise de courant ne comprend pas de terre ou si elle est mal câblée.

Comme vous pouvez le constater, ces spécifications sont relativement sévères, et elles sont sans aucun doute représentatives d'une alimentation de qualité. Vérifiez que votre alimentation y satisfait.

Il est également possible de recourir à quantité d'autres critères pour évaluer la qualité d'une alimentation. L'alimentation est un composant que beaucoup d'utilisateurs ne prennent pas en considération au moment d'acheter un ordinateur. Elle fait donc partie des points que certains assembleurs risquent de négliger. De fait, il est beaucoup plus facile pour un vendeur de matériel informatique de convaincre l'acheteur de payer plus cher son ordinateur en investissant dans un disque dur coûteux plutôt que dans une alimentation de meilleure qualité.

Au moment d'acheter un ordinateur (ou une alimentation de rechange), cherchez toujours à en savoir autant que possible sur l'alimentation. Toutefois, beaucoup de consommateurs sont intimidés par le vocabulaire technique et par les statistiques généralement utilisés pour en présenter les caractéristiques. Voici un certain nombre de paramètres importants à prendre en compte pour évaluer une alimentation au vu de sa fiche technique :

- **MTBF** (*Mean Time Between Failures*, temps moyen entre les pannes). Intervalle moyen (calculé), exprimé en heures, durant lequel l'alimentation est censée fonctionner correctement avant de tomber en panne. La valeur MTBF (qui est généralement de l'ordre de 100000 heures, voire davantage) montre clairement qu'elle n'est pas le résultat d'un test empirique effectué en temps réel. En fait, les fabricants utilisent les normes publiées par ailleurs pour calculer les performances de leurs alimentations, sur la base des différents composants de ces dernières. Souvent, la valeur MTBF indiquée est associée à la charge à laquelle l'alimentation a été soumise (exprimée sous la forme d'un pourcentage), ainsi qu'à la température de l'environnement dans lequel les tests ont été effectués.

- **Plage de valeurs d'entrées** (ou plage de fonctionnement). Cette valeur correspond à l'éventail des tensions de CA d'entrée que l'alimentation est en mesure d'accepter du secteur. En 220 V, il est fréquent que cette plage aille de 180 à 270 V. En 110 V, elle va généralement de 90 à 135 V.
- **Intensité de montée en charge.** Cette valeur représente la quantité de courant électrique maximale, exprimée en ampères pour une tension donnée, que l'alimentation consomme à un moment précis, juste après avoir été mise sous tension. Plus la valeur indiquée est faible, moins l'ordinateur risque d'être soumis à des chocs thermiques.
- **Durée d'alimentation rémanente.** Temps, exprimé en millisecondes, pendant lequel une alimentation peut rester dans la plage des tensions acceptables alors qu'elle n'est plus alimentée. L'ordinateur continue à fonctionner sans réinitialisation ou réamorçage en cas de coupure de courant brève. Ce temps est généralement de l'ordre de 15 à 25 millisecondes sur les alimentations actuelles. La spécification ATX12V demande que la durée d'alimentation rémanente soit au minimum de 17 ms.
- **Réponse transitoire.** Temps, exprimé en millisecondes, dont une alimentation a besoin pour rétablir ses tensions de sortie sur leur valeur originale après un changement de tension soudain. En d'autres termes, il s'agit du temps dont les niveaux de sortie ont besoin pour se stabiliser une fois qu'un périphérique de l'ordinateur a commencé à consommer du courant ou fini de consommer du courant. Les alimentations échantillonnent à intervalles réguliers le courant utilisé par l'ordinateur. Quand un périphérique cesse de consommer du courant (si un lecteur de disquettes s'arrête de tourner, par exemple), l'alimentation peut délivrer une tension de sortie trop importante. Cette tension excédentaire est appelée *surtension*, et la réponse transitoire est le temps dont elle a besoin pour retrouver le niveau spécifié. Le système considère cela comme un pic de tension, ce qui peut entraîner des baisses de tension et des arrêts. Alors que les surtensions constituaient un problème majeur sur les premières alimentations, elles ont été considérablement réduites ces dernières années. Les valeurs de réponse transitoire sont parfois exprimées sous forme d'intervalles de temps, mais elles peuvent aussi être exprimées par rapport à un changement précis de la tension de sortie, sous la forme : "les niveaux de sortie sont régulés tant que les écarts de tension restent inférieurs à 20 %".
- **Protection contre les surtensions.** Définit le seuil indiquant pour chaque tension le moment à partir duquel l'alimentation désactive le signal ou le rend silencieux pour cette tension. Les valeurs peuvent être exprimées sous forme de pourcentage (du type 120 % pour +3,3 et +5 V), ou sous forme de tension pure et simple (du type +4,6 V pour la tension de +3,3 et +7 V pour la tension de +5 V).
- **Intensité de charge maximale.** Quantité de courant la plus importante, exprimée en ampères, qui peut être délivrée par une sortie donnée. Les valeurs sont exprimées sous forme d'intensité pour chaque tension de sortie. Elles permettent de calculer non seulement la puissance totale maximale de l'alimentation, mais aussi le nombre de périphériques utilisant les différentes tensions qu'elle peut admettre.

- **Intensité de charge minimale.** Quantité de courant la plus faible, exprimée en ampères, qui doit être consommée sur l'alimentation pour qu'elle fonctionne correctement. Si le courant consommé à partir d'une sortie donnée est trop faible, l'alimentation peut s'arrêter immédiatement ou être endommagée.
- **Régulation de charge (ou régulation de potentiel).** Quand le courant consommé à partir d'une sortie donnée augmente ou diminue, la tension change elle aussi légèrement. Généralement, elle augmente quand l'intensité augmente. La régulation de charge est le changement de tension pour une sortie donnée, c'est-à-dire ses transitions entre sa charge minimale et sa charge maximale (ou *vice versa*). Les valeurs, exprimées sous forme de pourcentage +/–, sont comprises entre +/–1 % et +/–5 % pour les tensions de +3,3, +5 et +12 V.
- **Régulation de ligne.** Changement de tension de sortie sous forme de transitions de tension alternative d'entrée entre la valeur la plus faible et la valeur la plus élevée de la plage de valeurs d'entrées. Une alimentation doit être capable de traiter n'importe quelle tension alternative comprise dans sa plage de valeurs d'entrées avec un changement maximal de 1 % au niveau de la sortie.
- **Efficacité.** Rapport, exprimé sous la forme d'un pourcentage, entre la puissance d'entrée et la puissance de sortie d'une alimentation. Les alimentations actuelles ont généralement une efficacité comprise entre 65 et 85 %. Les 15 à 35 % restants de puissance d'entrée sont convertis en chaleur durant la conversion CA/CC. Plus l'efficacité est élevée, moins la chaleur est élevée à l'intérieur de l'ordinateur (ce qui est toujours intéressant) et moins l'ordinateur consomme d'électricité, mais ce paramètre ne doit pas être privilégié au détriment de la précision, la stabilité et la durabilité que mettent en évidence la régulation de charge et d'autres paramètres.
- **Ondulation (ou bruit et ondulation).** Tension moyenne, mesurée en millivolts pic à pic ou en pourcentage de la tension de sortie nominale. Les unités haut de gamme sont réglées sur une ondulation de 1 % (ou moins), qui exprimée en volts représente 1 % de la tension de sortie. Par conséquent, pour +5 V, on obtient 0,05 V ou 50 mV. Ces effets peuvent être provoqués par des transitions de commutation internes, par la fréquence de ligne modifiée et par d'autres bruits aléatoires.

Correction du facteur de puissance

Récemment, l'efficacité du câble d'alimentation et la génération de distorsion harmonique des alimentations de PC ont été remises à l'ordre du jour. C'est ce que l'on classe généralement dans la rubrique "facteur de puissance de l'alimentation". L'intérêt du facteur de puissance n'est pas uniquement lié à l'amélioration de la puissance, mais également à la réduction de la génération d'harmoniques sur le câble d'alimentation. Plus particulièrement, les nouveaux standards sont à présent obligatoires dans de nombreux pays de l'Union européenne qui demandent de ramener les harmoniques sous un seuil spécifique. Le système de circuit nécessaire est généralement appelé "correction du facteur de puissance".

Le facteur de puissance mesure la consommation réelle; il s'exprime par une valeur comprise entre 0 et 1. Un facteur de puissance élevé signifie que la puissance électrique est efficacement employée, alors qu'un facteur de puissance faible indique une mauvaise utilisation de la puissance électrique. Pour comprendre le facteur de puissance, vous devez savoir comment la puissance est employée.

Les lignes en courant alternatif transportent généralement deux types de charges :

- **Résistive.** La puissance est convertie en chaleur, lumière, mouvement ou fonctionnement.
- **Inductive.** La puissance entretient un champ électromagnétique, comme dans le transformateur d'un moteur.

La charge résistive est souvent appelée "puissance de fonctionnement"; elle se mesure en kilowatts (kW). La charge inductive est appelée "puissance réactive"; elle se mesure en kilovolts-ampères-réactifs (kVAR). Ensemble, ces deux puissances constituent l'alimentation apparente. Celle-ci se mesure en kilovolts-ampères (kVA). Le facteur de puissance représente le ratio entre la puissance de fonctionnement et la puissance apparente, soit puissance de fonctionnement/puissance apparente (kW/kVA). Le facteur de puissance idéal est de 1, où la puissance de fonctionnement est égale à la puissance apparente.

Le concept de charge résistive est simple à comprendre. Une ampoule électrique, par exemple, qui consomme 100 W, génère 100 W de chaleur et de lumière. C'est une pure charge résistive. Par contre, la charge inductive est un peu plus complexe. Prenons l'exemple d'un transformateur, équipé d'un bobinage qui génère un champ électromagnétique puis induit le courant dans un autre bobinage. Une certaine quantité de puissance est nécessaire pour saturer les bobinages et générer le champ magnétique. Un transformateur de puissance qui n'est connecté à rien est un parfait exemple de charge inductive pure. Il y a un pic de puissance apparente pour générer les champs, mais aucune puissance de fonctionnement n'est générée puisque aucun travail réel n'est effectué.

Lorsque le transformateur est alimenté, il utilise la puissance de fonctionnement et la puissance réactive. Autrement dit, l'alimentation sert à faire le travail (disons, par exemple, que le transformateur alimente une ampoule) et la puissance apparente sert à maintenir le champ électromagnétique dans les bobinages du transformateur. Dans un circuit CA, ces charges peuvent se désynchroniser ou se déphaser, autrement dit elles n'atteignent pas leur maximum en même temps, ce qui génère des distorsions harmoniques dans la ligne d'alimentation.

La correction du facteur de puissance implique généralement d'augmenter la capacité électrique du circuit pour conserver la charge inductive sans consommer davantage de puissance. On obtient ainsi des puissances de fonctionnement et apparente identiques, ce qui résulte en un facteur de puissance de 1. Augmenter la capacité ne suffit généralement pas à résoudre le problème. On obtient ainsi une correction du facteur de puissance *passive*. La correction de facteur de puissance *active* implique la mise en place d'un circuit plus intelligent, conçu pour faire correspondre les charges résistive et inductive, de manière qu'elles soient identiques au niveau de la sortie électrique.

Une alimentation avec correction du facteur de puissance active consomme du courant à faible distorsion de la source CA. En outre, le rapport du facteur de puissance est de 0,9 ou plus. Une alimentation dont le facteur de puissance n'est pas corrigé consomme du courant hautement distordu, parfois appelé "charge non linéaire". Le facteur de puissance d'une alimentation non corrigée se situe généralement entre 0,6 et 0,8. Cela signifie que seulement 60 % de la puissance apparente consommée servent à faire le travail !

Une alimentation équipée d'une correction du facteur de puissance peut éventuellement contribuer à réduire votre facture d'électricité, mais surtout elle réduit la charge transportée par l'installation électrique du bâtiment. Avec la correction du facteur de puissance, toute la puissance qui arrive sur l'alimentation est convertie en travail réel, et les câbles sont moins surchargés. Par exemple, si plusieurs ordinateurs sont branchés sur le même disjoncteur et que ce dernier saute souvent, installez des alimentations électriques équipées de correction du facteur de puissance : vous réduirez ainsi la charge du câblage jusqu'à 40 %.

Même si vous ne vivez pas dans un pays où la correction du facteur de puissance est nécessaire, nous vous recommandons vivement de l'installer.

Calcul de la puissance consommée

Avant de mettre à niveau votre PC ou d'y ajouter de nouveaux périphériques, vérifiez que l'alimentation est capable de fournir suffisamment de courant pour alimenter tous les périphériques internes. Pour savoir si vous pouvez effectivement ajouter des extensions à votre ordinateur, vous pouvez calculer l'intensité requise par chaque périphérique et déduire le total de l'intensité maximale de l'alimentation. Vous obtiendrez ainsi la puissance disponible restante. Ce calcul pourra vous aider à déterminer si vous devez ou non investir dans une alimentation plus puissante. Malheureusement, ces calculs peuvent être difficiles à effectuer dans la mesure où beaucoup de fabricants n'indiquent pas la quantité d'électricité consommée par leurs produits.

Dans certains cas, vous pouvez trouver les caractéristiques d'un composant comparable au vôtre et utiliser ces données. En règle générale, deux composants similaires en termes de conception, de capacité et construits à la même période auront une consommation d'énergie quasi identique. Le Tableau 16.23 montre la puissance utilisée par les principaux composants des ordinateurs.

Tableau 16.23 : Calcul de la consommation d'énergie

Composant	Consommation	Commentaires
Carte mère	50 W à 75 W	Dépend du nombre de composants intégrés
Processeur	25 W à 150 W	Pour chaque processeur physique (et non chaque cœur), la plupart utilisent de 50 W à 100 W
Mémoire RAM	5 W à 15 W	Pour chaque module (DIMM)
Circuit graphique intégré	5 W à 15 W	Intégré dans la puce North Bridge
Carte graphique	25 W à 200 W	Pour chaque carte graphique

Tableau 16.23 : Calcul de la consommation d'énergie (*suite*)

Composant	Consommation	Commentaires
Carte PCI	5 W à 15 W	Pour chaque carte autre que graphique
Carte PCIe	10 W à 25 W	Pour chaque carte autre que graphique
Disque dur	15 W à 30 W	Pour chaque disque, courant de charge plus important au démarrage
Lecteur optique	15 W à 35 W	Pour chaque lecteur
Ventilateur	3 W à 5 W	Pour chaque ventilateur
Port USB et FireWire	2 W à 5 W	Pour chaque port utilisé

Bien sûr, la consommation d'énergie peut varier fortement pour certains périphériques comme les processeurs et les cartes graphiques. Si vous souhaitez obtenir plus d'informations, consultez les caractéristiques techniques de vos composants. De plus, ces chiffres globaux n'indiquent pas la tension (+3,3 V, +5 V ou +12 V) utilisée par chaque périphérique. En fonction des composants utilisés, il est parfois possible que la puissance disponible à une certaine tension soit dépassée alors que la puissance totale disponible semble encore suffisante. Il s'agit d'ailleurs d'une des raisons qui poussent de nombreux utilisateurs à acheter une alimentation beaucoup plus puissante que cela ne semble nécessaire.

Une fois que vous avez additionné tous les composants, nous vous recommandons de multiplier la consommation d'énergie de vos composants par 1,5 afin d'estimer quelle alimentation est nécessaire. Cela vous donnera une certaine marge en cas d'installation d'extensions supplémentaires tout en tenant compte du fait que certains appareils peuvent à certains moments solliciter beaucoup plus de puissance que leur charge nominale.

Pour obtenir plus simplement une estimation de la puissance requise par votre ordinateur, vous pouvez utiliser la calculatrice en ligne sur le site d'Asus à l'adresse suivante : **http://support.asus.com/PowerSupplyCalculator/PSCalculator.aspx**.

Il vous suffit d'indiquer les composants de votre ordinateur dans les champs pour que le calculateur vous indique une estimation de la puissance d'alimentation minimale requise que vous devez choisir.

Les différents types de connecteurs de bus peuvent fournir différents niveaux de puissance aux cartes. En dehors des cartes graphiques, il est heureusement rare qu'une carte utilise la puissance maximale disponible autorisée. Le Tableau 16.24 montre la puissance maximale disponible par connecteur pour les différents types de connecteurs de bus.

Les problèmes de surcharge sont le plus souvent causés par l'utilisation de trop de connecteurs (en particulier lors de l'utilisation de plusieurs cartes graphiques), de processeurs nécessitant beaucoup de puissance ou d'un trop grand nombre de lecteurs. Si vous installez plusieurs disques durs, plusieurs lecteurs optiques et plusieurs lecteurs de disquettes sur votre ordinateur, l'alimentation risque

Tableau 16.24 : Consommation de courant maximale par connecteur de bus

Type de bus	Tension de +3,3 V	Tension de +5 V	Tension de +12 V	Puissance totale (W)
ISA	–	2,0	0,175	12,1
EISA	–	4,5	1,5	40,5
Bus VL	–	2,0	–	10
MCA 16 bits	–	1,6	0,175	10,1
MCA 32 bits	–	2,0	0,175	12,1
PCI	7,6	5	0,5	56
AGP	6	2	1	42
PCI-Express	4,8	–	4,8	75

d'être trop sollicitée. Vérifiez toujours que vous disposez d'une intensité suffisante en +12 V pour faire fonctionner tous les lecteurs que vous avez prévu d'installer. Les ordinateurs équipés d'un boîtier en forme de tour peuvent poser des problèmes à ce niveau, car ils comprennent un grand nombre de baies de montage. Or, ce n'est pas parce qu'un ordinateur offre beaucoup d'emplacements pour les périphériques que l'alimentation sera forcément assez puissante pour les faire fonctionner. Vérifiez également que vous disposez d'une puissance suffisante en +5 V pour faire fonctionner toutes les cartes d'extension, notamment les cartes graphiques, même si la plupart des cartes consomment moins d'énergie que le maximum autorisé. Les nouveaux modèles de processeurs peuvent avoir des besoins très importants au niveau de la tension de +5 ou +3,3 V. Au moment d'acheter une alimentation pour votre ordinateur, assurez-vous de tenir compte des mises à niveau que vous pensez effectuer ou des composants supplémentaires que vous pensez installer par la suite.

Avant de remplacer un composant de leur ordinateur, nombre de personnes attendent qu'il tombe en panne. Cette attitude se justifie pour celles qui disposent d'un budget limité. Toutefois, les alimentations ne tombent pas toujours en panne radicalement. Elles peuvent présenter des pannes intermittentes ou faire parvenir du courant instable à l'ordinateur, auquel cas celui-ci risque de mal fonctionner. Peut-être incriminerez-vous le logiciel et l'accuserez-vous d'être bogué alors que le problème sera dû à une surcharge. De plus, si l'alimentation est inadaptée ou défectueuse, elle risque de corrompre le système de fichiers, ce qui peut dérégler l'ordinateur (parfois de manière définitive, même après le remplacement de l'alimentation défectueuse). Si vous utilisez des périphériques USB, un défaut d'alimentation peut entraîner leur mauvais fonctionnement ou provoquer des erreurs. Si vous avez procédé à des mises à niveau de votre matériel tout en conservant la même alimentation depuis longtemps, vous risquez d'être confronté à des problèmes et de devoir réinstaller le système d'exploitation ainsi que les applications.

Bien que les calculs de consommation d'électricité présentés dans cette partie aient parfaitement leur raison d'être, beaucoup d'utilisateurs de PC expérimentés préfèrent ne pas en tenir compte et misent pour cela sur une alimentation de qualité. Ils achètent ou construisent un ordinateur équipé d'une alimentation de bonne qualité (ou achètent cette alimentation séparément), d'une puissance de 300 ou 350 W, après quoi ils peuvent ajouter librement de nouveaux périphériques, sans se soucier de leur consommation.

Mode veille ou arrêt de l'ordinateur ?

Les utilisateurs se demandent souvent s'ils doivent laisser leur ordinateur sous tension ou l'éteindre quand ils ne l'utilisent pas. Pour répondre à cette question très souvent posée, il faut d'abord comprendre les caractéristiques de certains composants électriques et les facteurs qui provoquent des pannes. En associant ces informations à d'autres informations sur la consommation de courant, sur son coût et sur la sécurité, vous parviendrez en principe à votre propre conclusion. Les conditions pouvant varier d'un ordinateur à l'autre, la solution la mieux adaptée à chaque ordinateur dépend de vos besoins particuliers et des applications que vous utilisez.

Les mises sous tension et les arrêts fréquents endommagent les composants de l'ordinateur. Cela semble logique et la raison en est simple, même si elle n'est pas évidente pour tous les utilisateurs. Nombre d'entre eux croient que la mise sous tension et l'arrêt provoquent des chocs électriques, mais le problème réel est lié à la température. Ce sont bien plus les chocs thermiques que les chocs électriques qui endommagent les ordinateurs. Lorsqu'un composant se met à chauffer, il se dilate. À l'inverse, lorsqu'il refroidit, il se rétracte. Ces phénomènes suffisent à eux seuls à mettre à mal certains éléments. En outre, les différents matériaux qui composent un PC sont caractérisés par un coefficient de dilatation différent, ce qui signifie qu'ils se dilatent et se rétractent dans des proportions différentes. Au fil du temps, ces chocs thermiques finissent par endommager plusieurs éléments de l'ordinateur.

Mieux vaut donc protéger autant que possible l'ordinateur contre les chocs thermiques. Lorsque l'ordinateur est mis sous tension, ses composants passent d'une température ambiante (celle de la pièce) à une température de 85 ˚C en l'espace de 30 minutes, voire moins. Lorsque l'ordinateur est arrêté, il se produit le phénomène inverse : les composants refroidissent et reviennent très rapidement à la température ambiante.

Ces phénomènes de dilatation et de contraction d'origine thermique constituent la principale cause de panne des différents composants. Les boîtiers en résine des puces peuvent se fendiller, laissant l'humidité pénétrer et les altérer. Certains fils et contacts particulièrement fragiles peuvent casser, et les pistes de certains circuits imprimés peuvent fondre. Les composants soudés en surface se dilatant et se rétractant dans des proportions différentes de celles du circuit imprimé sur lequel ils sont soudés, les soudures sont soumises à des pressions très importantes. Elles peuvent même rompre puisque le métal durcit du fait de ces pressions répétées qui provoquent des fissures. Les composants qui utilisent des dissipateurs thermiques, comme les microprocesseurs, les transistors et les régulateurs de tension, risquent de surchauffer, car ces variations thermiques altèrent l'adhérence des dissipateurs, rompant le pont conducteur d'énergie thermique entre le composant et le dissipateur. Ces variations thermiques peuvent également désolidariser les éléments branchés ainsi que les connexions et provoquer des faux contacts.

✔ Voir la section "SIMM, DIMM et RIMM", p. 357.

Les phénomènes de dilatation et de contraction d'origine thermique affectent non seulement les puces et les circuits imprimés, mais aussi les disques durs. La plupart des disques durs sont aujourd'hui dotés de routines de compensation thermique qui ajustent la position des têtes de lecture en fonction de ces variations. Sur la plupart des disques durs, cet ajustement s'effectue toutes les cinq minutes pour les 20 premières minutes pendant lesquelles le disque tourne, puis toutes les 30 minutes par la suite. Cet ajustement se manifeste généralement par un bruit de type "tic-tic-tic-tic". Par nature, toutes les mesures que vous prendrez pour maintenir votre ordinateur à une température constante prolongeront sa vie et la meilleure mesure en ce sens est de le laisser hors tension ou sous tension en permanence. De fait, s'il n'est jamais mis sous tension, il durera très longtemps !

Cela ne signifie pas pour autant qu'il faille laisser l'ordinateur sous tension 24 heures sur 24 : il est dangereux de laisser un ordinateur sous tension, car le moniteur peut prendre feu. C'est également dangereux pour la confidentialité des données (équipes de nettoyage, visiteurs nocturnes…). Par ailleurs, l'ordinateur risque d'être endommagé s'il est déplacé alors qu'il est sous tension. Enfin, cela constitue un gaspillage d'énergie.

Un kilowattheure d'électricité coûte actuellement environ 0,11 €. Il est donc intéressant de connaître la consommation d'un PC classique afin de savoir quel est son coût énergétique annuel et savoir s'il est préférable de l'éteindre ou de tirer parti des différents ACPI de mise en veille ou d'hibernation prolongée. Ces ACPI (*Advanced Power and Configuration Interface*) sont décrites plus en détail plus loin dans ce chapitre.

Sous tension, un ordinateur de bureau classique consomme entre 75 et 300 W lorsqu'il n'est pas utilisé et entre 150 et 600 W à pleine charge. Ces chiffres varient en fonction de la configuration, de l'âge et de la conception du système. Il faut également ajouter la consommation du moniteur, qui va de 25 à 50 W pour un moniteur LCD et de 75 à 150 W voire plus pour un moniteur CRT. Prenons l'exemple d'un PC équipé d'un moniteur LCD qui consomme en moyenne 250 W (0,25 kW) dans des conditions normales d'utilisation. Le même ordinateur consomme 200 W en mode de mise en veille ACPI S1, 8 W seulement en mode de mise en veille ACPI S3 et 7 W lorsqu'il est éteint ou en mise en veille prolongée (mode ACPI S4).

À partir de ces données, voici quelques calculs pour les coûts d'électricité annuels :

```
Coût électrique : 0,11 € par kWh
Consommation du PC et du moniteur : 0,250 kW en moyenne pendant son utilisation
Consommation du PC et du moniteur : 0,200 kW en moyenne en mode ACPI S1
Consommation du PC et du moniteur : 0,008 kW en moyenne en mode ACPI S3
Consommation du PC et du moniteur : 0,007 kW en moyenne en mode ACPI S4
Consommation du PC et du moniteur : 0,007 kW en moyenne à l'arrêt
Nombre d'heures travaillées : 2080 par an
Nombre d'heures non travaillées : 6656 par an
Nombre total d'heures : 8736 par an

Coût d'exploitation annuel : 198,50 € en laissant le PC constamment allumé
Coût d'exploitation annuel : 173 € en utilisant le mode ACPI S1 en dehors des
heures de travail
```

```
Coût d'exploitation annuel : 48,80 € en utilisant le mode ACPI S3 en dehors des
heures de travail
Coût d'exploitation annuel : 48,60 € en utilisant le mode ACPI S4 en dehors des
heures de travail
Coût d'exploitation annuel : 48,60 € en éteignant l'ordinateur en dehors des
heures de travail
Économies annuelles : 0,00 € en laissant le PC constamment allumé
Économies annuelles : 25,5 € en utilisant le mode ACPI S1 en dehors des heures de
travail
Économies annuelles : 149,90 € en utilisant le mode ACPI S3 en dehors des heures
de travail
Économies annuelles : 149,90 € en utilisant le mode ACPI S3 en dehors des heures
de travail
Économies annuelles : 149,90 € en éteignant l'ordinateur en dehors des heures de
travail
```

Le coût d'exploitation annuel de l'ordinateur s'élève donc à près de 200 € s'il reste allumé en permanence. Par contre, lorsqu'on l'éteint durant les heures non travaillées, son coût d'exploitation annuel est inférieur à 50 €, soit une économie de 150 € ! Comme vous pouvez le constater, éteindre son ordinateur quand on ne l'utilise pas peut représenter des économies substantielles.

Mais il est encore plus intéressant de constater que vous n'avez pas besoin d'éteindre complètement l'ordinateur pour réaliser des économies. La plupart des PC, lorsqu'ils sont correctement configurés, passent en mode ACPI S3 Stand By manuellement ou après une durée prédéfinie, réduisant ainsi leur consommation d'énergie à 8 W voire moins. En d'autres termes, si vous configurez votre ordinateur pour qu'il se mette en mode ACPI S3 Stand By lorsque vous ne l'utilisez pas, vous pouvez réaliser les mêmes économies ou presque que si vous l'éteigniez complètement puisque la différence ne s'élève qu'à 0,20 €.

Compte tenu de l'amélioration des capacités de gestion de l'alimentation du matériel moderne, combinée avec la stabilité et les fonctionnalités de contrôle intégrées dans les systèmes d'exploitation récents comme Windows XP et Vista, vous pouvez configurer vos systèmes pour qu'ils se mettent en veille et en sortent presque instantanément, ce qui vous évite de répéter les longues procédures de démarrage et d'arrêt. Il est assez surprenant de constater que peu de personnes tirent profit de ces fonctionnalités pratiques qui réduisent les coûts d'exploitation.

Le problème est que la plupart des ordinateurs de bureau sont configurés pour s'arrêter totalement lorsqu'on appuie sur le bouton d'alimentation, ce qui entraîne la fermeture de toutes les applications ouvertes et l'arrêt complet du système d'exploitation. Lors de la mise sous tension suivante, l'ordinateur effectue la séquence d'amorçage complète et recharge le système d'exploitation, les pilotes et les applications. Vous devez ensuite ouvrir toutes les autres applications que vous utilisez habituellement.

Au lieu d'éteindre normalement l'ordinateur, il est pourtant préférable d'enregistrer le contexte (état du système, contenu de la mémoire RAM, etc.) en mémoire RAM avant d'éteindre l'ordinateur, puis

de rétablir ce contexte lors de la mise sous tension suivante. Malheureusement, de nombreux ordinateurs, en particulier les plus anciens, ne sont pas configurés pour tirer avantage de ce mode de mise en veille.

La clé est dans la configuration du système, en commençant par un paramètre très important pour la configuration du BIOS. Ce paramètre est appelé mode de mise en veille ACPI suspendre et, idéalement, vous voulez qu'il réglé de telle manière que le système entre ce que l'on appelle l'état S3. Le mode S3, ou *Suspend to RAM*, a toujours été le paramètre par défaut pour les ordinateurs portables, mais beaucoup sinon la plupart des ordinateurs de bureau sont malheureusement configurés pour utiliser le mode de mise en veille S1 par défaut. Le mode ACPI S1, ou *Power on Suspend*, désigne un état dans lequel l'écran s'éteint et le processeur ralentit mais où presque tout le reste demeure entièrement alimenté. Avec un ordinateur équipé d'un écran LCD qui consomme 250 W lorsqu'il est en service, le mode S1 permet en général de réduire cette consommation à 200 W. Mais le même système ne consommera que 8 W en mode S3 (*Suspend to RAM*).

Lorsque le mode S3 est sélectionné, le contexte du système est enregistré dans la mémoire RAM et tous les périphériques matériels (processeur, carte mère, ventilateurs, affichage, etc.), à l'exception de la RAM, sont éteints lorsque le système se met en veille (automatiquement ou manuellement). Dans ce mode, le système semble être à l'arrêt et consomme à peine plus que s'il était vraiment éteint. Pour sortir de la mise en veille, il suffit de presser le bouton d'alimentation comme pour un amorçage normal. Vous pouvez également configurer la plupart des systèmes pour qu'ils quittent la mise en veille avec un clic de souris ou en pressant une touche du clavier. Ensuite, au lieu d'effectuer un démarrage à froid normal et un amorçage complet, le système sort quasi instantanément de la mise en veille dans l'état précédemment enregistré. Le système d'exploitation, les pilotes et toutes les applications ouvertes se retrouvent dans l'état où ils étaient auparavant.

Comme nous l'avons mentionné, de nombreuses personnes utilisent cette fonctionnalité sur les ordinateurs portables, mais peu d'entre elles semblent conscientes qu'elle peut également être utilisée sur les ordinateurs de bureau. Pour activer cette mise en sommeil profond, il suffit de suivre les deux étapes suivantes :

1. Entrez dans le menu de configuration du BIOS, sélectionnez le menu Alimentation (ou Power), localisez l'option de mise en veille ACPI et choisissez le mode S3 (parfois appelé STR pour *Suspend to RAM*). Enregistrez, quittez le BIOS et redémarrez.
2. Une fois le démarrage de Windows effectué, ouvrez le panneau de configuration, sélectionnez l'outil Options d'alimentation, cliquez sur l'onglet Avancé et choisissez Mettre en veille dans le menu déroulant "Lorsque j'appuie sur le bouton de mise sous tension".

Nous vous conseillons également de cliquer sur l'onglet Mise en veille prolongée et de cocher la case Activer la mise en veille prolongée. Cela vous permet d'utiliser le mode ACPI S4 (STD, ou *Suspend to Disk*) en plus du mode S3. Le mode ACPI S4 est assez comparable au mode S3, mais le contexte du système est alors sauvegardé sur le disque dur (hiberfil.sys) plutôt qu'en mémoire RAM, après quoi le système entre dans l'état G2/S5. L'état G2/S5, également connu sous le nom d'arrêt piloté (ou *Soft-Off*), est identique à celui obtenu en arrêtant normalement l'ordinateur. Lors

de la mise sous tension depuis l'état de mise en veille prolongée (S4), le système exécute la séquence d'amorçage complète, mais Windows restaure le contexte du système depuis le disque dur (hiberfil.sys) au lieu de redémarrer normalement. Bien que moins rapide que la mise en service depuis le mode S3 (*Suspend to RAM*), cela est beaucoup plus rapide qu'un arrêt et un redémarrage complets et fonctionne même si le système n'est plus du tout alimenté pendant la mise en veille prolongée.

Enfin, pour que l'ordinateur se mette en veille automatiquement, cliquez sur l'onglet Modes de gestion de l'alimentation dans la boîte de dialogue Options d'alimentation. Sélectionnez la durée de votre choix dans la section Paramètres du mode PC de bureau ou familial. Ainsi, le système peut se mettre en veille automatiquement lorsque la période d'inactivité choisie est écoulée.

Sur la base de ces considérations, il est préférable de mettre votre ordinateur sous tension au début de votre journée de travail et de choisir la mise en veille S3 (*Suspend to RAM*) ou S4 (mise en veille prolongée) à la fin de la journée plutôt que de l'éteindre complètement. L'état S3 vous permet de ne jamais éteindre totalement votre ordinateur tout en réalisant les mêmes économies. Dans tous les cas, n'éteignez pas l'ordinateur au moment du déjeuner, durant les pauses ou pendant de courtes périodes. À la maison, laissez-le allumé si vous l'abandonnez pour vous en servir un peu plus tard. Habituellement, nous recommandons de ne l'éteindre que si vous vous absentez un certain temps et pendant la nuit. Les serveurs et les ordinateurs apparentés doivent bien entendu toujours rester sous tension en permanence, mais si vous choisissez d'utiliser la fonctionnalité *Wake on LAN* (WOL) en la configurant dans le BIOS et dans Windows, l'ordinateur s'éteindra puis redémarrera lors de la réception de paquets. En conclusion, l'état S3 permet de réaliser des économies d'énergie (et donc d'argent). Mais il ne s'agit que de conseils : si vous préférez laisser vos ordinateurs sous tension 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7, faites-le.

Gestion d'énergie

Au fur et à mesure que la configuration standard d'un PC s'est étoffée pour inclure des fonctions et des périphériques auparavant considérés comme de simples options, les besoins en énergie de l'ordinateur ont augmenté. Les écrans de grande taille, les lecteurs de DVD-ROM et les cartes graphiques plus puissantes nécessitent davantage d'électricité pour fonctionner, et le coût de fonctionnement d'un PC ne cesse d'augmenter. Ce problème est en voie de résolution grâce à plusieurs programmes et standards en cours d'élaboration, l'objectif étant de réduire autant que possible l'électricité nécessaire au fonctionnement d'un PC.

Pour les ordinateurs de bureau standard, la gestion d'énergie est avant tout une question d'économies et de simplicité d'utilisation. S'il est possible de n'éteindre que des composants précis de l'ordinateur, l'utilisateur peut réduire sa facture d'électricité sans pour autant avoir à éteindre et rallumer l'ensemble de son ordinateur manuellement.

Pour les ordinateurs portables, la gestion d'énergie joue un rôle beaucoup plus important. Si l'on ajoute un lecteur de DVD-ROM, des haut-parleurs et d'autres éléments à un ordinateur portable, l'autonomie de la batterie, qui est déjà souvent très courte, se réduit encore. Si l'on ajoute un système de gestion d'énergie à un ordinateur portable, celui-ci peut ne fournir de l'énergie qu'aux éléments qui en ont effectivement besoin, ce qui prolonge l'autonomie de la batterie.

Energy Star

L'EPA (*Environment Protection Association*, Association pour la protection de l'environnement) a mis en place un programme de certification pour les ordinateurs et les périphériques qui consomment peu d'énergie. Pour pouvoir être certifié Energy Star et porter le logo correspondant, l'ordinateur ou le moniteur doivent consommer 30 W ou moins lorsqu'ils ne sont plus en activité. Cette certification s'appuie sur le volontariat des fabricants et n'est aucunement obligatoire. Toutefois, de nombreux fabricants d'ordinateurs ont trouvé dans cette certification un moyen de mieux vendre leurs produits en les présentant comme peu gourmands en énergie.

L'inconvénient de ce système est que la carte mère et les lecteurs "s'endorment" lorsqu'ils passent en mode veille, où ils consomment moins d'énergie. Cela peut alors provoquer des problèmes sur les anciens modèles d'alimentation, car la charge induite n'est plus suffisante pour les faire fonctionner correctement. La plupart des alimentations récentes disponibles sur le marché ont été conçues pour fonctionner avec ce système et la consommation minimale qu'elles nécessitent est très réduite. Si vous achetez une alimentation, mieux vaut toutefois vous assurer que la charge induite par les composants de votre ordinateur sera suffisante. Dans le cas contraire, si votre ordinateur passe en mode veille, vous devrez actionner l'interrupteur de mise sous tension pour le réveiller. Ce problème sera particulièrement ennuyeux si vous investissez dans une alimentation de forte puissance et que vous commenciez par vous équiper d'une configuration consommant peu de courant.

La spécification APM

La spécification APM (*Advanced Power Management* ou gestion étendue de l'alimentation) est une norme développée conjointement par Intel et Microsoft, qui définit un ensemble d'interfaces entre l'alimentation et le système d'exploitation de l'ordinateur. Lorsque l'APM est activé, l'ordinateur peut automatiquement basculer dans cinq états différents, en fonction de son activité. À chaque état correspond une réduction de la consommation d'énergie réalisée en diminuant l'alimentation des composants inutilisés. Ces cinq états sont les suivants :

- **Full On.** L'ordinateur est totalement opérationnel, sans gestion de l'alimentation.
- **APM Enabled.** L'ordinateur est opérationnel. L'alimentation de certains périphériques peut être réduite et l'activité du processeur ralentie ou stoppée.
- **APM Standby.** L'ordinateur n'est pas opérationnel et l'alimentation de la plupart des périphériques est réduite au minimum. L'activité du processeur peut être ralentie ou stoppée, mais les paramètres opérationnels sont conservés en mémoire. L'ordinateur peut revenir presque instantanément à l'état APM Enabled en fonction de l'activité de l'ordinateur ou d'une demande de l'utilisateur.

- **APM Suspend.** L'ordinateur n'est pas opérationnel et la plupart des périphériques ne sont pas alimentés. L'activité du processeur est interrompue et les paramètres opérationnels sont sauvegardés sur le disque dur pour une restauration ultérieure. Au déclenchement d'un événement provoquant son éveil, l'ordinateur revient relativement lentement à l'état APM Enabled.
- **Off.** L'ordinateur n'est pas opérationnel. L'alimentation est éteinte.

Pour fonctionner, l'APM nécessite une prise en charge matérielle et logicielle. Dans ce chapitre, vous avez déjà vu comment les alimentations de type ATX peuvent être contrôlées par des commandes logicielles en utilisant le signal Power_On et le connecteur d'alimentation optionnel à six broches. Les constructeurs intègrent également le même type de fonctions de contrôle d'autres composants du système, comme les cartes mères, les écrans et les disques durs.

Les systèmes d'exploitation qui prennent en charge l'APM déclenchent les événements de gestion de l'alimentation en surveillant les activités de l'utilisateur et les applications qui s'exécutent. Toutefois, le système d'exploitation ne gère pas directement les fonctionnalités de gestion de l'alimentation matérielle. Toutes les versions de Windows depuis Windows 3.1 intègrent la prise en charge de l'APM.

Un ordinateur peut disposer de nombreux périphériques et de nombreuses fonctions logicielles participant à la gestion de l'APM, ce qui rend la communication difficile. Pour remédier à ce problème, le système d'exploitation et le matériel disposent d'une couche d'abstraction qui facilite la communication entre les différents éléments de l'architecture APM.

Le système d'exploitation gère un pilote APM qui communique avec les diverses applications et les fonctions logicielles qui déclenchent les événements de gestion de l'alimentation, tandis que les périphériques prenant en charge l'APM communiquent tous avec le BIOS de l'ordinateur. Le pilote APM et le BIOS communiquent directement pour établir le lien entre le système d'exploitation et le matériel.

Ainsi, pour que l'APM fonctionne, la prise en charge de cette norme doit être intégrée dans les différents périphériques, dans le BIOS et dans le système d'exploitation (qui propose le pilote APM). Sans ces éléments, les événements APM ne peuvent pas se déclencher.

La spécification ACPI

Les techniques de gestion de l'alimentation continuant à se développer, il est devenu de plus en plus difficile pour le BIOS de conserver les informations complexes sur les états nécessaires à l'implémentation de fonctions plus avancées, si bien qu'un autre standard a été développé par Intel, Microsoft et Toshiba. Cette norme, baptisée ACPI (*Advanced Configuration and Power Interface*, élément avancé d'économie d'énergie), a été conçue pour implémenter davantage de fonctions avancées de gestion de l'alimentation dans le système d'exploitation. Les différentes versions de Microsoft Windows depuis Windows 98 utilisent automatiquement l'ACPI si ces fonctions sont prises en charge par le BIOS. La gestion de l'ACPI par le BIOS explique pourquoi de nombreux fournisseurs recom-

mandent d'effectuer une mise à jour du BIOS avant d'installer Windows 98 et plus sur les anciens systèmes.

La spécification ACPI 1.0 a été publiée en 1996 et est apparue pour la première fois dans le BIOS Phoenix à la même époque. L'ACPI est devenue obligatoire pour obtenir la certification "PC'97" d'Intel et de Microsoft en 1996, ce qui a poussé les constructeurs d'ordinateur à intégrer l'ACPI dans leurs systèmes à ce moment-là. Intel a intégré la prise en charge de l'ACPI à partir du chipset South Bridge PIIX4E en avril 1998. Depuis la sortie de Windows 98 (le 25 juin 1998), l'ACPI est pris en charge par Windows et fait partie de ce que Microsoft appelle la norme "OnNow". À la sortie de Windows 2000 (le 17 février 2000), l'ACPI a remplacé l'APM sur tous les nouveaux ordinateurs. Les spécifications officielles de l'ACPI peuvent être téléchargées à l'adresse **www.acpi.info**. Placer la gestion de l'alimentation sous le contrôle du système d'exploitation améliore l'interaction avec les applications. Ainsi, un programme peut indiquer au système d'exploitation les activités cruciales qu'il effectue et qui obligent une activation immédiate du disque dur; il peut alors retarder cette demande tant que le disque dur n'est pas activé pour une autre raison. Par exemple, un traitement de texte peut être configuré pour enregistrer automatiquement les fichiers en arrière-plan, ce que le système d'exploitation utilisant l'ACPI peut alors retarder jusqu'à ce que le lecteur soit activé pour une autre raison et ainsi réduire le nombre d'accès au disque.

La norme ACPI dépasse de loin le standard APM (*Advanced Power Management*) précédent, qui contrôlait principalement le processeur, le disque dur et l'affichage. L'ACPI contrôle non seulement l'alimentation mais également toute la configuration du matériel Plug and Play de l'ordinateur. Avec l'ACPI, la configuration du système (Plug and Play) et la gestion de l'alimentation ne sont plus contrôlées par le BIOS mais le sont entièrement dans le système d'exploitation.

ACPI permet au système d'activer et d'éteindre automatiquement les périphériques internes (les lecteurs de CD-ROM, les cartes réseau, les disques durs et les modems) et externes (les imprimantes, les moniteurs ou tout périphérique connecté à un port série, parallèle, USB, vidéo ou autre). La technologie ACPI permet aussi aux périphériques de mettre en marche ou de réveiller l'ordinateur. Par exemple, un répondeur téléphonique logiciel peut demander à être en mesure de répondre à un appel téléphonique dans un délai d'une seconde. Si l'utilisateur presse le bouton d'alimentation ou de mise en veille, le système va alors choisir l'état de veille le plus profond possible qui soit compatible avec la capacité de répondre à la demande du répondeur téléphonique logiciel.

Grâce à l'ACPI, les concepteurs des ordinateurs peuvent implémenter de nombreuses fonctionnalités de gestion de l'alimentation compatibles avec différents périphériques tout en utilisant le même pilote dans le système d'exploitation. L'ACPI utilise aussi les structures de données Plug and Play du BIOS et prend le contrôle de l'interface Plug and Play, ce qui fournit une interface indépendante du système d'exploitation pour la configuration et le contrôle de l'alimentation.

L'ACPI définit plusieurs états et sous-états du système. Il existe quatre états globaux, de G0 (ordinateur en service) à G3 (arrêt mécanique). Les états globaux désignent les états immédiatement évidents pour l'utilisateur et s'appliquent à l'ensemble du système. Dans l'état G0, il existe quatre niveaux d'alimentation du processeur (C0 à C3) et quatre états d'alimentation des périphériques (D0

à D3) pour chaque périphérique. Dans l'état C0, il existe jusqu'à 16 niveaux de performances pour le processeur (P0 à P15).

Les états d'alimentation des périphériques désignent les états de chaque périphérique lorsque l'ordinateur est dans l'état G0 (en fonctionnement). Les états des périphériques peuvent être évidents ou non pour l'utilisateur. Par exemple, l'état d'un disque dur arrêté ou d'un écran éteint est évident, mais il n'en va pas de même pour un modem ou un autre périphérique. Les états d'alimentation des périphériques sont quelque peu théoriques car de nombreux périphériques ne proposent pas les quatre états d'alimentation.

Dans l'état de veille global G1, il existe quatre états de veille (S1 à S4). Dans l'état global d'arrêt piloté G2, également connu sous le nom d'état de veille S5, le système est éteint mais encore alimenté. Enfin, l'état G3 correspond à l'arrêt mécanique, lorsque l'ordinateur n'est plus du tout alimenté.

Les différents états et sous-états sont indiqués dans la liste suivante :

- **G0 en service.** L'état de fonctionnement normal du système. Dans cet état, les états des processeurs et des périphériques sont les suivants :
  - **G0/D0 en service.** Le périphérique est totalement actif.
  - **G0/D1.** Dépend du périphérique. Utilise moins de courant que l'état D0.
  - **G0/D2.** Dépend du périphérique. Utilise moins de courant que l'état D1.
  - **G0/D3 arrêt.** Le périphérique est éteint.
- Les états des processeurs sont les suivants :
  - **G0/C0 CPU en service.** Fonctionnement normal du processeur.
  - **G0/C1.** Le processeur est en pause.
  - **G0/C2.** L'horloge a été arrêtée.
  - **G0/C3.** L'horloge a été arrêtée et les données mises en cache sont ignorées.
- **G1** sommeil. L'ordinateur semble être éteint, mais il est actuellement dans un des quatre états de veille (depuis l'état de fonctionnement à la mise en veille prolongée). Le temps nécessaire à l'ordinateur pour revenir à l'état G0 dépend de l'état de veille sélectionné par le système. Dans tous ces états de veille, le contexte et le statut du système sont enregistrés afin de pouvoir être totalement rétablis. Les états de veille disponibles dans l'état Global G1 sont définis comme suit :
  - **G1/S1** *Power on Suspend*. État inactif superficiel. Le processeur est arrêté mais le contexte et le statut du système sont complètement conservés.
  - **G1/S2** Standby. Analogue à l'état de veille S1, mais le contexte et le cache du processeur ne sont pas conservés. Le processeur doit être réinitialisé au réveil.

  - **G1/S3** *Suspend to RAM***.** Tout le contexte du système est perdu à l'exception de l'état de la mémoire centrale. Le matériel conserve le contexte en mémoire. Le processeur est réinitialisé au réveil et restaure une partie du contexte et du cache L2.
  - **G1/S4** *Suspend to Disk* (mise en veille prolongée). Le contexte et l'état (le contenu de la RAM) sont sauvegardés sur un support non volatil, généralement sur le disque dur. Cet état est également appelé Hibernation. Pour revenir à l'état G0, vous devez presser le bouton d'alimentation. L'ordinateur redémarre, puis charge le contexte et le statut du système tels qu'ils étaient lors de leur enregistrement. La durée du retour à l'état G0 est assez longue.
  - **G2/S5** arrêt piloté (*Soft Off*). L'état normal de l'ordinateur après son extinction. L'ordinateur et tous les périphériques sont toujours branchés et la carte mère est toujours alimentée en courant 5 VSB, ce qui permet à l'ordinateur de démarrer lorsqu'un périphérique le lui demande. Aucun contexte ni statut matériel n'est sauvegardé. Le système doit effectuer la séquence complète d'amorçage pour revenir à l'état G0.
- **G3** arrêt mécanique. L'alimentation n'est plus du tout alimentée. Dans la plupart des cas, l'ordinateur a été débranché ou un interrupteur mécanique a coupé l'alimentation. Il s'agit du seul état dans lequel doivent s'effectuer les interventions sur le matériel. À l'exception du circuit CMOS/horloge de la pile, la consommation d'énergie est égale à 0.

Lors de son utilisation, le système alterne entre les états G0 (en service) et G1 (veille). Dans l'état G1, les périphériques et les processeurs peuvent être gérés par les états d'alimentation des périphériques (D1 à D3) et d'alimentation des processeurs (C1 à C3). Tout périphérique mis hors tension de façon sélective peut rapidement être allumé quasi instantanément ou en quelques secondes seulement (comme la rotation du disque dur).

Lorsque le système est inactif (pas d'entrée depuis le clavier ou la souris) pendant un laps de temps prédéfini, le système entre dans l'état Global G1 (veille) et adopte donc également un état de veille, de S1 à S4. Dans ces états, le système semble être éteint, mais le contexte et le statut du système sont enregistrés, ce qui permet au système de revenir exactement à l'état dans lequel il s'est arrêté. Le temps nécessaire au réveil varie selon l'état sélectionné. Ainsi, revenir à l'état G0 depuis l'état G1/S4 nécessite plus de temps que depuis l'état G1/S3.

Lorsque l'utilisateur presse le bouton d'alimentation ou sélectionne Arrêter l'ordinateur dans le système d'exploitation, l'ordinateur entre dans l'état G2/S5 (arrêt piloté). Dans cet état, aucun contexte n'est sauvegardé, et le système n'est plus alimenté que par le courant 5 VSB. Lorsque l'alimentation du secteur ou la batterie est débranchée, l'ordinateur est en état Global G3 (arrêt mécanique), qui est le seul état dans lequel le système peut être démonté.

Au cours de la configuration et du processus de démarrage, l'ACPI effectue une série de contrôles et de tests pour voir si le matériel et le BIOS prennent en charge l'ACPI. Si cette prise en charge n'est pas détectée ou est jugée défectueuse, l'ordinateur revient généralement à la norme de gestion APM. Presque tous les problèmes ACPI proviennent d'une implémentation partielle ou incomplète de l'ACPI ou d'incompatibilités dans le BIOS ou dans les pilotes des périphériques. Si vous rencontrez une de ces erreurs, contactez le fabricant de votre carte mère pour effectuer une mise à jour du BIOS ou les constructeurs des périphériques pour une mise à jour de leurs pilotes.

Dépannage d'une alimentation

Le plus souvent, le dépannage d'une alimentation se résume, pour l'utilisateur, à identifier l'alimentation comme la source des problèmes que l'ordinateur rencontre et, le cas échéant, à remplacer celle-ci.

Attention

Il est formellement déconseillé à un utilisateur inexpérimenté d'ouvrir l'alimentation de son ordinateur pour la réparer, car les tensions électriques y sont très élevées. Les réparations de ce type ne rentrent pas dans le cadre de cet ouvrage et sont du ressort exclusif des techniciens qui savent exactement ce qu'ils font.

De nombreux symptômes peuvent porter à penser qu'une alimentation est défectueuse. Ces symptômes ne sont pas toujours aisés à identifier pour un novice, car il est parfois difficile d'établir le lien avec l'élément qui les a provoqués : l'alimentation.

À titre d'exemple, les messages d'erreur de "contrôle de parité" sont souvent révélateurs d'un problème d'alimentation. Cela peut paraître étrange puisque le message de contrôle de parité lui-même fait référence à une erreur de mémoire. Le lien entre ces deux éléments est tout simplement l'alimentation, laquelle alimente la mémoire. Or, si la mémoire n'est pas "nourrie" convenablement, elle ne peut s'initialiser correctement.

Il faut un peu d'expérience pour déterminer le moment auquel ces messages d'erreurs sont provoqués par l'alimentation et non par la mémoire. Il existe un indice, toutefois : la fréquence de ces messages. Si le message d'erreur de contrôle de parité (ou tout autre problème) apparaît fréquemment et incrimine toujours la même zone de mémoire, l'origine du problème est probablement la mémoire. Si, en revanche, le problème semble plus aléatoire ou si une zone de mémoire différente semble chaque fois incriminée, le problème est vraisemblablement provoqué par l'alimentation. La liste ci-après présente un certain nombre d'autres problèmes généralement provoqués par une défaillance de l'alimentation :

- problèmes de démarrage lors de la mise sous tension ou arrêt de l'ordinateur;
- réinitialisation spontanée ou arrêts intermittents alors que l'ordinateur semblait fonctionner normalement;
- erreurs intermittentes de contrôle de parité ou autres problèmes de mémoire;
- arrêt simultané du disque dur et du ventilateur (absence de tension de signal de +12 V);
- surchauffe provoquée par une panne de ventilateur;
- petites baisses de tension provoquant la réinitialisation de l'ordinateur;
- chocs électriques perceptibles en touchant le boîtier ou les connecteurs;
- décharges d'électricité statique perturbant le fonctionnement de l'ordinateur;
- reconnaissance erratique des périphériques USB.

En fait, toutes les pannes intermittentes peuvent être provoquées par une défaillance de l'alimentation. Celle-ci est également souvent en cause lorsque l'ordinateur semble instable alors qu'il fonctionne. Les symptômes ci-après permettent eux aussi d'incriminer l'alimentation :

- L'ordinateur reste complètement inactif (aucun bruit de ventilateur, pas de curseur à l'écran).
- L'ordinateur fume.
- Les disjoncteurs sautent.

Si vous pensez que l'alimentation de votre ordinateur est défaillante, certaines mesures toutes simples et d'autres plus complexes mentionnées dans cette section vous aideront à déterminer s'il faut vraiment la mettre en cause. Ces mesures ne permettant pas de détecter certaines pannes intermittentes, vous pourrez avoir à utiliser une alimentation de rechange pour tester la vôtre pendant une durée prolongée. Si les problèmes disparaissent une fois l'alimentation remplacée, alors vous avez identifié leur source.

Reportez-vous au schéma suivant pour savoir comment aborder tout problème relatif à l'alimentation :

1. Vérifiez l'arrivée de l'alimentation en courant alternatif. Assurez-vous que le cordon électrique est bien branché dans la prise murale. Essayez au besoin un autre cordon.
2. Vérifiez les connexions du courant continu. Voyez si les connecteurs de l'alimentation de la carte mère et du disque dur sont solidement enfoncés et établissent un bon contact. Vérifiez que les vis sont vissées à fond.
3. Vérifiez la puissance de sortie du courant continu. Utilisez un multimètre numérique pour vérifier les voltages. Si les résultats sont trop bas, changez l'alimentation.
4. Vérifiez l'installation des périphériques. Enlevez toutes les cartes et lecteurs, et testez de nouveau l'ordinateur. S'il fonctionne, ajoutez alors un à un les éléments jusqu'à ce que l'ordinateur tombe en panne. Le dernier composant ajouté avant la panne est normalement responsable du dysfonctionnement.

Toutes sortes de symptômes sont susceptibles de révéler que l'alimentation est défectueuse. Comme celle-ci fournit en électricité tous les éléments de l'ordinateur, tous les problèmes se rapportant au disque dur, à la mémoire, en passant par ceux de la carte mère, peuvent mener jusqu'à l'alimentation comme cause première.

Surcharge de l'alimentation

Si votre alimentation est trop faible ou inadaptée, cela risque de contrarier tout projet d'extension de votre configuration informatique. Certains ordinateurs sont équipés d'alimentations robustes, visiblement prévues pour recevoir de nouveaux périphériques. D'autres, au contraire, sont équipés d'alimentations insuffisantes à l'origine, qui ne pourront *a fortiori* pas alimenter les périphériques gourmands en énergie que vous souhaiteriez ajouter.

La puissance en watts peut parfois induire en erreur. Toutes les alimentations de 500 W ne sont pas conçues de la même manière. Les passionnés de hi-fi haut de gamme savent bien que certains watts sont préférables à d'autres. De même, les alimentations à bon marché assurent en principe la puissance indiquée, mais il faut tenir compte de la température qu'elles dégagent. De nombreuses alimentations bon marché ont une température nominale qui ne se rencontre jamais dans des conditions d'utilisation normales. Lorsque la température s'élève, la puissance en sortie diminue à tel point que certaines alimentations sont incapables de fournir plus de 50 % de la puissance qu'elles sont censées délivrer. Il faut également tenir compte du bruit et des distorsions. Certaines alimentations ont été conçues avec un soin tout juste suffisant pour atteindre les valeurs indiquées, tandis que d'autres offrent une marge importante. Beaucoup d'alimentations à bon marché ne fournissent qu'un courant instable et souffrant de nombreux parasites, ce qui peut créer des problèmes. De surcroît, ces alimentations tendent à surchauffer et à faire surchauffer les autres composants. Ces surchauffes et refroidissements répétés peuvent provoquer des pannes. Les techniciens considèrent d'ailleurs que plus la température à laquelle un PC est soumis est élevée, moins sa longévité sera importante. De nombreux techniciens recommandent de remplacer les alimentations d'origine des ordinateurs par des modèles plus robustes, ce qui résout effectivement le problème. Le facteur d'encombrement des alimentations étant standard, il est facile, pour la plupart des modèles d'ordinateur, de se procurer et d'installer une alimentation de rechange robuste.

Refroidissement inadéquat

Certaines alimentations de rechange sont équipées de ventilateurs de refroidissement de capacité supérieure au modèle original, ce qui peut grandement contribuer à prolonger la vie de votre ordinateur et minimiser les risques de surchauffe, surtout avec les nouveaux processeurs de forte puissance. Si vous êtes dérangé par le bruit de votre alimentation, vous pouvez vous procurer des modèles équipés de ventilateurs spéciaux plus silencieux que les modèles standard. Les ventilateurs de ces modèles sont généralement de diamètre plus important et tournent plus lentement. Ils peuvent par conséquent fonctionner sans bruit en déplaçant la même quantité d'air que les modèles plus petits. Le constructeur d'alimentations PC Power and Cooling, Inc., par exemple, est spécialisé dans les alimentations robustes et silencieuses.

La ventilation de l'ordinateur joue un rôle très important. Vous devez vous assurer qu'un flux d'air suffisant circule pour refroidir les éléments les plus chauds. Cela ne pose pas de problème pour de nombreux ordinateurs préassemblés, car la majorité des grands constructeurs s'assure que leurs ordinateurs disposent d'un système de ventilation capable d'éviter toute surchauffe. Par contre, si vous assemblez votre ordinateur vous-même ou que vous remplaciez certains composants, il est primordial que votre processeur soit refroidi par un dissipateur thermique actif et que le châssis dispose d'un ou plusieurs ventilateurs supplémentaires. Si certains connecteurs sont libres, espacez les cartes de manière à laisser l'air circuler entre elles. Insérez la carte qui chauffe le plus le plus près possible du ventilateur ou des orifices de ventilation de l'ordinateur. Vérifiez également qu'il circule assez d'air autour du disque dur, surtout s'il tourne rapidement. Certains disques durs peuvent en

effet chauffer fortement lorsqu'ils fonctionnent : en cas de surchauffe, des données risquent d'être perdues.

Assurez-vous toujours que le couvercle de votre ordinateur est fermé lorsque celui-ci fonctionne, surtout s'il est assez ancien et utilise des dissipateurs thermiques passifs. Si le couvercle est retiré, l'ordinateur risque de surchauffer. Les ventilateurs de l'alimentation et du boîtier ne feront plus circuler assez d'air à l'intérieur de l'ordinateur et finiront par ne plus refroidir que l'alimentation, alors que le reste de l'ordinateur doit être refroidi par simple convection. Les ordinateurs dont le processeur est pourvu d'un dissipateur thermique actif posent moins de problèmes. En fait, l'air plus frais venant de l'extérieur peut les aider à se refroidir.

En outre, vérifiez que tous les orifices correspondant à des emplacements de connecteurs vides sont obstrués à l'aide d'une languette. Si vous ne remontez pas cette languette alors qu'aucune carte n'est insérée dans le connecteur, le trou laissé dans le boîtier de l'ordinateur perturbera le circuit d'air de l'ordinateur, ce qui risque de faire monter la température interne.

Si vous êtes confronté à des problèmes intermittents que vous pensez être dus à des surchauffes, la meilleure solution consiste sans doute à vous procurer une alimentation de rechange plus puissante. Les alimentations spéciales équipées d'un ventilateur supplémentaire peuvent également vous aider à résoudre ces problèmes. Il existe au moins un fabricant qui propose une carte ventilateur, mais il n'est pas certain que cette invention soit une bonne idée. Ce ventilateur ne refroidit en effet que les éléments sur lesquels il envoie de l'air, à moins qu'il ne soit positionné de façon à aspirer de l'air de l'extérieur, si bien qu'il ne contribue au total qu'à faire augmenter la température intérieure de l'ordinateur puisque tout ventilateur consomme de l'énergie et génère de la chaleur.

Les ventilateurs montés sur les processeurs et les cartes graphiques font exception à ce principe, car ils sont conçus pour ne refroidir que le processeur ou le processeur graphique. Ces deux puces chauffent tellement plus que les autres composants de l'ordinateur qu'un simple dissipateur passif ne suffit pas. En plaçant un petit ventilateur directement sur le microprocesseur, il est possible de créer un courant d'air localisé qui en fait baisser la température. L'inconvénient de ces ventilateurs de refroidissement actif est que, s'ils tombent en panne, le processeur surchauffe immédiatement et peut être endommagé. La plupart des processeurs Intel depuis le Pentium III ainsi que les processeurs AMD récents sont équipés d'un système de sécurité qui les force automatiquement à s'éteindre ou à réduire leur vitesse en cas de surchauffe. Il est toutefois préférable de ne pas compter uniquement sur ces sécurités car tous les processeurs ne les possèdent pas.

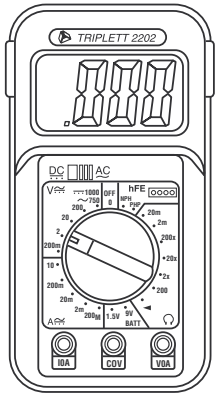
Multimètres numériques

L'un des tests les plus simples que vous puissiez effectuer pour contrôler votre alimentation est d'en vérifier les tensions de sortie. Vous pourrez ainsi vérifier si elles sont comprises dans les intervalles de tolérance corrects. Pour effectuer ces mesures, il faut impérativement que l'alimentation soit soumise à une charge adéquate, ce qui signifie en pratique qu'elle doit être installée sur l'ordinateur et connectée à la carte mère et aux périphériques.

Choix du multimètre

Vous devez disposer d'un multimètre numérique ou d'un voltmètre-ohmmètre numérique pour vérifier les tensions et les impédances des circuits électroniques (voir Figure 16.39). Il est préférable d'utiliser un multimètre numérique plutôt qu'un multimètre à aiguille, car les anciens multimètres injectent une tension de 9 V dans le circuit lors des mesures de résistance, ce qui peut endommager les circuits.

Figure 16.39
Multimètre numérique classique.



Les multimètres numériques utilisent une tension plus faible (généralement de 1,5 V) pendant les mesures d'impédance, ce qui est préférable pour les circuits. Vous pouvez vous procurer différents types de multimètres numériques dotés de diverses fonctions auprès des distributeurs. Pour travailler sur un ordinateur, choisissez de préférence un modèle de poche, qui sera facile à déplacer.

Pour choisir un multimètre numérique, assurez-vous qu'il est doté des caractéristiques suivantes :

- **Format de poche.** Cette expression parle d'elle-même, mais certains petits modèles possèdent un grand nombre de fonctions, sinon toutes, également présentes sur les modèles plus importants. Les fonctions compliquées de certains multimètres plus importants ne sont guère utiles pour tester un ordinateur.
- **Protection contre les surcharges.** Si vous branchez votre multimètre sur une source de tension ou d'intensité supérieure à sa capacité, il doit se protéger automatiquement. Les multimètres à bon marché ne sont pas munis de protection de ce type et peuvent aisément être endommagés si l'intensité ou la tension sont trop élevées.
- **Sélection automatique de l'échelle.** Le multimètre sélectionne automatiquement l'échelle de tension ou d'intensité adaptée lorsque vous effectuez des mesures. La sélection automatique est préférable à la sélection manuelle. Les meilleurs multimètres offrent les deux options.
- **Fils de test amovibles.** Les fils d'un multimètre peuvent être endommagés très facilement et vous pouvez par ailleurs avoir besoin de fils de différentes tailles. Les fils des multimètres à bon

marché sont souvent fixés à demeure et il est par conséquent difficile de les remplacer. Mieux vaut acheter un multimètre à fils amovibles.

- **Test de continuité sonore.** Bien que vous puissiez utiliser les tests en ohms pour tester la continuité d'un composant (une résistance de 0 ohm indique qu'il y a continuité), il est préférable de disposer d'un multimètre doté d'une fonction de test de continuité qui émette un bip sonore lorsqu'un signal continu est détecté au niveau des fils de test. En utilisant cette fonction sonore, vous testerez plus rapidement la continuité des fils de montage de l'ordinateur et d'autres éléments. Lorsque vous aurez essayé cette fonction, vous ne souhaiterez plus jamais utiliser l'affichage en ohms pour tester la continuité.
- **Extinction automatique.** Les multimètres fonctionnent sur piles et celles-ci peuvent se décharger rapidement si les multimètres sont laissés sous tension accidentellement. Les plus performants sont capables de s'éteindre automatiquement lorsqu'ils ne détectent pas de mesure pendant une durée prolongée.
- **Gel de l'affichage.** Cette fonction permet de conserver à l'écran la dernière valeur stable mesurée, même lorsque vous avez terminé d'effectuer cette mesure, ce qui est très pratique lorsque vous travaillez sur un endroit difficile à atteindre d'une seule main.
- **Mémorisation des valeurs minimale et maximale.** Cette fonction permet de conserver en mémoire la valeur la moins élevée et la valeur la plus élevée, et de les afficher plus tard, ce qui est particulièrement utile lorsque les valeurs fluctuent trop rapidement pour être lisibles.

Bien qu'il soit possible d'acquérir un modèle de poche de base pour une vingtaine d'euros, le coût d'un modèle présentant toutes les caractéristiques de la liste précédente est de l'ordre de 100 €.

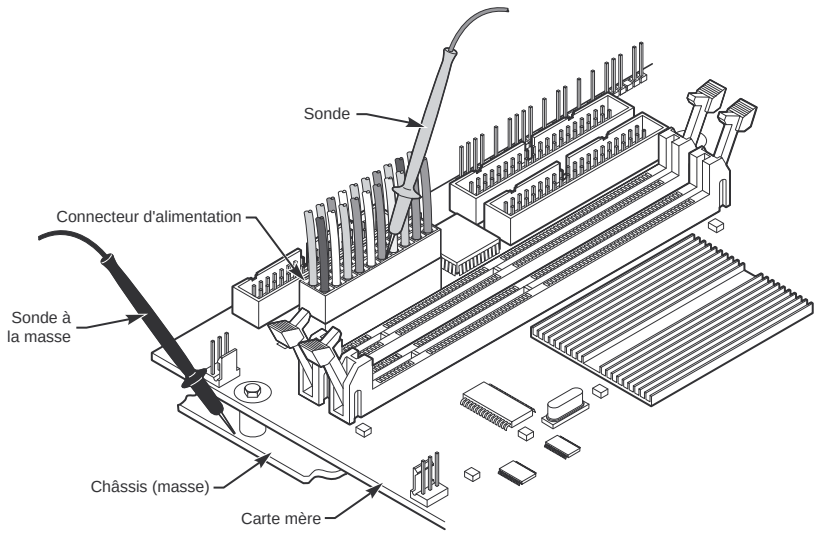
Mesure de la tension

Pour effectuer des mesures sur un ordinateur alors qu'il fonctionne, vous devez appliquer les fiches des fils de test à l'arrière des connecteurs (voir Figure 16.40). Vous ne pouvez en effet déconnecter aucun des connecteurs lorsque l'ordinateur est sous tension puisque ces mesures doivent s'effectuer alors que les éléments sont connectés. Presque tous les connecteurs que vous aurez à tester sont pourvus de trous à l'arrière, à l'endroit où les fils arrivent. Les fiches des fils de test sont assez étroites pour rentrer dans ces trous, le long des fils, et entrer en contact avec le métal du connecteur. Vous devrez utiliser cette méthode pour effectuer la quasi-totalité de vos mesures.

Pour tester les tensions d'une alimentation, vérifiez que celle de la broche du Power_Good (broche 1 du connecteur P8 sur les alimentations de facteur d'encombrement AT, Baby AT et LPX ; broche 8 du connecteur ATX) est comprise entre +3 et +6 V. Si tel n'est pas le cas, l'ordinateur ne pourra pas détecter le signal Power_Good et il ne démarrera pas ou ne fonctionnera pas correctement. Dans ce cas, c'est généralement que l'alimentation est défectueuse et il faut la remplacer.

Continuez à mesurer les tensions des autres broches des connecteurs d'alimentation de la carte mère et des lecteurs. Si vous effectuez des mesures de tension pour tester votre configuration, vous pouvez considérer toutes les valeurs inférieures ou supérieures de 10 % à la valeur spécifiée comme acceptables, bien que la plupart des fabricants spécifient une marge de tolérance de 5 %. Pour les

Figure 16.40
Test des connecteurs d'une alimentation.



alimentations de facteur d'encombrement ATX, la spécification ATX prévoit que les tensions doivent être comprises dans un intervalle de 5 %, à l'exception de la tension de +3,3 V, qui doit rester comprise dans une marge de 4 %.

	Marge de tolérance large		Marge de tolérance large	
Tension requise	**Min. (–10 %)**	**Max. (+8 %)**	**Min. (–5 %)**	**Max. (+5 %)**
+3,3 V	2,97 V	3,63 V	3,135 V	3,465 V
+/–5,0 V	4,5 V	5,4 V	4,75 V	5,25 V
+/–12,0 V	10,8 V	12,9 V	11,4 V	12,6 V

La marge de tolérance du signal Power_Good diffère de celle des autres tensions. La tension nominale de ce signal est de +5 V sur la plupart des ordinateurs et son seuil de déclenchement est de l'ordre de +2,4 V, mais sur la plupart des ordinateurs sa tension doit être comprise dans les marges de tolérance présentées au tableau suivant :

Signal	Minimum	Maximum
Power_Good (+5 V)	3,0 V	6,0 V

Si les tensions que vous avez mesurées ne sont pas comprises dans ces marges de tolérance, remplacez l'alimentation. Une fois encore, il ne faut pas oublier que la charge induite sur celle-ci doit être

suffisante pour y effectuer des tests et des mesures, ce qui signifie que l'alimentation doit être installée sur l'ordinateur et que ce dernier doit fonctionner.

Équipement de test spécialisé

Vous pouvez utiliser plusieurs types d'outils spécialisés pour tester avec efficacité une alimentation. Comme elle est l'élément le plus susceptible de tomber en panne dans un PC, si vous devez réparer plusieurs PC, vous aurez intérêt à posséder un certain nombre de ces outils.

Thermomètre numérique infrarouge

Le thermomètre numérique infrarouge est l'un des meilleurs outils que vous puissiez ajouter à votre boîte à outils. Il est également appelé thermomètre sans contact puisqu'il prend ses mesures par détection infrarouge, sans toucher l'élément. Cela permet de faire des vérifications instantanées de températures sur les puces, les cartes ou le châssis. Pour utiliser ce thermomètre, il suffit de pointer un objet et d'appuyer sur un bouton. Le résultat s'affiche en quelques secondes, avec une précision de +/–2 C. Cet outil est indispensable pour vérifier que les composants de l'ordinateur sont refroidis correctement.

Transformateur à tension variable

Il est parfois souhaitable de pouvoir simuler différentes tensions de secteur pour observer la façon dont l'alimentation réagit. À ce titre, il est très utile de posséder un transformateur à tension variable (voir Figure 16.41) pour tester une alimentation. Cet appareil sert en effet à contrôler la tension du CA qui y entre. Il est constitué d'un gros transformateur logé dans un boîtier muni d'un cadran rotatif à l'aide duquel régler la tension. Il faut brancher le cordon d'alimentation du transformateur dans la prise murale et celui de l'ordinateur dans la prise du transformateur. Le bouton du transformateur permet d'ajuster la tension du courant alternatif reçu par l'ordinateur.

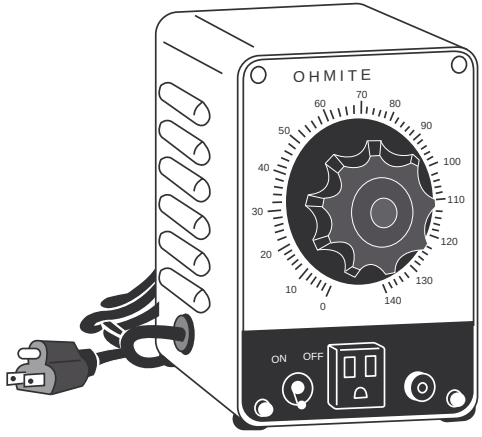


Figure 16.41
Transformateur à tension variable.

Sur la plupart des transformateurs à tension variable, il est possible de régler la tension de sortie CA de 0 à 140 V, quelle que soit la tension d'entrée (prise murale). Certains couvrent une plage de 0 à 280 V. Vous pouvez notamment utiliser votre transformateur pour simuler des baisses de tension et observer la façon dont l'ordinateur réagit. Vous pouvez ainsi également vérifier si le Power_Good fonctionne correctement.

En faisant fonctionner l'ordinateur puis en faisant baisser la tension jusqu'à ce qu'il s'éteigne, vous pourrez apprécier les "réserves" dont il dispose pour résister aux baisses de tension et aux fluctuations. Vous pourrez également tester votre ordinateur sur 110 V et voir ainsi comment il fonctionnerait aux États-Unis. Une alimentation en bon état doit fonctionner de 180 à 270 V. Au-delà de cet intervalle, elle doit s'éteindre immédiatement.

Vous pouvez détecter l'existence d'un problème si, lorsque vous réduisez la tension à 160 V, un message d'erreur de contrôle de parité apparaît à l'écran. Ce message indique en effet que le signal Power_Good ne disparaît pas avant que la tension de sortie qui alimente le PC chute. Le PC devrait simplement cesser de fonctionner lorsque le signal Power_Good disparaît, puis amorcer un cycle sans fin de réinitialisations.

Vous pouvez vous procurer un transformateur à tension variable dans un magasin d'électronique. Ce type d'appareil coûte entre 75 et 230 €.

Réparation d'une alimentation

On ne répare plus guère les alimentations à l'heure actuelle, car il revient moins cher d'effectuer un échange standard. Même le coût des alimentations de qualité est accessible comparé au prix qu'il faudrait payer pour faire effectuer une réparation par un technicien.

Les alimentations défectueuses sont généralement mises au rebut, à moins qu'il ne s'agisse de modèles haut de gamme. Il est dans ce cas préférable de renvoyer l'alimentation défectueuse à une société spécialisée dans les réparations d'alimentations et de composants de ce type. Ces sociétés effectuent des réparations avec "retour à l'atelier", ce qui signifie que vous devez leur expédier le composant et qu'elles vous le retournent par la suite. Si la réparation est très urgente, elles accepteront en principe de vous envoyer immédiatement un modèle équivalent en état de marche et conserveront votre alimentation en garantie de paiement. Ce type de réparation est recommandé pour la plupart des organes constitutifs d'un ordinateur, qu'il s'agisse d'alimentations, de moniteurs ou d'imprimantes. Le plus souvent, lorsque vous porterez un ordinateur en réparation dans une boutique quelconque, le vendeur se contentera de diagnostiquer le problème et de retourner l'article défectueux à l'usine. Aussi pouvez-vous vous charger vous-même de cette opération et économiser la commission prélevée par la boutique.

Si vous avez de l'expérience dans le domaine des hautes tensions, vous pouvez peut-être envisager de réparer vous-même votre alimentation en remplaçant le fusible ou le ventilateur interne. Toutefois, cette opération nécessite d'ouvrir le boîtier de l'alimentation, ce qui représente un danger de

mort pour l'utilisateur moyen. De surcroît, quand le fusible fond, c'est généralement qu'un autre composant est défectueux. Une fois le nouveau fusible en place, il fond à son tour. À l'inverse, si le seul problème est que le ventilateur est défectueux (au niveau du roulement ou du moteur), vous pouvez récupérer l'alimentation en installant un nouveau ventilateur interne.

La plupart des fabricants essaient de dissuader les propriétaires d'ordinateurs d'ouvrir leur alimentation en utilisant des vis Torx non dévissables pour les fermer. Ces vis sont dotées de l'incrustation Torx en étoile classique, mais possèdent en outre, en leur centre, une pointe qui empêche l'utilisation d'un tournevis Torx standard. Certains magasins d'outillage vendent toutefois des tournevis spéciaux capables de dévisser ce type de vis. D'autres fabricants ferment leurs alimentations à l'aide de rivets qu'il faut percer pour les ouvrir.

Attention

Si les fabricants placent ces obstacles, c'est pour une raison : empêcher les utilisateurs inexpérimentés d'ouvrir leur alimentation et de s'exposer à de hautes tensions. Vous voilà prévenu !

Remplacement d'une alimentation

Il est généralement plus simple, moins dangereux et moins onéreux (compte tenu du temps et des composants nécessaires) de remplacer une alimentation que de la réparer. Comme cela a été indiqué précédemment, de nombreux fabricants proposent des alimentations. Il est toutefois nécessaire de tenir compte de plusieurs facteurs pour acheter une nouvelle alimentation.

Critères d'achat

Avant d'acheter une nouvelle alimentation pour votre ordinateur, vous devez prendre en considération un certain nombre de facteurs. Réfléchissez d'abord à son format, également appelé "facteur d'encombrement". Les alimentations peuvent différer au niveau de leur taille et de leur forme, mais aussi au niveau de la position des trous, des types de connecteurs, du nombre de connecteurs, de l'emplacement du ventilateur et de la position des interrupteurs. Toutefois, les alimentations d'ordinateurs de même facteur d'encombrement sont facilement interchangeables. Lorsque vous commandez une alimentation, vous devez connaître le facteur d'encombrement du boîtier auquel elle est destinée.

Certains modèles d'ordinateurs sont équipés de modèles d'alimentations propriétaires, ce qui rend leur remplacement plus difficile. Si votre ordinateur est d'un facteur d'encombrement standard, vous aurez l'embarras du choix pour vous procurer une alimentation de rechange. Les propriétaires d'ordinateurs de facteur d'encombrement particulier, en revanche, n'ont pas ce même choix et ils doivent impérativement se procurer le modèle de remplacement auprès du fabricant et supporter le coût que cela implique. Ils pourront avoir à débourser jusqu'à 300 € pour une alimentation de facteur d'encombrement particulier. Les acheteurs de PC négligent souvent ce point et s'aperçoivent trop tard des inconvénients que présente un ordinateur non standard.

✔ Voir la section "Facteurs d'encombrement de l'alimentation", p. 911.

Certains systèmes de marque d'entrée et de haut de gamme sont connus pour utiliser des alimentations à facteurs d'encombrement propriétaires. Dell utilise par exemple des alimentations propriétaires dans beaucoup de ses systèmes. Pensez-y bien si vous avez l'intention de vous procurer ces types de systèmes hors garantie. Préférez les PC qui utilisent des alimentations standard telles que le facteur d'encombrement ATX12V qu'on trouve sur un grand nombre d'ordinateurs aujourd'hui.

Où se procurer une alimentation de rechange?

L'alimentation faisant partie des éléments les plus susceptibles de se révéler défectueux, les techniciens sont souvent amenés à la remplacer. Il existe des centaines de fabricants d'alimentations et il n'est pas possible d'essayer tous leurs produits. Il est en revanche possible de recommander certains fabricants dont les produits sont réputés de qualité.

Bien qu'il existe aujourd'hui d'autres fabricants très sérieux, il est conseillé d'acheter une alimentation fabriquée par Antec ou PC Power and Cooling, Inc.

Astuces

Pour l'assemblage d'un ordinateur ou le remplacement partiel de composants, nous vous conseillons les modèles de la gamme Silencer de PC Power and Cooling, en raison de leur importante puissance en sortie et de leur faible bruit. Pour les systèmes équipés d'une seule carte graphique haut de gamme, nous recommandons le modèle Silencer 470, dont la profondeur répond à la norme ATX (140 mm) et qui dispose d'une alimentation de 470 W. Pour les ordinateurs de plus grande taille dont le châssis offre plus de place et équipés éventuellement de plusieurs cartes graphiques et de plusieurs lecteurs, préférez les modèles Silencer 610 ou 750, qui ont une profondeur plus importante (180 mm) et délivrent 610 ou 750 W. Pour les ordinateurs haut de gamme équipés de deux processeurs Quad-Core, de plusieurs cartes graphiques et de six disques durs ou plus, nous vous conseillons le modèle Turbo-Cool 1KW, qui a une profondeur de 230 mm et délivre 1000 W en sortie (pic à 1100 W). L'utilisation des modèles Silencer 610 et supérieurs est probablement inutile pour la plupart des ordinateurs, mais peut constituer un excellent choix pour les personnes qui assemblent des ordinateurs haute performance ou qui possèdent le même ordinateur depuis longtemps et ont procédé à de nombreuses mises à niveau de ses composants.

PC Power and Cooling, Inc. propose également un certain nombre d'alimentations destinées à équiper certaines architectures propriétaires de Dell. Elles coûtent en outre moins cher, sont plus puissantes et sont conçues pour remplacer directement les alimentations Dell.

Antec propose également des alimentations de très bonne qualité, en particulier dans la gamme TruePower. Cette entreprise commercialise en outre des alimentations qui peuvent fonctionner sans ventilateur interne, ce qui représente la conception la plus silencieuse possible. Elle vend aussi des alimentations disposant d'un éclairage intérieur, ce qui donne un effet visuel intéressant lorsque l'alimentation est installée dans un châssis aux parois transparentes.

Les alimentations haut de gamme de ces fabricants constituent le meilleur remède aux pannes intermittentes. Elles vous garantiront de longues années de tranquillité.

Recommandations pour le choix d'une alimentation

Étant donné la compatibilité ascendante entre le connecteur d'alimentation à 24 broches ATX et le connecteur de 20 broches sur la carte mère, nous vous conseillons de n'acheter que des alimentations intégrant le connecteur d'alimentation principale à 24 broches, qui sont généralement vendues comme des modèles de type ATX12V 2.x ou PCI-Express. Pour faciliter vos mises à niveau futures, veillez également à ce que le bloc d'alimentation dispose du connecteur d'alimentation de carte graphique PCI-Express à six broches ainsi que des connecteurs d'alimentation de disque SATA. Le modèle Turbo-Cool 510 Express/SLI de PC Power and Cooling (**www.pcpower.com**) est un exemple d'alimentation de très haute puissance intégrant tous ces éléments. En choisissant une alimentation qui dispose de ces caractéristiques, vous vous assurez qu'elle fonctionnera non seulement dans les nouveaux systèmes, mais aussi dans presque tous les anciens systèmes ATX, sans que vous ayez à utiliser d'adaptateurs.

✔ Voir la section "Connecteur d'alimentation principale ATX12V 2.x à 24 broches", p. 943.

Systèmes de protection de l'alimentation

Comme leur nom l'indique, les systèmes de protection de l'alimentation protègent votre équipement contre les surtensions et les coupures de courant. En particulier, les surtensions et les pics de tension peuvent endommager le matériel informatique, tandis que la perte de puissance peut entraîner la perte de données. Dans cette section, nous étudierons les quatre principaux types de périphériques de protection de l'alimentation disponibles et verrons quand les utiliser.

Avant d'examiner plus en détail la question, vous devez savoir qu'une alimentation de qualité est déjà protégée. Les alimentations haut de gamme que nous vous conseillons sont conçues pour vous protéger des tensions supérieures à la normale et filtrent ne serait-ce que légèrement le bruit des lignes électriques. Certaines des alimentations les moins coûteuses n'offrent pas ce genre de protection. Si vous disposez d'un ordinateur peu coûteux, il pourrait être sage de vous équiper d'une meilleure protection.

Attention

Tous les systèmes de protection présentés dans ce chapitre et les fonctionnalités de protection de l'alimentation à l'intérieur de votre ordinateur exigent que le câble d'alimentation de l'ordinateur soit connecté à la terre.

Certaines installations électriques anciennes n'ont pas de prises de terre.

N'utilisez pas d'adaptateur qui vous permette de vous connecter à une prise à deux broches pour brancher un suppresseur de surtension, un ordinateur ou un périphérique ASI. En général, ces adaptateurs peuvent inhiber les capacités de protection de vos appareils.

Vous devez également tester vos prises de courant afin de s'assurer qu'elles sont reliées à la terre. Certaines prises dotées de trois broches ne sont pas raccordées à un fil de terre. Utilisez un testeur de prise peu coûteux (disponible dans la plupart des magasins d'informatique) pour détecter si cela est le cas.

Bien sûr, la meilleure forme de protection consiste à éteindre et débrancher votre équipement informatique (y compris votre modem) lorsqu'un orage menace. Toutefois, lorsque cela n'est pas possible, d'autres solutions sont disponibles.

Les alimentations doivent conserver les spécifications d'exploitation et continuer à alimenter un ordinateur même si les problèmes suivants se produisent sur la ligne électrique :

- chute de tension à 80 V pendant une durée maximum de 2 secondes ;
- chute de tension à 70 V pendant une durée maximum de 0,5 seconde ;
- pic de tension jusqu'à 143 V pendant une durée maximum d'une seconde.

La plupart des alimentations de qualité (et les ordinateurs qu'elles alimentent) ne seront pas endommagées par les événements suivants :

- panne totale de courant ;
- toute chute soudaine de tension ;
- pic de tension de 2500 V.

De nombreux constructeurs d'alimentations de bonne qualité affirment qu'il est inutile de disposer de parasurtenseurs externes, puisque leurs alimentations disposent de protections internes suffisantes.

Pour vérifier le niveau de la protection intégrée dans l'alimentation électrique d'un système informatique, un laboratoire indépendant a soumis plusieurs PC non protégés à différentes surtensions. Leurs tests utilisaient des pics de tension allant jusqu'à 6000 V, ce qui correspond à la tension maximum pouvant être transmis à un ordinateur par une prise électrique (toute tension plus élevée entraînerait la création d'un arc électrique dans la prise). Aucun ordinateur n'a subi de dommages permanents. Dans le pire des cas, certains des systèmes ont redémarré ou se sont arrêtés lorsque la tension était supérieure à plus de 2000 V. Tous les ordinateurs ont redémarré après ce genre d'arrêt brutal.

Cela ne signifie pas pour autant qu'une surtension ou un éclair ne peut pas endommager les systèmes informatiques.

L'arrêt automatique d'un ordinateur en raison de perturbations de l'alimentation est une fonction intégrée des alimentations haut de gamme. Vous pouvez rétablir l'alimentation électrique en utilisant l'interrupteur du bloc d'alimentation (placez-le sur la position Off, puis sur On de nouveau). Certaines alimentations disposent même d'une fonction de redémarrage automatique. Les alimentations de ce type agissent de la même façon que les autres en cas de surtension : elles arrêtent l'ordinateur. Mais lorsque l'alimentation redevient normale, ces alimentations attendent pendant une durée de trois à six secondes, puis se réinitialisent et alimentent de nouveau l'ordinateur. Comme aucune réinitialisation manuelle n'est nécessaire, cette fonction peut être intéressante pour les serveurs de réseau ou pour les systèmes qui ne sont pas surveillés.

Dans les sections suivantes, nous examinerons les périphériques de protection de l'alimentation suivants :

- les parafoudres ;

- les limiteurs de surtension des lignes téléphoniques;
- les régulateurs de tension;
- les alimentations de veille;
- l'alimentation sans interruption (ASI).

Parafoudres

Les parafoudres, ou parasurtenseurs, sont des périphériques qui s'installent entre l'ordinateur et la ligne électrique et qui représentent la forme la plus simple de protection disponible. Ces périphériques, qui coûtent entre 20 et 200 €, peuvent absorber les surtensions, qu'elles soient causées par l'équipement électrique ou par un éclair tombé à proximité. Certains parasurtenseurs peuvent être efficaces pour certains types de problèmes d'alimentation, mais ils n'offrent qu'une protection très limitée.

Les parasurtenseurs peuvent utiliser différents composants, mais il s'agit généralement de varistances en oxyde métallique qui dérivent la tension au-delà d'un certain seuil. Les varistances sont conçues pour accepter les tensions aussi élevées que 6000 V et pour dériver tout courant de plus de 200 V vers la terre. Les varistances peuvent gérer les surtensions normales, mais les pics de tension extrêmes provoqués par des coups de foudre directs peuvent les traverser, car elles ne sont pas conçues pour prendre en charge des puissances très élevées et s'autodétruisent lorsqu'elles dérivent une tension trop importante. Elles cessent donc de fonctionner après une surtension importante ou une suite de surtensions moins fortes. Le gros défaut des varistances est que la seule façon de savoir si elles sont opérationnelles consiste à les soumettre à une surtension, ce qui les détruit. Par conséquent, il est impossible de vraiment savoir si le parafoudre protège l'installation électrique ou non.

Certains parafoudres sont équipés de diodes qui permettent de savoir si une surtension suffisamment puissante pour détruire le parafoudre s'est produite. Un parasurtenseur sans ce type d'indicateur lumineux est inutile car il est impossible de savoir quand le dispositif a cessé de fonctionner.

L'entreprise indépendante Underwriters Laboratories a publié une norme baptisée UL 1449 pour les limiteurs de surtension. Tous les parafoudres qui répondent à cette norme sont d'excellente qualité et offrent une meilleure protection électrique que celle de l'alimentation de votre PC. Vous devez donc uniquement acheter des parasurtenseurs présentant les caractéristiques suivantes :

- conformité à la norme UL 1449;
- diode lumineuse indiquant que la varistance a grillé.

Si le parasurtenseur répond à la norme UL 1449, cela est indiqué sur son emballage ou directement sur l'appareil lui-même. Si cette norme n'est pas mentionnée, le parafoudre n'est pas conforme et ne doit pas être acheté.

Il est également intéressant de voir si le parafoudre dispose d'un disjoncteur intégré qui protège votre système en cas de problème et puisse être réinitialisé manuellement plutôt qu'un fusible.

Limiteurs de surtension des lignes téléphoniques

En plus de protéger les lignes électriques, il est également essentiel d'assurer la protection de vos ordinateurs connectés aux lignes téléphoniques. Si vous utilisez un modem ou un télécopieur relié au réseau téléphonique, toute surtension sur cette ligne peut endommager votre système. Les coups de foudre, auxquels sont particulièrement sensibles les lignes téléphoniques dans certaines régions, sont les principaux responsables des dommages causés aux modems et aux équipements informatiques reliés à ceux-ci.

Les limiteurs de surtension sont peu coûteux et peuvent être achetés dans la plupart des magasins de pièces électroniques. Certains parafoudres intègrent également des connecteurs pour protéger la ligne téléphonique.

Régulateurs de tension

L'alimentation peut non seulement connaître des surtensions mais également des chutes de tension au-dessous du niveau nécessaire pour faire fonctionner le système, ce qui entraîne un papillotement. La ligne électrique peut en effet véhiculer d'autres formes de bruits électriques que les surtensions ou les pics de tension, comme des interférences radio, le bruit électrique causé par les moteurs ou d'autres charges inductives.

Lorsque vous reliez deux périphériques numériques (un ordinateur et ses périphériques par exemple) à l'aide d'un câble, vous devez garder deux choses à l'esprit :

- Tout câble peut agir comme une antenne et capter la tension induite par les champs électromagnétiques à proximité. Ces champs électromagnétiques peuvent être créés par d'autres câbles, des téléphones, des tubes cathodiques, des moteurs, des néons et des émetteurs radio voire être des décharges électrostatiques.
- Les circuits numériques réagissent avec une efficacité surprenante au bruit, même si celui-ci n'est que de 1 ou 2 V, ce qui rend ces tensions induites particulièrement ennuyeuses. Le câblage électrique de votre bâtiment peut agir comme une antenne qui attire toutes sortes de bruits et de perturbations.

Un régulateur de tension est conçu pour résoudre un grand nombre de ces problèmes. Comme son nom l'indique, il filtre les chutes et les pics de tension et agit en général comme un tampon entre la ligne électrique et l'ordinateur. Un régulateur de tension remplit le même rôle qu'un parafoudre mais pas seulement. Il s'agit plutôt d'un appareil actif, qui fonctionne en continu et non d'un dispositif passif qui ne s'active qu'en cas de surtension. Un régulateur de tension permet de stabiliser la tension de la ligne et de gérer de nombreux problèmes. Il intègre des transformateurs, condensateurs et d'autres circuits qui peuvent temporairement empêcher le papillotement provoqué par une chute de la tension électrique. Ces unités coûtent habituellement entre 100 et 300 € selon leurs capacités de gestion de la tension.

Alimentations de secours

Les dispositifs d'alimentation de secours constituent une autre forme de protection. Ils sont en effet capables de fournir une alimentation en cas de panne complète, ce qui donne à l'utilisateur le temps nécessaire pour arrêter correctement son ordinateur. Il existe deux types d'alimentations de secours : les alimentations de veille et les alimentations (ASI). L'ASI est un périphérique, car il ne se contente pas de fournir une alimentation de secours mais représente également le meilleur régulateur de tension disponible.

Alimentations de veille

Une alimentation de veille est un périphérique hors ligne qui fonctionne uniquement si l'alimentation connaît des perturbations. Un système d'alimentation de veille utilise un capteur circuit pour évaluer le courant du secteur. Si ce capteur détecte une chute de tension, l'alimentation est alors fournie par une batterie et un redresseur de tension. Le redresseur de tension convertit la tension de la batterie en courant alternatif de 220 V avant d'alimenter l'ordinateur.

Les alimentations de veille fonctionnent bien, mais il arrive parfois qu'un problème survienne lors du transfert de l'alimentation à la batterie. Si ce transfert ne s'effectue pas assez rapidement, l'ordinateur s'arrête ou redémarre, ce qui rend l'alimentation de secours inutile. Une bonne alimentation de veille dispose d'un transformateur ferrorésonnant capable de stocker une partie du courant et de le restituer lors du passage d'une alimentation à l'autre. Cet appareil fonctionne donc comme un tampon sur la ligne électrique et permet de basculer sur l'alimentation de veille sans presque aucune interruption.

Privilégiez les alimentations de veille qui effectuent le transfert en moins de 10 millisecondes (ms), soit une durée inférieure au temps de maintien de la plupart des alimentations.

Les périphériques d'alimentation de veille peuvent également disposer de régulateurs de tension en interne. Dans des circonstances normales, la plupart des unités bon marché se reposent sur l'alimentation normale du secteur sans réguler sa tension. Les alimentations de veille qui comprennent un transformateur ferrorésonnant disposent de capacités de régulation et de protection supplémentaires étant donné l'effet tampon que remplit le transformateur. Dans le cas contraire, il est nécessaire de coupler l'alimentation de veille avec un régulateur de tension externe pour assurer une protection complète. Le prix des alimentations de veille varie entre une centaine et plusieurs milliers d'euros, en fonction de leur qualité et de la puissance délivrée en sortie.

Alimentation sans interruption (ASI)

La meilleure protection contre les fluctuations de l'alimentation consiste peut-être à fournir une source d'alimentation qui soit régulée et qui ne puisse pas être interrompue, ce qui est la définition d'une alimentation sans interruption. Les alimentations sans interruption sont des dispositifs en ligne, car ils fonctionnent et fournissent en continu du courant aux systèmes informatiques. Contrairement aux alimentations de veille, il ne se produit donc aucun transfert.

Avec une alimentation sans interruption, l'ordinateur fonctionne toujours sur la batterie. Un onduleur convertit la tension du courant alternatif (220 V) en courant continu +12 V. Vous disposez ainsi de votre propre système d'alimentation qui génère du courant indépendamment du secteur. Une batterie d'accumulateurs connectée à la ligne électrique ou branchée sur la prise murale permet de conserver une charge égale ou supérieure à celle qui est consommée.

Infos

Par abus de langage, les alimentations sans interruption voire les alimentations de veille sont souvent désignées par le terme "onduleur". En fait, l'onduleur n'est qu'un élément de l'ASI, au même titre que la batterie d'accumulateurs.

Lorsque le courant alternatif qui alimente les chargeurs de la batterie connaît une défaillance, l'alimentation sans interruption continue de fonctionner normalement car seul le remplissage des batteries est interrompu. Comme l'ordinateur est déjà alimenté par la batterie, aucun transfert ni aucune interruption de l'alimentation n'est possible. La vitesse à laquelle la batterie se décharge est fonction de la charge que votre ordinateur place sur le dispositif, ce qui, au vu de la taille de la batterie, est largement suffisant pour arrêter correctement l'ordinateur. Avec une batterie de capacité suffisante, l'alimentation sans interruption évite toute mauvaise surprise. Lorsque l'alimentation du réseau électrique redevient normale, le chargeur de batterie recommence à charger la batterie, sans aucune interruption là encore.

Infos

De temps en temps, une ASI peut accumuler trop de charge. Lorsque cela se produit, l'ASI émet une alarme sonore pour vous avertir que les batteries sont pleines. Il suffit alors de débrancher le dispositif du secteur pendant un certain temps pour qu'elle se décharge de l'excédent, puisque l'alimentation sans interruption alimente alors votre ordinateur.

De nombreux systèmes d'alimentation de veille sont présentés comme étant des alimentations sans interruption. Pourtant, la différence est simple : si le dispositif procède à un transfert de la source d'alimentation, il s'agit obligatoirement d'une alimentation de veille. Toutefois, une alimentation de veille de bonne qualité intégrant un transformateur ferrorésonnant peut pratiquement égaler les performances d'une alimentation sans interruption pour un coût moins élevé.

Infos

De nombreuses ASI et alimentations de veille actuelles disposent d'un câble et d'un logiciel qui permet à l'ordinateur protégé de s'arrêter correctement à la réception d'un signal de l'ASI. De cette façon, le système peut s'arrêter normalement, même si l'ordinateur est laissé sans surveillance. Certains systèmes d'exploitation conçus pour les environnements de serveurs contiennent leurs propres composants logiciels ASI.

Le coût d'une ASI est directement proportionnel au temps pendant lequel elle peut continuer à fournir du courant lors d'une perturbation sur le secteur et de la quantité de puissance qu'elle délivre. Vous devez donc acheter une ASI suffisamment puissante pour faire fonctionner votre ordinateur et ses périphériques pendant une durée assez longue pour que vous puissiez fermer vos fichiers et arrêter normalement l'ordinateur. N'oubliez pas toutefois de procéder à un arrêt manuel lors d'une coupure de courant. Vous devez relier votre moniteur à l'ASI et à votre ordinateur. Assu-

rez-vous enfin que l'ASI que vous comptez acheter fournisse une puissance suffisante pour tous les périphériques qui seront connectés à celle-ci.

Une alimentation sans interruption étant presque totalement isolée du secteur, elle représente également un régulateur de tension et un parasurtenseur sans équivalent. Les meilleurs systèmes ASI disposent d'un transformateur ferrorésonnant pour une meilleure régulation et une plus grande protection. Ce type d'ASI constitue la meilleure forme de protection de l'alimentation disponible. Son prix, toutefois, peut être élevé. Pour savoir la puissance nécessaire à votre équipement informatique, regardez l'autocollant UL situé à l'arrière de l'unité. Cet autocollant indique la charge maximale en watts, ou parfois seulement en volts et en ampères. Si seulement la tension et l'ampérage sont indiqués, calculez leur produit pour connaître la puissance (en watts).

Par exemple, pour un ordinateur qui peut nécessiter jusqu'à 220 V à une intensité maximale de 5 A, la puissance maximale, la charge maximum de l'ordinateur est d'environ 550 W. Cette puissance correspond à un ordinateur dont tous les connecteurs d'extension sont occupés, qui dispose de deux disques durs et d'un lecteur de disquettes (autrement dit, un ordinateur au maximum de ses capacités d'extension). La charge ne devrait jamais être supérieure car, si c'était le cas, un fusible de 5 A dans l'alimentation fondrait. Ce type d'ordinateur représente en général une charge moyenne de 300 W. Toutefois, par mesure de prudence, tenez compte du chiffre de 550 W dans vos calculs pour choisir l'ASI adéquate. L'ajout d'un moniteur dont la charge est égale à 100 W porte le total à 650 W ou plus. Par conséquent, vous avez besoin d'une ASI de 1000 W pour alimenter pleinement deux ordinateurs. De plus, en ajoutant deux moniteurs représentant une charge de 100 W chacun, on obtient un total de 1300 W. Malheureusement, le meilleur niveau de protection a un coût. Une ASI de cette capacité (ou plus) coûte entre 500 et 700 €. Pour la plupart des entreprises, ce coût se justifie uniquement pour les PC les plus importants, comme les serveurs réseau.

Plusieurs autres facteurs que la puissance de sortie (en watts) peuvent distinguer une ASI d'une autre. L'ajout d'un transformateur ferrorésonnant améliore les capacités du dispositif à réguler la tension du courant et à agir comme un tampon entre le secteur et l'ordinateur. Les meilleures ASI intègrent également un redresseur, qui produit une véritable onde sinusoïdale en sortie tandis que les dispositifs meilleur marché ne génèrent qu'une onde de forme rectangulaire (une onde sinusoïdale approximative dans laquelle les transitions entre les tensions les plus élevées et les tensions les plus faibles sont abruptes). Les transitions brusques d'une onde de forme rectangulaire ne sont pas compatibles avec certaines alimentations informatiques. Assurez-vous que l'ASI que vous achetez délivre une puissance compatible avec votre équipement informatique. La durée pendant laquelle l'ASI peut continuer à fournir une puissance de sortie nominale varie pour chaque modèle. Si votre équipement consomme moins que ce niveau nominal, vous disposez de plus de temps.

Attention

Soyez prudent! La plupart des systèmes ASI ne sont pas conçus pour que vous continuiez à utiliser votre ordinateur pendant des heures lors d'une panne électrique, mais pour fournir suffisamment d'énergie électrique aux composants essentiels afin qu'ils restent suffisamment longtemps en service et ainsi permettre un arrêt normal. Les alimentations sans interruption capables de fournir du courant pendant plus de 15 minutes sont extrêmement chères, à tel point qu'il est presque plus rentable d'acheter un générateur que d'investir dans une ASI de ce type.

Attention

Ne branchez pas une imprimante laser à une prise régulée par une alimentation de veille ou sans interruption. Ces imprimantes créent du bruit électrique et leur charge est très variable. Cela peut poser des problèmes à l'onduleur du dispositif d'alimentation de secours, voire l'empêcher de détecter une surcharge et le forcer à s'arrêter. Dans tous les cas, cela entraîne aussi une perte de puissance pour votre ordinateur.

Les imprimantes ne sont normalement pas considérées comme des éléments très importants, car tout ce qui est en cours d'impression peut être réimprimé plus tard. Ne les connectez pas à une ASI à moins que vous n'ayez une raison impérieuse de le faire.

Les prises de certaines alimentations de veille et sans interruption sont régulées mais ne sont pas alimentées par la batterie. Si cela est le cas, vous pouvez sans risque brancher des imprimantes et d'autres périphériques sur ces prises de courant.

Batteries RTC/NVRAM (mémoire CMOS)

La plupart des PC disposent d'un type particulier de puce qui combine une horloge temps réel (RTC) et au moins 64 octets (dont 14 octets de données pour l'horloge) de mémoire RAM non volatile (NVRAM). Le nom officiel de cette puce est CCF/NVRAM, mais elle est souvent appelée puce CMOS ou CMOS RAM car la production de ce type de puce repose sur la technologie CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*). Les puces de conception CMOS sont connues pour leur très faible consommation d'énergie. Cette puce CCF/NVRAM est conçue pour fonctionner sans alimentation pendant plusieurs années.

La première puce de ce type a été la puce MC146818 de Motorola utilisée dans les ordinateurs IBM AT à partir d'août 1984. Bien que les puces actuelles soient fabriquées par différents constructeurs et utilisent des pièces différentes, elles sont toutes conçues pour être compatibles avec la puce originale de Motorola. Sur la plupart des cartes mères, la puce CCF/NVRAM est intégrée dans le chipset South Bridge ou le composant de contrôle d'entrées/sorties (ICH), ce qui signifie qu'aucune puce supplémentaire n'est nécessaire.

La fonction de l'horloge en temps réel est évidente : l'horloge préserve la date et l'heure même lorsque le système est éteint ou débranché et permet aux logiciels de lire la date et l'heure. La partie NVRAM a pour fonction d'enregistrer la configuration de base du système, y compris la quantité de mémoire installée, les types de disques durs installés, la configuration Plug and Play des périphériques, les mots de passe de mise sous tension et ainsi de suite. Bien que certaines puces utilisées disposent de 4 Ko ou plus de mémoire NVRAM, la plupart des puces CCF/NVRAM intégrées au chipset de la carte mère intègrent 256 octets de mémoire NVRAM (dont 14 octets sont réservés à l'horloge). Le système lit ces informations chaque fois que vous le mettez sous tension.

Batteries CMOS modernes

Les piles NVRAM (CMOS RAM) des cartes mères se présentent sous plusieurs formes. La plupart sont en lithium, ce qui leur donne une autonomie de deux à cinq ans voire plus. Il existe également des ordinateurs équipés de piles alcalines classiques montées dans une douille, ce qui est beaucoup moins souhaitable car elles connaissent plus souvent des défaillances et ne durent pas aussi long-

temps. Elles ont également tendance à fuir, ce qui peut endommager sérieusement la carte mère. De nos jours, la pile la plus couramment utilisée pour les cartes mères est de loin la pile bouton, montée dans un logement qui fait partie de la carte mère. Deux types de piles boutons sont principalement utilisés, qui diffèrent par leur composition chimique. La plupart utilisent une cathode au dioxyde de manganèse (MnO_2), désigné par le préfixe CR, tandis que d'autres utilisent une cathode au monofluoride de carbone (CF), désigné par le préfixe BR. Les piles de type CR sont les plus nombreuses (et donc les plus faciles à se procurer) et offrent une capacité légèrement plus grande. Les piles de type BR sont utiles pour une exploitation à des températures très importantes (au-dessus de 60 ˚C).

Les piles de type CR étant moins chères et plus faciles à obtenir, il s'agit généralement de la pile présente dans les PC. Les autres inscriptions sur la pile indiquent la taille physique de la batterie. Par exemple, la pile bouton au lithium la plus couramment utilisée dans les PC est la pile CR2032, ce qui signifie qu'elle utilise une cathode au dioxyde de manganèse, a un diamètre de 20 mm de diamètre et une épaisseur de 3,2 mm. Ces piles sont disponibles dans les magasins d'électronique et chez les photographes.

Le Tableau 16.5 contient la liste des spécifications de la pile bouton de 20 mm de diamètre au lithium utilisée en général dans un PC.

Tableau 16.25 : Spécifications des piles boutons de 20 mm au lithium

Type	Tension (V)	Capacité (mAh)	Diamètre (mm)	Hauteur (mm)
BR2016	3,00	75	20,00	1,60
BR2020	3,00	100	20,00	2,00
BR2032	3,00	190	20,00	3,20
CR2012	3,00	55	20,00	1,20
CR2016	3,00	90	20,00	1,60
CR2025	3,00	165	20,00	2,50
CR2032	3,00	220	20,00	3,20

BR = Cathode au monofluoride de carbone (CF).
CR = Cathode au dioxyde de manganèse (MnO_2).

Pour estimer l'autonomie de la pile, on divise sa capacité par le courant moyen nécessaire. Par exemple, une pile CR2032 a une charge de 220 mAh (milliampères par heure) et le circuit CCF/NVRAM dans la plupart des chipsets de cartes mères actuelles une charge de 5 µA (microampères) hors tension. L'autonomie de la batterie peut donc être calculée de la façon suivante :

```
220000 µAh ÷ 5 µA = 44000 heures = 5 ans
```

L'autonomie d'une batterie plus fine (et de moindre capacité), comme le modèle CR2025, est réduite :

```
165000 µAh ÷ 5 µA = 33000 heures = 3,7 ans
```

La vie de la batterie commence lorsque le système est assemblé, ce qui se produit plusieurs mois avant que vous n'achetiez l'ordinateur, même s'il est neuf. La batterie peut également être partiellement déchargée avant d'être installée dans l'ordinateur; des températures élevées, aussi bien pendant le stockage de la pile qu'à l'intérieur de l'ordinateur, peuvent contribuer à réduire son autonomie. Toutes ces raisons entre autres peuvent expliquer que la pile ait une autonomie inférieure à ce que les calculs indiquent.

Lorsque la batterie se décharge, la tension en sortie baisse quelque peu. Une pile dont la tension est basse peut nuire à l'exactitude de l'horloge. La plupart des piles boutons au lithium ont une puissance de 3 V, mais, en réalité, la plupart des piles neuves ont une puissance plus élevée. Si l'horloge de votre ordinateur semble inexacte (elle est trop lente, par exemple), vérifiez la tension de la batterie CMOS. La meilleure précision s'obtient lorsque la tension de la batterie est de 3,0 V ou plus. Les piles au lithium conservent généralement une tension assez stable jusqu'à ce qu'elles soient presque complètement déchargées (la tension chute alors rapidement). Si la tension de la batterie est inférieure à 3,0 V, vous pouvez la remplacer, même si la date de remplacement indiquée n'est pas atteinte.

Piles CMOS obsolètes ou particulières

Bien que la plupart des systèmes modernes utilisent des piles boutons de 3,0 V, différentes variétés de piles ont été utilisées au fil des ans. Par exemple, certains systèmes plus anciens étaient équipés de piles de 3,6 V, 4,5 V ou 6 V. Si vous remplacez la pile d'un ordinateur ancien, assurez-vous que la pile de remplacement a la même tension que celle de l'ancienne. Certaines cartes mères peuvent utiliser des batteries de plusieurs tensions et disposent d'un cavalier ou d'un interrupteur pour sélectionner les différents paramètres. Si vous pensez que votre carte mère possède cette capacité, consultez la documentation pour savoir comment modifier ces paramètres. Bien sûr, la meilleure solution reste de remplacer la pile par une autre du même type.

Certains systèmes ont utilisé un type particulier de puce dans laquelle la batterie était intégrée. Ces puces, fabriquées notamment par Dallas Semiconductor et Benchmarq, ont une autonomie remarquable. Dans des conditions d'utilisation normales, ces batteries intégrées avaient une autonomie de 10 ans, ce qui est, bien entendu, supérieur à la durée d'utilisation de l'ordinateur. Si votre ordinateur utilise un de ces modules, la batterie et la puce doivent être toutes deux remplacées, car elles sont intégrées. La plupart du temps, ces puces/batteries sont installées dans un connecteur sur la carte mère au cas où elles doivent être remplacées prématurément. Vous pouvez vous procurer de nouveaux modules directement auprès des fabricants, pour 20 € environ, ce qui est beaucoup plus cher que pour une pile bouton au lithium comme on en trouve dans la plupart des ordinateurs récents. Compte tenu de leur coût, ajouté au fait que la plupart des constructeurs intègrent les fonctionnalités CCF/NVRAM dans la carte mère, presque aucun PC récent n'utilise ces modules.

Certains systèmes n'utilisent pas de pile du tout. Certains ordinateurs Hewlett-Packard, par exemple, disposent d'un condensateur spécial qui est automatiquement rechargé chaque fois que l'ordi-

nateur est branché. Le système n'a pas besoin de fonctionner pour que le condensateur se recharge, il lui suffit juste d'être connecté à une alimentation. Lorsque l'ordinateur est débranché, le condensateur alimente la puce CCF/NVRAM pendant une semaine ou plus. Si le système reste débranché plus longtemps, les informations de la mémoire NVRAM sont perdues. Dans ce cas, ces systèmes peuvent recharger la mémoire NVRAM à partir d'une sauvegarde conservée dans une puce à mémoire flash ROM figurant sur la carte mère. Seules la date et l'heure sont effectivement perdues lorsque vous branchez de nouveau l'ordinateur et doivent être ressaisies. L'utilisation combinée d'un condensateur et d'une sauvegarde des données NVRAM dans une mémoire flash ROM constitue une solution très fiable qui dure indéfiniment.

De nombreux ordinateurs plus anciens et obsolètes utilisent une batterie distincte qui se branche par câble ou qui est directement soudée sur la carte mère. Pour les ordinateurs dont la batterie est soudée, la carte mère dispose généralement d'un connecteur de batterie de rechange sur lequel il est possible d'insérer une batterie classique lorsque la batterie d'origine ne fonctionne plus.

Pannes des batteries CMOS

Le fait de devoir réinitialiser l'horloge de votre PC chaque que vous l'éteignez (en particulier si vous le déplacez), des problèmes durant le test POST, comme des difficultés à reconnaître les lecteurs, sont des symptômes qui indiquent que la batterie est sur le point de flancher. Si vous rencontrez ces problèmes, notez les paramètres CMOS de votre ordinateur et remplacez la pile dès que possible.

Attention

Lorsque vous remplacez la batterie d'un ordinateur, assurez-vous que la polarité soit correcte. Dans le cas contraire, vous risquez d'endommager la puce CCF/NVRAM (CMOS). Comme la puce est soudée sur la plupart des cartes mères, cette erreur peut vous coûter cher! Le connecteur de la batterie sur la carte mère et la batterie elle-même contiennent généralement des détrompeurs pour empêcher toute erreur de connexion. Le brochage de ce connecteur est normalement indiqué dans la documentation de votre système.

Lorsque vous remplacez une batterie, les données stockées dans la NVRAM sont perdues dans la plupart des cas. Cependant, les données restent parfois intactes pendant plusieurs minutes (la mémoire NVRAM peut conserver des informations pendant une heure voire plus sans être alimentée), si bien qu'en procédant rapidement au remplacement de la batterie il est possible que les informations contenues dans la mémoire NVRAM soient conservées. Par mesure de sécurité, il est tout de même conseillé d'enregistrer tous les paramètres de configuration de l'ordinateur stockés dans la mémoire NVRAM. Pour cela, vous devez lancer le programme de configuration du BIOS et copier ou imprimer tous les écrans montrant les différents paramètres. Certains programmes de configuration permettent d'enregistrer les données NVRAM dans un fichier et ainsi de les restaurer par la suite, si nécessaire.

Astuces

Si le BIOS de votre ordinateur est protégé par un mot de passe que vous avez oublié, vous pouvez contourner cette protection en retirant la batterie pendant quelques minutes avant de la replacer. Cela a pour effet de réinitialiser les paramètres par défaut du BIOS et donc de supprimer la protection par mot de passe.

Après le remplacement d'une batterie, mettez sous tension l'ordinateur et utilisez le programme de configuration pour vérifier la date et l'heure ainsi que les autres données stockées dans la mémoire NVRAM.

17 L'assemblage et la mise à niveau d'un ordinateur

Au sommaire de ce chapitre

- Composants de l'ordinateur
- Matériel et ressources logicielles
- Assemblage et démontage de l'ordinateur
- Installation de la carte mère
- Dépannage d'une nouvelle installation
- Installation du système d'exploitation
- Préparatifs au démontage et à la mise à niveau

Composants de l'ordinateur

Il est aujourd'hui beaucoup plus facile qu'auparavant, compte tenu du prix des pièces détachées et des périphériques, d'assembler un ordinateur soi-même. Tous les éléments nécessaires pour construire un PC sont en effet disponibles à des prix compétitifs dans les magasins d'informatique. Il est bien souvent possible de construire un ordinateur en utilisant les mêmes composants que les fabricants d'ordinateurs de marque, voire des composants plus performants.

Toutefois, l'assemblage maison permet rarement de réaliser des économies par rapport au prix d'un ordinateur acheté par correspondance ou dans une chaîne de magasins d'informatique. Les chaînes et les assembleurs achètent en effet les pièces détachées en grand nombre et bénéficient ainsi de rabais plus importants que le particulier.

Par ailleurs, il revient beaucoup moins cher de commander par correspondance un ordinateur ou de l'acheter chez un assembleur que de rechercher et de commander les pièces une à une. Dans la pratique, les frais correspondant au temps passé en ligne pour comparer les offres, aux déplacements pour aller voir les différents revendeurs de pièces détachées, aux appels téléphoniques pour les contacter et éventuellement aux frais de transport en cas d'achat par correspondance peuvent majorer le coût total des composants de plus de 110 €. Ce coût peut encore augmenter si l'un de ceux-ci se révèle inadapté ou défectueux et vous oblige à reprendre contact avec le vendeur, ou même à lui retourner la marchandise par la poste pour un échange.

La partie logicielle est l'autre point important. Bien que l'on puisse arriver à un prix presque égal pour un ordinateur vendu dans le commerce et un ordinateur assemblé de A à Z, les logiciels font pencher la balance en faveur des ordinateurs achetés dans le commerce. Une copie de Windows coûte au moins 230 €. Or, la plupart des PC du commerce sont livrés avec le système d'exploitation ainsi que d'autres applications, mais également avec des logiciels dont les fonctionnalités sont limi-

tées ou qui peuvent être utilisés pendant une période d'essai, voire de divers gadgets et offres publicitaires souvent baptisés "junkware". Bien que la plupart des utilisateurs n'apprécient guère ces programmes qui sont en outre parfois difficiles à supprimer, les développeurs de ces programmes paient une importante somme d'argent aux grands constructeurs et distributeurs pour qu'ils les installent sur leurs systèmes. Ces revenus permettent là encore de diminuer le prix de l'ordinateur par rapport à un système assemblé par l'utilisateur lui-même.

Il est donc évident que l'assemblage de son ordinateur permet avant tout d'être sûr des qualités du produit final et d'en tirer une certaine expérience, mais pas de réaliser des économies. Dans le cas d'un ordinateur tout fait, il est fréquent d'avoir à accepter des compromis. Vous pourriez, par exemple, être satisfait de la carte graphique, mais vous auriez souhaité un autre modèle de carte mère. En construisant votre ordinateur, vous disposez d'une machine personnalisée comprenant les éléments et présentant les caractéristiques de votre choix. L'expérience est, de plus, très enrichissante. Vous saurez très précisément comment votre ordinateur est construit et configuré puisque c'est vous qui aurez pris la conduite des opérations. La maintenance et l'installation de nouveaux accessoires n'en seront que plus faciles.

Autre avantage de l'ordinateur fait maison : la garantie de disposer d'un ordinateur qui respecte les normes et qui est évolutif, car de nombreux constructeurs utilisent des composants propriétaires difficiles voire impossibles à mettre à niveau. Bien sûr, si vous avez lu tous les chapitres précédents, vous savez déjà tout ce qu'il faut pour choisir une machine évolutive et facile à dépanner.

Vous pouvez réaliser quelques économies en réutilisant certains composants de votre ordinateur actuel, comme l'écran, le clavier, la souris, les périphériques de stockage, la plupart des cartes PCI, voire même le châssis et l'alimentation. Par contre, vous ne pourrez sans doute pas réutiliser la carte mère, les processeurs, les barrettes de mémoire et la carte graphique. Vous avez peut-être changé récemment le disque dur et le lecteur optique du PC que vous vous apprêtez à remplacer. Dans la plupart des cas, vous pouvez réinstaller sans difficulté ces éléments dans votre nouveau PC. Il est même possible de construire un nouveau PC à partir d'un modèle jeté à la poubelle. Il s'agit pour l'essentiel de réutiliser le châssis, les ventilateurs, éventuellement l'alimentation et autant de composants que possible. En recyclant ces composants dans l'assemblage d'un nouvel ordinateur, vous pouvez à la fois réaliser des économies et contribuer même un peu à la sauvegarde de l'environnement.

Les utilisateurs d'applications spécialisées, les amateurs de jeux vidéo récents, les illustrateurs ou les musiciens peuvent également se tourner vers l'assemblage pour concevoir et construire un ordinateur dont tous les composants répondent exactement à leurs besoins personnels. Certains se tournent enfin vers cette solution pour des questions de fierté.

Ce chapitre présente les éléments nécessaires pour construire un ordinateur. Il décrit aussi la procédure d'assemblage et fait un certain nombre de recommandations sur le choix des composants.

Pour construire un ordinateur, vous avez besoin des éléments suivants :

- châssis et alimentation;
- carte mère;

- processeur avec dissipateur thermique et ventilateur;
- mémoire;
- lecteur de disquettes (en option);
- disque dur;
- lecteur optique (CD-ROM et DVD);
- clavier et périphérique de pointage (souris);
- carte graphique et moniteur;
- carte son et haut-parleurs;
- carte réseau;
- modem (en option);
- câbles et nappes;
- accessoires (vis, boulons, écrous et fixations);
- système d'exploitation.

Certains de ces composants ne s'achètent pas séparément. Ainsi, la plupart des cartes mères intègrent des circuits dédiés pour le son et les fonctionnalités réseau, voire des circuits graphiques. Chacun de ces éléments est présenté dans ce chapitre.

Boîtier et alimentation

Le boîtier et l'alimentation sont en général vendus ensemble, mais il est possible de les trouver séparément. Les alimentations fournies avec les châssis peu chers sont généralement de mauvaise qualité ou inadaptées, si bien que vous devrez sans doute remplacer le bloc d'alimentation par un autre. Les boîtiers existent en une multitude de modèles déterminés par le facteur d'encombrement de la carte mère à y installer, par le nombre de baies disponibles pour les lecteurs et par la forme du boîtier selon qu'il est destiné à être posé sur un bureau, au sol ou sur une étagère. Certains châssis sont équipés de ventilateurs de refroidissement supplémentaires, de ports audio et d'entrées/sorties en façade, de panneaux latéraux amovibles et de casiers facilitant l'installation de la carte mère. Il existe également des châssis qui s'assemblent sans outils, des versions montées en rack, etc. Dans la plupart des cas, il est préférable de choisir un boîtier de type tour moyenne destiné à être équipé d'une carte mère ATX ou Micro-ATX et d'une alimentation ATX12V 2.x. L'alimentation ATX12V 2.x dispose du connecteur d'alimentation principale à 24 broches utilisé sur les cartes mères les plus récentes mais également compatible avec les cartes mères dotées uniquement du connecteur d'alimentation principale à 20 broches. Les boîtiers et cartes mères sont classés selon leur *facteur d'encombrement*, qui dépend de la forme du boîtier, des options d'alimentation et de la taille de la carte mère. Les facteurs d'encombrement les plus courants sont :

- grande tour;
- minitour;

- Desktop ;
- surbaissé (Slimline ou Low Profile).

Il ne s'agit pas de facteurs d'encombrement officiels comme pour les cartes mères et les alimentations, mais chaque châssis est conçu pour un type de carte mère et d'alimentation en particulier. Vous devez donc vous assurer que le châssis sera compatible avec la carte mère et l'alimentation que vous souhaitez acheter.

Le choix d'un modèle dépend bien sûr de l'espace disponible sur et autour de votre bureau. Vous devez aussi prévoir la longueur des différents câbles en fonction de la position du boîtier par rapport à l'écran et aux autres périphériques.

Une fois le facteur d'encombrement du châssis défini, vous devez également tenir compte de la carte mère et de l'alimentation. Les modèles minitour et surbaissé n'acceptent le plus souvent que les cartes mères de type Micro-ATX, Flex-ATX, Micro-BTX ou Pico-BTX, ce qui limite donc les possibilités.

Pour ce qui est des familles ATX et BTX, les plus grands châssis accepteront toujours les cartes mères les plus petites. Ainsi, si un châssis accepte une grande carte mère ATX, il accepte également les cartes mères Micro-ATX et Flex-ATX.

Il en est de même pour la norme BTX : un châssis à la norme BTX accepte également les cartes mères Micro-BTX et Pico-BTX. Les cartes mères Flex-ATX (et ses variantes comme Mini-ITX), Pico-BTX et Nano-BTX sont utilisées en facteurs d'encombrement de petite taille.

✔ Voir la section "Facteurs d'encombrement des cartes mères", p. 111.

La plupart des nouveaux boîtiers acceptent les cartes mères ATX, qui sont d'ailleurs devenues la norme pour les ordinateurs. Si l'évolutivité est votre principal souci, choisissez sans hésiter un boîtier qui prenne en charge les cartes mères ATX et les alimentations ATX12V 2.x.

Le choix du châssis est avant tout une question de préférence personnelle. La plupart des utilisateurs pensent que les tours sont plus encombrantes mais plus pratiques. Ces boîtiers peuvent contenir un grand nombre de périphériques : des lecteurs de disquettes, plusieurs disques durs, des lecteurs optiques, des lecteurs de bandes, ainsi que tout autre périphérique nécessaire. Mais certains boîtiers de type Desktop offrent autant de place que certaines tours et notamment que les mini- et moyennes tours. Un boîtier tour peut en effet être considéré comme un boîtier Desktop placé sur la tranche. Certains sont convertibles, ce qui signifie qu'ils peuvent être placés à plat ou debout.

Astuces

Les mini- et microtours sont des exceptions à la règle des tours spacieuses. Ces PC sont généralement équipés de cartes mères Micro-ATX, Flex-ATX, Micro-BTX ou Pico-BTX et ne disposent souvent que de deux ou trois baies. Il est difficile de travailler sur ces conceptions compactes, mais elles sont faciles à déplacer.

Quant à l'alimentation, vous devez surtout prendre en considération le nombre de périphériques à brancher et la puissance qu'ils nécessitent. Le Chapitre 16 indique la méthode à suivre pour calculer la puissance requise par l'ensemble du matériel et pour sélectionner l'alimentation correspondant à vos besoins.

Réflexions importantes

En règle générale, on peut assembler n'importe quels boîtiers ATX, carte mère et alimentation d'une puissance suffisante pour former la base d'un nouveau PC. Toutefois, vous devez tenir compte des restrictions suivantes :

- Les cartes mères et les alimentations Dell construites entre 1996 et 2000 utilisent le connecteur d'alimentation ATX standard, mais le brochage et les intensités ont été modifiés. Si vous installez une nouvelle carte mère dans un de ces ordinateurs, vous pourrez effectuer le branchement mais vous endommagerez l'alimentation et sans doute la carte mère. Pour plus d'informations, voir "L'alimentation et le boîtier", Chapitre 16.

Cette question ne concerne que la carte mère et l'alimentation. Les châssis de ces ordinateurs suivent la norme ATX et sont en fait très bien construits. Il est tout à fait possible de recycler les châssis Dell de cette période en intégrant de nouveaux composants internes.

De nombreux ordinateurs Dell systèmes plus récents utilisent également des alimentations et des cartes mères non standard, mais cela est plus évident dans la mesure où ils ne respectent pas non plus les facteurs d'encombrement standard ni les normes des connecteurs. Par conséquent, une carte mère ou une alimentation de type ATX standard ne peut pas être installée dans ces châssis. Cela rend les mises à jour difficiles voire impossibles, mais cela empêche au moins d'endommager son matériel.

- Les processeurs les plus récents nécessitent des dissipateurs thermiques ou des ventilateurs plus puissants. Assurez-vous de choisir un dissipateur thermique qui convienne à votre processeur en particulier et qu'il soit correctement installé. Ces systèmes exigent également une alimentation à la norme ATX12V 2.x équipée d'un connecteur principal à 24 broches et d'un connecteur +12 V supplémentaire à quatre broches pour alimenter les régulateurs de tension du processeur sur la carte mère.

✔ Voir la section "Calcul de la puissance consommée", p. 972

L'évolutivité est essentielle pour un ordinateur fait maison. Si elle est bien conçue dès le départ, votre machine peut durer bien plus longtemps qu'un PC du commerce, car il est plus facile d'y ajouter ou de remplacer de nouveaux éléments. Au moment du choix du boîtier, préférez un modèle suffisamment spacieux pour incorporer les disques durs supplémentaires ou les nouveaux périphériques dont vous ne sauriez vous passer. Plus précisément, ayez toujours au moins deux baies de lecteur vides et choisissez une alimentation plus puissante nécessaire à l'équipement de départ.

Processeur

Intel et AMD vendent leurs processeurs sous deux formes : une version boîte et une version OEM.

Ces deux versions peuvent avoir des spécifications identiques, mais peuvent être vendues sous un emballage différent, être fournies avec des composants supplémentaires différents et ne pas propo-

ser la même garantie. Même si les versions boîte sont parfois vendues au détail, elles sont comme les processeurs OEM avant tout destinées à être vendues aux assembleurs. Ces derniers signent alors un accord avec Intel ou AMD pour obtenir le statut de dépositaire officiel.

La différence la plus évidente entre les versions boîte et OEM vient de leur conditionnement. La version boîte est commercialisée dans un emballage coloré qui contient le processeur, le dissipateur thermique et le ventilateur, les instructions d'installation, un certificat d'authenticité, la garantie et ainsi de suite (voir Figure 17.1).

Figure 17.1
Version boîte du processeur Intel Core 2 Duo. (Photo reproduite avec l'autorisation d'Intel.)

Les processeurs OEM sont vendus par lots de plusieurs centaines d'unités aux revendeurs les plus importants. Bien que ni la version boîte ni la version OEM ne soient destinées à être vendue au détail, les acheteurs sont libres de les revendre en plus petite quantité. Il est donc possible pour un particulier d'acheter l'une et l'autre version auprès de nombreuses sources.

Les processeurs OEM sont livrés dans une boîte beaucoup plus grande contenant jusqu'à 100 processeurs, sans dissipateur thermique, ventilateur, instructions d'installation ni garantie. Ces versions sont achetées en grande quantité par les principaux constructeurs d'ordinateurs.

Un processeur en version boîte s'accompagne généralement d'une garantie constructeur de trois ans. En cas de défaillance du processeur au cours de cette période de trois ans, l'utilisateur final peut directement contacter Intel ou AMD pour qu'il remplace la puce. Dans le cas des processeurs OEM, ce n'est pas le constructeur (Intel ou AMD), mais l'entreprise auprès de laquelle vous avez acheté le processeur qui offre la garantie, ce qui peut poser problème si, par exemple, ce négociant cesse ses activités.

Les versions boîte sont vendues avec un dissipateur thermique et un ventilateur de très bonne qualité. En règle générale, le système de refroidissement fourni avec un processeur de ce type est conçu pour fonctionner dans les pires conditions thermiques. En effet, ni Intel ni AMD n'ont intérêt à fournir des dissipateurs thermiques ou des ventilateurs bon marché pour des processeurs qu'ils garantissent trois ans.

Le ventilateur ou le dissipateur thermique des processeurs OEM, en revanche, est généralement fourni par le revendeur, si bien que la qualité et les performances de ces éléments sont inégales et dépendent souvent du fournisseur que le revendeur privilégie. Étant donné que la garantie du processeur est habituellement plus courte, le revendeur accorde moins d'importance au dissipateur thermique car il a moins de risque de devoir remplacer la puce. De façon générale, le processeur est déjà intégré à la carte mère. La plupart des fabricants de marque préfèrent l'intégrer, en proposant une garantie globale.

Les cartes mères récentes disposent d'un des connecteurs (sockets) de processeur suivants :

- **Socket 775.** Supporte les processeurs Intel Core 2 Quad, Core 2 Duo, Pentium D, Celeron D, Pentium 4 et Celeron.
- **Socket AM2.** Supporte les processeurs Athlon 64 X2, Athlon 64 et Sempron.
- **Socket 939.** Supporte les processeurs Athlon 64 X2, Athlon 64 FX et Athlon 64.

Pour les ordinateurs spécialisés ou très haut de gamme, certains utilisateurs choisissent des cartes mères conçues pour accueillir des processeurs destinés aux serveurs, comme les processeurs Intel Xeon et AMD Opteron. Certaines cartes mères acceptent même les processeurs des ordinateurs portables, qui sont parfaitement adaptés aux ordinateurs qui consomment peu d'énergie ou qui chauffent très peu. Ces cartes mères peuvent entre autres intégrer des connecteurs comme le Socket F (AMD Opteron Server), le Socket S1 (AMD Turion Mobile), le Socket M (Core 2 Duo Mobile), le Socket 771 (Xeon).

Les types de connecteurs et de supports suivants sont toujours disponibles sur certaines cartes mères du commerce. Toutefois, ils ne sont pas supportés par les modèles récents de processeurs et limitent les possibilités d'évolution :

- **Socket 478.** Supporte les processeurs Intel Pentium 4 et Celeron de deuxième et de troisième génération.
- **Socket 754.** Supporte les processeurs Athlon 64.
- **Socket A (462).** Supporte les processeurs AMD Duron, Athlon et Athlon XP.
- **Socket 370 (également appelé PGA 370).** Supporte les versions PGA des processeurs Intel Pentium III et Celeron.

Puisque la carte mère détermine ou limite le choix d'un processeur, il est logique de commencer par sélectionner celui-ci.

✔ Pour en savoir plus sur les processeurs, voir "Supports des processeurs", p. 72.

Visitez le site web NewEgg.com pour plus d'informations sur les cartes mères et les processeurs commercialisés. Le site permet de rechercher les composants actuellement disponibles et de connaître leur coût, leurs spécifications et leur compatibilité.

Cartes mères

Les cartes mères sont disponibles en différents facteurs d'encombrement. Ce facteur correspond aux dimensions physiques de la carte et indique dans quel type de boîtier elle pourra tenir. Les facteurs d'encombrement des cartes mères compatibles avec les normes du marché et généralement disponibles pour les assembleurs indépendants sont les suivants :

- ATX et variantes;
- BTX et variantes;
- Mini-ITX (semi-propriétaire);

En règle générale, le facteur d'encombrement ATX, ou ses variantes comme le Micro-ATX, constitue la meilleure solution. La norme ATX est en effet la plus courante et vous offre l'éventail de choix le plus important, aussi bien pour le châssis, la carte mère que l'alimentation.

Le facteur d'encombrement plus récent BTX a été conçu pour améliorer et remplacer l'ATX. Cependant, le BTX n'est pas physiquement compatible avec l'ATX et exige un châssis différent. Bien que le BTX soit actuellement utilisé par la plupart des intégrateurs, ni lui ni ses variantes n'occupent encore une place importante sur le marché. Seules quelques cartes mères BTX sont disponibles pour les processeurs Intel, et aucune pour les processeurs AMD. La norme BTX a en partie été conçue pour réduire la chaleur des nouveaux processeurs en améliorant la circulation d'air dans le châssis. Mais les constructeurs cherchent actuellement à augmenter les performances des processeurs grâce à une conception plus efficace et non plus en augmentant uniquement leur fréquence de fonctionnement, ce qui réduit l'intérêt du BTX. Voilà pourquoi la norme ATX reste le facteur d'encombrement le plus utilisé pour les PC et risque de le rester encore pendant un certain temps.

Infos

Pour plus d'informations sur les facteurs d'encombrement des cartes mères, reportez-vous à la section "Facteurs d'encombrement des cartes mères", p. 111. Vous trouverez également les documents de référence des facteurs d'encombrement actuels à l'adresse suivante : **www.formfactors.org**.

Outre le facteur d'encombrement et la prise en charge du processeur, un certain nombre de critères devront vous aider à choisir votre carte mère. Les prochaines sections les passent en revue.

Chipset

Outre le processeur, le composant principal de la carte mère est le *chipset*. Ce dernier se compose en principe de deux puces contenant les circuits intégrés principaux de la carte mère. Ces deux puces sont couramment appelées North Bridge, ou contrôleur de mémoire (MCH, de l'anglais *Memory Controller Hub*), et South Bridge ou contrôleur d'entrées/sorties (ICH, de l'anglais *I/O Controller Hub*). Ces puces remplacent les 150 (voire plus) composants utilisés sur l'IBM AT original et facilitent la conception de cartes mères à partir d'un nombre réduit d'éléments. Pour la plupart des ordinateurs, le chipset renferme la majorité des circuits de la carte mère, à l'exception du processeur et de la mémoire.

Puisque le chipset constitue l'âme de la carte mère, il influe considérablement sur ses performances. C'est de lui que dépendront les paramètres et les limites de performances, tels que la taille et la vitesse de la mémoire, le type et la vitesse du processeur, le type de bus pris en charge, etc.

De nouveaux chipsets apparaissent si souvent qu'il est impossible d'en dresser la liste ni de détailler leurs fonctions ici. Vous trouverez néanmoins une description détaillée de nombre d'entre eux au Chapitre 3. Beaucoup de chipsets haute performance sont très couramment utilisés de nos jours.

✔ Voir la section "Chipsets", p. 135.

La sélection d'un chipset dépend surtout du processeur choisi et des autres composants à assembler pour construire l'ordinateur.

Quel que soit le modèle de chipset que vous choisirez, il est important qu'il présente les caractéristiques suivantes :

Si vous avez pour objectif de construire le PC le plus performant possible, vous aurez besoin du processeur le plus rapide. Il serait dommage de brider un processeur hautement performant en utilisant un chipset qui ne soit pas à la hauteur.

Au moment de la conception de votre machine, prenez le temps de réfléchir au nombre et au type de cartes d'extension à installer. Puis, assurez-vous que la carte retenue dispose du nombre de connecteurs approprié et qu'ils correspondent au type de bus requis pour vos périphériques (PCI, AGP et PCI-Express). Étant donné que la plupart des cartes mères actuelles ne disposent pas de bus ISA, vous devez envisager de remplacer les périphériques ISA que vous possédez par des versions plus performantes PCI ou PCI-Express.

Le choix du chipset dicte le type de connecteurs de bus pouvant être intégrés sur la carte mère. Les chipsets les plus récents intègrent uniquement des connecteurs PCI et PCIe (PCI-Express). Si vous possédez des cartes ISA ou AGP plus anciennes, il est fort probable que vous ne pourrez pas les utiliser dans le nouveau système que vous assemblez ou achetez.

Si vous achetez une carte mère, il est fortement recommandé de prendre contact avec le fabricant du chipset pour en obtenir la documentation. Vous y trouverez des explications sur les modes de fonctionnement de la mémoire, des contrôleurs de cache et des autres dispositifs. Vous y trouverez aussi les fonctions de configuration avancées du programme d'initialisation de la machine. Ces informations permettront un réglage fin de la configuration de la carte mère. Comme les chipsets sont sans cesse remplacés par de nouveaux modèles, il est préférable de récupérer au plus vite la documentation.

Infos

Les fabricants de cartes mères achètent les chipsets en gros et les obtiennent à un prix unitaire de l'ordre de 45 €, ce qui explique qu'il est très souvent impossible de trouver un chipset de rechange pour réparer une vieille carte mère : le fabricant ne garde pas en stock les fins de série. De plus, certaines cartes, en particulier celles montées sur une matrice à grille, sont quasiment impossibles à démonter. Le faible coût des chipsets explique que les cartes mères sont devenues des éléments jetables et rarement réparés.

BIOS

Soyez particulièrement attentif, pour choisir une carte mère, à son *BIOS* (*Basic Input/Output System*, système d'entrées/sorties de base), aussi appelé *BIOS ROM*, car il est stocké dans une puce de mémoire ROM (*Read Only Memory*, mémoire en lecture seule). Ce BIOS doit présenter un certain nombre de caractéristiques. La plupart des BIOS sont fabriqués par un grand constructeur comme AMI, Phoenix ou Award. Le BIOS est généralement contenu dans une puce spéciale reprogrammable appelée ROM Flash ou EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*, ROM programmable effaçable électriquement). Cela permet de télécharger des mises à jour de BIOS conçues par le fabricant et de faire évoluer facilement les lignes de code contenues dans le BIOS à l'aide du programme situé dans ces mises à jour. Avant d'acheter une carte mère, vérifiez si elle est bien prise en charge et si son fabricant propose de télécharger des mises à jour du BIOS. Si vous ne trouvez pas facilement de mises à jour du BIOS, les pilotes ou la documentation de la carte sur le site web du fabricant, mieux vaut choisir une carte d'un constructeur qui fournisse un meilleur suivi.

✔ Voir la section "Mise à jour du BIOS", p. 308.

Vous devez également vérifier que la carte mère et le BIOS prennent en charge le processeur que vous prévoyez d'installer, mais aussi le processeur que vous pourriez installer à l'avenir. Si la carte mère et le chipset peuvent gérer un nouveau processeur mais que le BIOS ne le permette pas, la mise à jour du BIOS peut être en mesure de résoudre ce problème.

Mémoire

La mémoire principale se présente en général sous forme de barrettes DIMM (*Dual Inline Memory Modules*, module de mémoire à double rangée de contacts). On trouve aujourd'hui trois types de barrettes de mémoire principaux :

- DIMM à 184 broches (DDR);
- DIMM à 240 broches (DDR2);
- DIMM à 240 broches (DDR3).

La mémoire SDRAM DDR (*Double Data Rate*, rythme de données double) est une version évoluée de la mémoire SDRAM dans laquelle les données sont transférées deux fois plus vite. Il s'agit du type de mémoire le plus courant dans les ordinateurs récents depuis 2004. La mémoire DDR3 est la forme la plus récente de mémoire disponible et devrait succéder à la mémoire DDR2.

✔ Voir la section "SDRAM DDR", p. 348.

Sur les cartes mères actuelles, l'accès à la mémoire peut être réalisé sur un seul canal (Single Chanel) ou en double canal (Dual Channel). Avec un seul canal, l'accès à la mémoire DIMM s'effectue sur chaque module 64 bits, alors que l'accès se déroule par paires en Dual Channel, ce qui améliore les performances. Si vous voulez profiter de l'accélération du mode Dual Channel, assurez-vous d'acheter et d'installer des barrettes de mémoire identiques par paires.

Les barrettes de mémoire disposent d'un bit supplémentaire de correction d'erreurs pour chaque groupe de 8 bits. Ces barrettes ECC (*Error Correcting Code*) se trouvent généralement sur les cartes mères des serveurs et plus rarement dans les PC standard. Si vous souhaitez installer ces barrettes, qui coûtent beaucoup plus cher, vérifiez bien que la carte mère soit compatible.

✔ Voir la section "Parité et ECC (code de correction d'erreurs)", p. 372. Pour en savoir plus sur les types de mémoires des PC, reportez-vous au Chapitre 5.

Ports d'entrées/sorties

Presque toutes les cartes mères actuelles contiennent des ports d'entrées/sorties intégrés. Si tel n'est pas le cas, vous devez équiper votre ordinateur d'une carte d'extension qui monopolisera malheureusement un connecteur de bus. Prévoyez les ports suivants sur votre ordinateur :

- un connecteur clavier PS/2 (de type mini-DIN);
- un port souris PS/2 (de type mini-DIN);
- un port série;
- un port parallèle (de type EPP/ECP);
- au moins quatre ports USB;
- un ou deux ports FireWire;
- un ou deux connecteurs analogiques VGA ou DVI (port graphique intégré);
- un port RJ-45 pour carte Ethernet 10/100/1000;
- des connecteurs audio (enceintes, microphone, etc.);
- deux ports de bus local IDE (primaire et secondaire), de préférence UDMA 100 ou plus rapide;
- au moins deux ports parallèles ATA;
- au moins deux ports série ATA.

Certaines cartes mères ne sont pas équipées de ports série, parallèle, clavier et souris et comptent sur les ports USB pour ces connexions. Évitez les cartes mères non compatibles si vous utilisez des périphériques avec ce type de connexion. Les cartes mères comprennent souvent des interfaces facultatives intégrées pour le son et l'affichage.

Tous les ports intégrés sont gérés soit directement par le chipset de la carte mère, soit par une puce de Super-entrées/sorties et des composants d'interface complémentaires. L'ajout d'une puce de ce type à même la carte mère évite l'achat d'une carte d'extension plus chère qui monopoliserait en outre un connecteur d'extension; c'est pourquoi cette solution économique est de plus en plus prisée pour les ordinateurs d'entrée de gamme. Cependant, les performances des circuits d'affichage intégrés sont généralement inférieures à celles des cartes AGP ou PCI-Express distinctes.

Pour les cartes mères qui ne possèdent pas ces ports, différents modèles de cartes d'extension super E/S ou multi E/S implémentent tous ces ports. Là encore, la majorité des nouveaux modèles de cartes de ce type propose une intégration de diverses fonctions par souci d'économie et de fiabilité.

✔ Voir la section "Puces de Super-entrées/sorties", p. 218.

L'intégration des fonctions d'affichage et de réseau à la carte mère a pour principal inconvénient de ne permettre aucun contrôle sur la qualité de ces composants. Ces composants intégrés représentent une solution de bonne qualité, mais ne rivalisent pas en performance avec les cartes d'extension haut de gamme. Or, votre vocation d'assembleur est sans doute liée au désir de disposer des meilleures performances possibles, ce qui n'est pas envisageable avec des circuits audio ou graphiques intégrés.

Rien ne vous empêche d'acheter une carte avec adaptateurs intégrés puis d'ajouter les composants de votre choix. Dans ce cas, vous risquez seulement d'accroître le coût global et d'induire le système d'exploitation en erreur au moment de la détection automatique des composants. Il se peut en effet que la mauvaise carte soit détectée. Il vous faut alors y remédier en identifiant manuellement la carte d'extension. Si vous souhaitez utiliser un circuit graphique intégré tout en bénéficiant de la possibilité d'installer une carte graphique PCI-Express plus rapide par la suite, vous devez rechercher des systèmes qui disposent à la fois d'un circuit d'affichage intégré et du connecteur PCIe 16x dont vous aurez besoin pour la carte graphique.

✔ Voir la section "Fonctions vidéo intégrées/chipsets intégrés à la carte mère", p. 706.

Quand il y a quatre ports USB ou plus, ils sont souvent répartis sur deux bus avec un jeu de connexions à l'arrière de la carte et un autre sous forme de connecteur sur la carte mère. On branche un câble sur ce connecteur qui permet de diriger le second port USB vers l'avant du boîtier du PC. La plupart des boîtiers récents autorisent le montage de connecteurs en façade, ce qui simplifie le branchement de périphériques temporaires comme les caméras numériques ou les lecteurs MP3 pour le transfert de fichiers.

Quand la carte mère possède des interfaces intégrées, pour le son et l'affichage par exemple, vous devez en principe modifier la configuration du BIOS pour y désactiver ces interfaces si vous désirez utiliser à la place votre toute nouvelle carte graphique ultrasophistiquée. Il suffit d'accéder aux menus du BIOS et d'y rechercher les paramètres Enable/Disable pour les composants intégrés.

Disque dur

Votre ordinateur devra aussi disposer au minimum d'un disque dur. Il est généralement conseillé d'utiliser un disque d'une capacité d'au moins 80 Go bien que, dans certains cas, une capacité inférieure soit suffisante pour une configuration bas de gamme. Les PC haut de gamme ont une capacité d'au moins 400 Go. L'une des règles d'or pour l'achat d'un ordinateur, c'est qu'on n'a jamais trop d'espace de stockage. Choisissez la plus grande capacité que vous permet votre budget; vous trouverez toujours moyen de le remplir.

Astuces

Les internautes peuvent déterminer de manière informelle l'espace disque dont ils auront besoin d'après le débit de leur connexion. Si vous avez une connexion large bande (passant par le câble, le DSL/ADSL ou un réseau local), vous constaterez que les fichiers téléchargés s'accumulent rapidement sur le disque dur. Il en va de même si vous possédez une importante collection de CD audio que vous souhaitez transférer sur votre disque dur. Dans ces conditions, il faut un disque d'au moins 250 Go. En outre, un système de stockage amovible grande capacité tel qu'un graveur de DVD double couche est un bon investissement.

L'interface la plus répandue est l'interface SATA (Serial ATA), si bien que de nombreuses cartes mères contiennent au moins six connecteurs SATA. La plupart intègrent également encore un port parallèle ATA pour les lecteurs optiques, mais des versions SATA commencent à apparaître.

De nombreuses cartes mères disposent maintenant d'interfaces SATA compatibles RAID. Elles vous permettent d'installer plusieurs disques durs. On peut ainsi installer deux lecteurs IDE identiques (une paire de lecteurs 30 Go, par exemple) et les traiter comme un seul très grand et très rapide disque dur de 60 Go.

Beaucoup de cartes mères sont désormais dotées d'interfaces SATA compatibles RAID. Il est ainsi possible d'installer plusieurs disques durs dans différentes configurations, comme RAID 0 (volume agrégé par bandes), RAID 1 (miroir de disque) et RAID 5 (volume agrégé par bandes à parité répartie). Les configurations RAID 1 ou RAID 5 sont particulièrement utiles pour se protéger des pertes de données. Le RAID 1 nécessite d'agréger les disques par paires, tandis que le RAID 5 nécessite au moins trois disques.

La plupart des cartes mères comprennent des ports USB 2.0, et nombreuses sont celles à disposer également de ports IEEE-1394 (FireWire). Les lecteurs USB et FireWire externes sont très utiles pour effectuer des sauvegardes et pour déplacer de grandes quantités de données d'un ordinateur à un autre.

✔ Voir les sections "RAID PATA/SATA", p. 448 et "ATA Série", p. 414.

Il existe sur le marché des disques durs de différentes marques, qui offrent souvent des performances comparables au sein d'une même gamme de prix et à capacité égale.

Lecteurs de supports amovibles

De nombreux ordinateurs ne disposent plus de lecteur de disquettes 3 pouces 1/2 d'une capacité de 1,44 Mo, relégué au second plan car tous les PC actuels sont capables de démarrer à partir d'un CD, d'un DVD, voire d'un lecteur USB, ce qui fait des lecteurs optiques une alternative haute capacité intéressante aux lecteurs de disquettes ou aux lecteurs Zip.

Pour le stockage de données sur support mobile, nous recommandons l'achat d'un graveur de DVD-RW (DVD réinscriptible) double couche plutôt que d'un lecteur de disquettes Zip ou CD-RW puisqu'un graveur de DVD-RW peut également écrire sur des disques CD. Le prix de ces périphériques et des disques a considérablement baissé, si bien que le coût du stockage sur DVD s'approche

de celui sur CD. En outre, un CD réinscriptible ne peut contenir que 700 Mo de données contre 4,7 Go pour un DVD simple couche et 8,4 Go pour un DVD double couche.

✔ Voir la section "DVD", p. 535.

Quel que soit le format utilisé, un lecteur optique est un élément à intégrer obligatoirement dans un PC que vous assemblez, pour la simple raison que presque tous les logiciels sont désormais distribués sur CD-ROM ou DVD. Cela dit, si le graveur de DVD réinscriptibles est un composant essentiel de tout nouveau PC, un disque dur externe n'est pas à négliger si vous avez besoin d'autres périphériques de stockage, qu'il s'agisse de transférer des données ou de les sauvegarder. Même un graveur de DVD double couche ne peut rivaliser avec la capacité de stockage des disques durs externes actuels, puisque ces derniers peuvent stocker jusqu'à 1 To de données. Vous pouvez trouver des boîtiers externes disposant de ports USB 2.0 ou FireWire (voire parfois les deux) pour moins de 30 €. Beaucoup de ces boîtiers disposent en plus d'un logiciel avec lequel vous effectuerez automatiquement la sauvegarde de vos données en pressant un seul bouton sur le lecteur de disque dur externe.

Les lecteurs USB à mémoire flash représentent une solution de stockage plus compacte qui peut vous accompagner partout. Avec la première génération de lecteurs flash, il n'était généralement possible de stocker que 16 Mo de données, mais les périphériques actuels peuvent contenir jusqu'à 8 Go de données voire plus.

Périphériques d'entrée

Votre ordinateur doit évidemment être équipé d'un clavier et d'un périphérique de pointage tel qu'une souris. Deux utilisateurs différents préféreront deux types de claviers différents, et la "sensation" que procure un clavier peut varier considérablement de l'un à l'autre. Aussi est-il préférable d'essayer différents modèles avant d'en choisir un. Certains utilisateurs préfèrent les claviers qui offrent une résistance tactile importante. D'autres, au contraire, préfèrent les claviers à touches plus sensibles.

Les claviers et les souris disposent généralement de connecteurs aux ports PS/2 ou USB. Même si le connecteur PS/2 à six broches de type mini-DIN est le plus couramment utilisé, le port USB tend à le supplanter sur les ordinateurs les plus récents. Par exemple, les claviers et les souris sans fil prennent rarement en charge le vénérable port PS/2.

Bien que cela ne constitue guère un problème dans les ordinateurs récents, souvenez-vous que le système d'exploitation doit prendre en charge l'USB et que le BIOS doit disposer d'une fonction appelée *USB Legacy* ou *USB Keyboard and Mouse* pour pouvoir utiliser le clavier ou la souris USB en dehors de l'interface graphique Windows. Cette fonctionnalité est disponible dans les BIOS récents. Toutefois, pour utiliser un clavier ou une souris USB sur un ancien et un nouveau PC, choisissez un modèle fourni avec un adaptateur USB-PS/2 ou procurez-vous cet adaptateur séparément.

Pour les claviers et les souris sans fil, il était auparavant important de choisir des modèles utilisant les émissions radio plutôt qu'infrarouges et un seul émetteur à la fois pour le clavier et la souris. Pour les produits actuels, ce choix est en grande partie déjà effectué pour vous. Cependant, vous

devez garder à l'esprit que les émissions radio peuvent utiliser des fréquences propriétaires de courte portée ou la norme Bluetooth. Il est conseillé d'utiliser des périphériques Bluetooth si vous souhaitez utiliser le clavier ou la souris avec de nombreux périphériques différents ou qui seraient éloignés de l'ordinateur.

✔ Voir les sections "Les claviers", p. 831 et "La technologie des claviers", p. 833.

Astuces

On peut être tenté de lésiner sur ce poste afin de réaliser quelques économies. C'est un mauvais choix. Toutes les interactions avec le PC passent par le clavier et la souris. Les modèles économiques se rappelleront à vous chaque fois que vous serez devant votre ordinateur.

Le succès de l'USB a profondément modifié le marché, à tel point que tous les périphériques peuvent virtuellement utiliser cette connexion. Elle peut recevoir des modems, des claviers, des souris, des lecteurs de CD-ROM, des haut-parleurs, des manettes de jeu, des lecteurs de bandes ou de disquettes, des scanners, des appareils photo, des lecteurs MP3 et des imprimantes, mais la liste n'est pas exhaustive.

✔ Voir la section "Les claviers USB", p. 838.

Carte graphique et moniteur

Vous devez bien sûr équiper votre ordinateur d'une carte graphique et d'un moniteur. Il existe un grand choix de modèles dans ce domaine, mais nous vous conseillons de choisir un moniteur de qualité. Le moniteur constitue la principale interface entre vous et l'ordinateur et de son choix dépend votre confort d'utilisation. À l'heure actuelle, les moniteurs cathodiques sont en voie de disparition si bien que nous conseillons de choisir un écran LCD.

Il est aujourd'hui recommandé de choisir un moniteur LCD d'au moins 17 pouces offrant une résolution de 1280 × 1024 pixels s'il s'agit d'un écran standard SXGA (*Super eXtended Graphics Array*) ou de 1400 × 900 pixels s'il s'agit d'un écran large WSXGA+. Si vous optez pour un moniteur de 19 pouces ou plus, des résolutions supérieures sont possibles.

Beaucoup d'écrans LCD peuvent être reliés à un port analogique VGA, mais la plupart des modèles actuels sont conçus pour être branchés sur le connecteur DVI, qui est en passe de devenir le type de connecteur par défaut sur les cartes graphiques modernes. Vous devez également vérifier que le temps de réponse est faible : il doit être égal à 8 ms (millisecondes) voire moins, en particulier pour les jeux vidéo.

Ces dernières années, l'interface du port AGP (*Accelerated Graphics Port*) est devenue le standard pour les cartes graphiques, mais elle cède de plus en plus la place au port PCI-Express. Dans certains cas, vous trouverez même des cartes graphiques basées sur le port PCI. Utilisez uniquement ce port dans un ordinateur de bureau lorsque vous ajoutez une seconde carte graphique pour disposer d'un second écran. La prise en charge de plusieurs moniteurs sur un seul ordinateur, disponible depuis Windows 98, est une fonction très utile pour de nombreuses applications. Si vous recherchez

avant tout la performance et que votre budget le permette, cherchez un système qui prenne en charge les cartes graphiques PCI-Express x16. NVIDIA et ATI (qui a été racheté par AMD) commercialisent des chipsets graphiques haute performance qui peuvent être utilisés pour faire fonctionner deux cartes graphiques simultanément afin d'accroître les performances d'affichage.

✔ Voir la section "Bus AGP", p. 254.

✔ Voir la section "Accélérateurs graphiques 3D", p. 725.

Si vous installez une nouvelle carte graphique AGP pour mettre à niveau votre ordinateur actuel, vous pouvez supprimer l'ancienne et la remplacer par un modèle compatible avec l'interface de la carte mère (AGP ou PCI). S'il s'agit d'un ordinateur ancien qui utilise le port AGP, assurez-vous que les connecteurs de la carte mère et de la carte graphique soient compatibles car le bus AGP existe dans de nombreuses versions, en fonction de sa vitesse (4×, 8×, etc.). Vous pouvez aussi remplacer une carte graphique PCI par une autre carte graphique PCI si la carte mère n'offre pas de port AGP. Cependant, dans ce cas, il est sans doute préférable de remplacer la carte mère car les interfaces AGP ou PCI-Express accélèrent le traitement de l'affichage.

Nombre de cartes mères à circuit graphique embarqué offrent également un connecteur d'extension AGP ou PCI-Express. Si c'est le cas de la vôtre, vous pouvez insérer la carte graphique dans ce connecteur. En principe, le circuit graphique embarqué se désactive automatiquement en présence de cette nouvelle carte. Si ce n'est pas le cas, vous devez le désactiver manuellement dans le BIOS.

Carte son et haut-parleurs

Tous les ordinateurs actuels doivent être capables de produire du son, ce qui signifie que vous devez disposer d'au moins un ensemble de haut-parleurs externes et d'une carte son ou d'un circuit audio intégré à la carte mère. La plupart des ordinateurs, même ceux qui ne disposent pas de circuit graphique intégré, intègrent un circuit audio. Mais ce circuit peut être désactivé si vous préférez ajouter une carte son dédiée de qualité. Les cartes son dédiées, comme celles de la gamme Creative X-Fi, permettent d'obtenir la meilleure qualité sonore possible pour la lecture de DVD, l'enregistrement et le traitement audio ou pour bénéficier du son surround dans les jeux. Presque tous les circuits audio intégrés à la carte mère et toutes les cartes son actuelles sont compatibles avec le standard Creative Sound Blaster, les fonctionnalités DirectSound de Windows et d'autres API audio.

Les haut-parleurs pour PC se déclinent en plusieurs tailles et qualités, du modèle de poche aux qualités médiocres au modèle de luxe pour mélomane. Plusieurs fabricants d'enceintes stéréo, parmi les plus grands noms, proposent également des haut-parleurs pour PC. Certains proposent des caissons de basses et/ou implémentent complètement le son surround Dolby 5.1, 6.1 ou 7.1.

Accessoires

Outre les composants principaux, vous avez également besoin de plusieurs autres accessoires pour compléter votre ordinateur. Il s'agit des petites pièces qui peuvent faire du processus d'assemblage un plaisir ou une corvée. Si vous achetez les composants par correspondance, établissez une liste complète de toutes les pièces dont vous avez besoin, y compris les câbles et les vis, et assurez-vous

de disposer de tous les éléments avant de commencer l'assemblage. Il est très pénible de devoir attendre plusieurs jours la livraison d'un élément alors que l'ordinateur est à moitié assemblé.

Dissipateurs thermiques et ventilateurs

La plupart des processeurs actuels les plus rapides produisent beaucoup de chaleur, qui doit être dissipée pour éviter que l'ordinateur ne fonctionne pas par intermittence ou tombe totalement en panne. Il existe deux catégories principales de dissipateurs thermiques : les dissipateurs actifs et les dissipateurs passifs.

Les dissipateurs thermiques passifs sont de simples morceaux de métal (généralement en aluminium ou en cuivre) qui sont fixés ou collés par-dessus le processeur. Ils agissent comme un radiateur et, en effet, offrent une plus grande surface au processeur pour évacuer la chaleur. Les dissipateurs thermiques actifs intègrent un dissipateur thermique auquel est attaché un ventilateur. Ils sont nécessaires pour la plupart des processeurs actuels, car ils permettent de mieux évacuer la chaleur tout en occupant moins d'espace. En règle générale, vous ne pouvez pas choisir le dissipateur thermique car il est déjà fixé au processeur. Si vous devez le fixer vous-même, il vous faut utiliser une pâte thermique ou du ruban adhésif pour boucher tous les espaces entre le dissipateur thermique et le processeur et assurer une dissipation de la chaleur plus efficace.

De toute évidence, les dissipateurs thermiques actifs offrent un meilleur refroidissement que les dissipateurs passifs. Les versions boîte des processeurs d'Intel et d'AMD sont vendues avec le dissipateur thermique et le ventilateur inclus. Bien que les processeurs OEM ne soient pas accompagnés d'un dissipateur thermique construit par le fabricant du processeur, la plupart des vendeurs fournissent un dissipateur thermique et un ventilateur. Ces derniers offrent d'ailleurs souvent de meilleures performances de refroidissement que ceux livrés avec les versions boîte des processeurs, ce qui les rend plus appropriés pour l'overclocking.

Attention

Tous les dissipateurs thermiques modernes exigent que soit appliquée une pâte thermique à leur base avant de les installer. Une petite quantité de cette pâte peut être fournie avec le nouveau dissipateur thermique, mais vous pouvez également l'acheter séparément car cette pâte doit être enlevée et remplacée chaque fois que vous retirez et réinstallez le processeur ou le dissipateur thermique.

Le châssis joue également un grand rôle dans le refroidissement. Le ventilateur de l'alimentation et celui placé sur le dissipateur thermique du processeur ne sont pas suffisants pour les ordinateurs récents les plus performants. Nous vous conseillons de choisir un châssis qui intègre au moins un ventilateur supplémentaire, monté généralement à l'arrière du châssis afin d'évacuer l'air vers l'arrière. Certains châssis comprennent également un ventilateur supplémentaire sur la façade avant ou sur une paroi latérale.

Si vous mettez à niveau un système existant, plusieurs entreprises fabriquent des ventilateurs supplémentaires qui s'insèrent dans une baie de lecteur. Ils prennent la place d'un lecteur 5 pouces 1/4 et aspirent l'air par la façade avant pour refroidir l'intérieur du châssis. Ce type de ventilateurs cons-

titue une bonne solution si vous utilisez un disque dur tournant à 10000 tr/min ou plus, car celui-ci émet énormément de chaleur (plus encore les disques durs tournant à 7200 tr/min). Il existe même des ventilateurs montés sur des cartes qui expulsent l'air par l'arrière du châssis. Gardez à l'esprit que la température intérieure du châssis doit rester inférieure à 38 °C. La stabilité du système et la durée de vie des composants se réduisent de manière spectaculaire au-delà de 43 °C.

Câbles

Le branchement des divers composants d'un PC nécessite d'utiliser de nombreux câbles différents. Il peut s'agir de câbles pour l'alimentation, pour les cartes d'extension, pour le lecteur de disquettes, de câbles série ou parallèle ATA. La carte mère dispose généralement de câbles pour chacun des ports internes, comme le lecteur de disquettes ou les disques durs. Les périphériques externes que vous achetez sont souvent fournis avec des câbles, mais ce n'est pas toujours le cas.

Si vous assemblez vous-même votre ordinateur en n'utilisant que des composants OEM, sachez que ces derniers ne sont pas toujours livrés avec tous leurs accessoires, qu'il s'agisse des câbles, des logiciels et de la documentation, comme le sont les versions boîte de ces mêmes composants.

Matériel

Vous aurez besoin de vis, de rails de fixation (si votre châssis les nécessite) et de divers autres éléments pour assembler votre ordinateur. La plupart de ces pièces sont fournies avec le châssis ou les autres composants. Cela est particulièrement vrai des vis et des fixations des cartes et des disques durs. Lorsque vous achetez un composant comme un disque dur, certains vendeurs vous offrent la possibilité d'acheter le lecteur seul ou un kit contenant les câbles et le matériel de montage de ce périphérique. La plupart du temps, les disques vendus seuls ne sont accompagnés d'aucun matériel supplémentaire, mais vous pouvez ne pas avoir besoin de ces éléments si le matériel de montage est fourni avec le châssis. Malgré cela, les quelques euros supplémentaires que vous dépenserez pour le kit de montage complet ne représentent que rarement un gaspillage d'argent. Même s'il vous reste quelques éléments une fois l'assemblage de votre ordinateur terminé, ils risquent de vous être utiles un jour.

Matériel et ressources logicielles

Lors de la phase préparatoire à la construction d'un PC, il est important de réfléchir à la manière dont les composants sélectionnés vont fonctionner ensemble ainsi qu'à leur compatibilité avec les applications à exécuter. Il ne suffit pas de disposer du nombre adéquat de connecteurs sur la carte mère pour brancher toutes les cartes d'extension, ni des baies appropriées dans le châssis pour insérer les lecteurs. Il faut également étudier les ressources nécessaires à ces composants.

Si vous prévoyez par exemple d'utiliser des périphériques FireWire, vous devez savoir si votre nouvelle carte mère intègre des ports FireWire ou si vous devez ajouter une carte pour disposer de cette fonctionnalité. Étant donné les différentes vitesses et tensions auxquelles fonctionnent les différents processeurs, vous devez également vérifier que le processeur, la mémoire et la carte mère que vous comptez installer fonctionneront correctement ensemble.

Vous devez donc établir la configuration complète de l'ordinateur avant de commander la moindre pièce. Une planification aussi détaillée peut représenter beaucoup de travail, ce qui est une des raisons, avec le coût, pour lesquelles la grande majorité des PC sont préfabriqués.

Astuces

Dans la plupart des cas, vous pouvez télécharger ou consulter en ligne les manuels de la carte mère, du processeur et des principaux composants de l'ordinateur avant de les acheter. Consultez attentivement les manuels et les notes techniques sur les sites web des fournisseurs. Vous aurez besoin d'Adobe Acrobat Reader, disponible gratuitement à l'adresse **www.adobe.com**, *afin de visualiser la plupart des manuels en ligne.*

Vous aurez enfin besoin d'un système d'exploitation et d'autres logiciels. Les PC préfabriqués sont très souvent livrés avec le système d'exploitation installé, ce qui n'est pas le cas si vous assemblez l'ordinateur vous-même. Pensez donc à préparer une copie du système d'exploitation que vous avez sélectionné.

Le choix du système d'exploitation est également une décision importante. Vérifiez que celui que vous avez retenu prend bien en charge l'ensemble du matériel. À l'heure actuelle, vous avez principalement le choix entre Windows XP, Vista et l'une des variantes de Linux comme Ubuntu. Sur ce sujet, l'assemblage de son propre ordinateur présente de gros avantages. Ainsi, depuis le lancement de Vista au début de l'année 2007, ce dernier est vendu avec la majorité des ordinateurs, même si de nombreuses personnes préfèrent XP. Lorsque vous construisez votre propre ordinateur, le choix du système d'exploitation est entièrement le vôtre.

À propos des versions OEM des systèmes d'exploitation

Microsoft n'autorisant pas la vente seule des versions OEM de ses systèmes d'exploitation, veillez à commander une édition OEM du système d'exploitation au moment de l'achat du matériel. Les termes du contrat de concession Microsoft ne permettent aux concessionnaires de commercialiser un système d'exploitation qu'avec du matériel. À une certaine époque, il fallait acheter un PC complet, une carte mère ou un disque dur pour obtenir une version OEM du système d'exploitation, mais n'importe quel composant suffit maintenant (même un élément aussi peu cher qu'une souris). Quoi qu'il en soit, vérifiez que vous récupérez bien un CD original (et non pas une copie) de la version OEM sur CD-ROM ou DVD-ROM.

Les pilotes de certains composants spécifiques, comme le chipset de la carte mère, peuvent également créer certains problèmes. Il est conseillé de rechercher les dernières versions disponibles des pilotes appropriés, des flashs du BIOS, des microprogrammes d'actualisation et des autres composants logiciels, avant même de commencer le processus d'assemblage. Copiez ensuite ces fichiers sur CD ou DVD pour y avoir facilement accès lorsque cela sera nécessaire.

Assemblage et démontage de l'ordinateur

L'assemblage même de l'ordinateur est simple, une fois que tous ses éléments sont rassemblés. Vous aurez en effet le sentiment que la phase d'acquisition de ces différents éléments est la plus longue et la plus éprouvante. Pour assembler votre ordinateur, vous n'aurez qu'à visser les éléments ensemble, brancher tous les câbles et tous les connecteurs et configurer les périphériques concernés pour que tout fonctionne bien.

Vous saurez vite si l'ordinateur fonctionne comme vous l'escomptiez ou si, au contraire, il apparaît des incompatibilités entre certains périphériques. Agissez avec prudence et soyez très attentif à la façon dont vous installez les différents éléments de l'ordinateur. Il est rare qu'un ordinateur qui vient d'être assemblé fonctionne parfaitement dès la première fois, même lorsque le "mécano" est expérimenté. Il est facile d'oublier de régler un cavalier ou un micro-interrupteur, de brancher un câble, etc., ce qui peut perturber le fonctionnement de l'ordinateur. Si des problèmes apparaissent, votre première réaction sera sans doute d'incriminer le matériel, mais il est rare qu'il soit effectivement défectueux. Le plus souvent, les problèmes sont imputables à un oubli ou à une erreur commise durant l'assemblage.

Règle principale : conserver soigneusement l'ensemble des documentations et des éléments logiciels livrés avec chaque composant de votre PC. Ce matériel se révélera indispensable pour résoudre les problèmes rencontrés au cours de la phase d'assemblage, voire ultérieurement. Conservez également les emballages des différents composants achetés par correspondance jusqu'à ce que vous soyez certain de ne pas avoir à les retourner.

Préparation de l'assemblage

Le montage des composants du PC nécessite quelques outils de base : une clé à six pans de 6 mm ou un tournevis de 25 mm ou à tête Philips, pour les vis externes qui maintiennent le capot en place, et une clé à six pans de 5 mm ou un tournevis à tête Philips, pour toutes les autres vis. Des extracteurs aident également à retirer les circuits intégrés et les cavaliers de la carte mère. Grâce à la standardisation de ce marché, seuls quelques types et tailles de vis différents (à quelques exceptions près) sont utilisés pour assembler un PC. De plus, l'agencement physique des principaux composants est similaire chez l'ensemble des constructeurs. La Figure 17.2 montre les composants qui équipent un PC classique et la Figure 17.3 les composants assemblés. Notez que les composants présentés sont ceux d'un ordinateur standard. La liste finale des composants peut varier.

> ✔ Pour plus d'informations sur les outils utilisés pour travailler sur les ordinateurs, voir le Chapitre 19, "Les diagnostics, les tests et la maintenance", p. 1089.

Les autres outils sont liés au logiciel. Vous aurez besoin d'un disque d'installation du système d'exploitation. Il est également conseillé d'avoir à portée de main les disques contenant toutes les mises à jour du système d'exploitation, les pilotes et les logiciels que vous souhaitez installer.

Cette section traite de la procédure d'assemblage et de démontage des éléments suivants :

- châssis et capot;

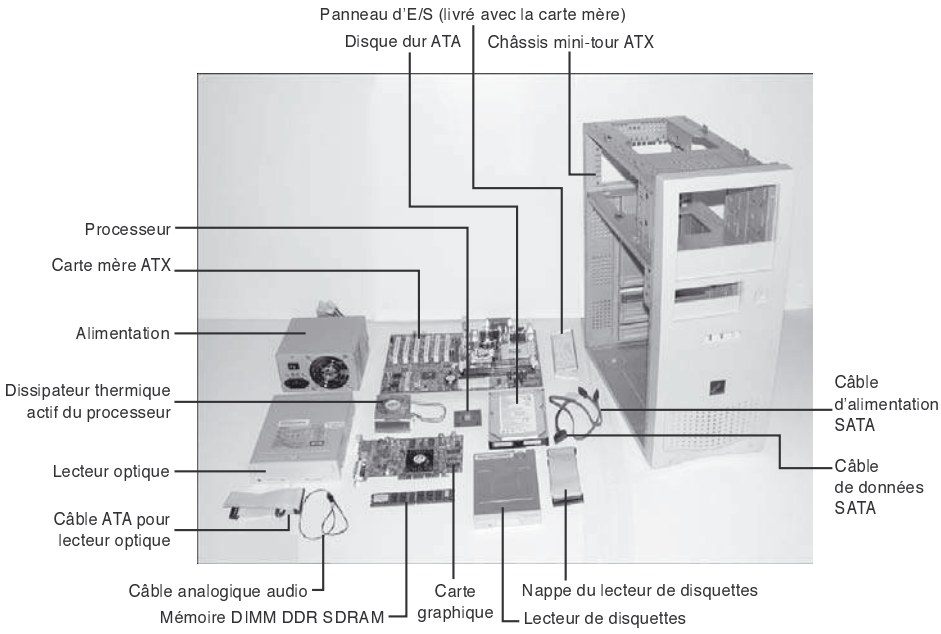


Figure 17.2

Composants typiques utilisés pour construire un ordinateur. Les vis et les rails ne sont pas illustrés mais sont généralement fournis avec le châssis et les lecteurs.

Figure 17.3

Le PC terminé contenant tous les composants de la Figure 17.2.

- alimentation;
- cartes d'extension;
- carte mère;
- lecteurs de disque.

Vous verrez plus tard comment installer et supprimer ces composants sur plusieurs types de systèmes. En ce qui concerne le montage et le démontage, il est préférable d'étudier chaque ordinateur en fonction de son type de châssis. Tous les ordinateurs dont le châssis est de type ATX, par exemple, s'assemblent et se démontent de la même façon.

Protection électrostatique

Avant que vous commenciez l'assemblage d'un ordinateur, deux précautions sont indispensables. La première consiste à vous débarrasser de toute charge électrostatique. La seconde est de noter scrupuleusement la configuration de l'ordinateur, en tenant compte des aspects physiques (tels que la position des cavaliers, les paramètres des micro-interrupteurs et l'orientation des câbles) et de la configuration logique du système (notamment les valeurs du CMOS).

Lorsque vous travaillez sur les composants internes d'un ordinateur, il est indispensable de prendre les précautions nécessaires pour éviter tout risque de décharges électrostatiques. À tout moment, votre corps est susceptible d'être chargé en électricité statique, cette charge risquant d'endommager, voire de détruire, les composants. Avant d'introduire la main dans un ordinateur ouvert, touchez une portion du châssis relié à la terre, telle que le boîtier d'alimentation. Cela sert à répartir la charge électrique susceptible d'être en circulation sur vous ou sur l'ordinateur. Assurez-vous que ce dernier reste débranché pendant toute la durée des opérations d'assemblage. Certains prétendent qu'il vaut mieux le brancher afin d'évacuer l'électricité statique vers la terre par l'intermédiaire des prises de courant, mais cela n'est pas nécessaire. En laissant l'ordinateur branché, vous vous exposez à d'autres problèmes, comme griller un composant en l'installant alors que le courant circule.

Attention

L'alimentation des ordinateurs actuels délivre constamment un courant électrique de +5 V à la carte mère dès qu'elle est branchée. Un seul conseil à retenir : ne travaillez jamais dans un ordinateur relié au secteur.

Les tables de travail modernes des ateliers de réparation sont entièrement reliées à la terre. Chez vous, choisissez une source d'évacuation correcte pour éviter tout risque d'électrocution.

Il existe une méthode plus sophistiquée pour équilibrer les charges entre les composants manipulés et l'utilisateur : l'utilisation d'un kit de protection antistatique. Ce kit est constitué d'un bracelet et d'un petit tapis, ainsi que de fils de terre reliés au châssis de l'ordinateur. Lorsque vous vous préparez à travailler, placez le petit tapis à proximité ou, partiellement, en dessous de l'unité. Accrochez ensuite les fils à la fois au tapis et au châssis du PC. Enfilez alors le bracelet et reliez-le à la terre. Puisque le tapis et le châssis sont déjà reliés entre eux, vous pouvez attacher le fil du bracelet à l'un comme à l'autre. Si vous utilisez un bracelet sans tapis, reliez le fil au châssis de l'ordinateur. Choisissez une zone dépourvue de peinture pour établir un meilleur contact. Cette procédure équilibre

les charges électrostatiques véhiculées à la fois par vous et par les composants de l'ordinateur et évite un flux soudain d'électricité statique qui peut endommager les circuits électriques.

Lors de l'installation ou du démontage de lecteurs, de cartes d'extension et d'autres éléments délicats tels que la carte mère, les barrettes de mémoire ou le processeur, placez les composants sur le tapis statique. Certaines personnes ont tendance à placer le boîtier sur le tapis. Il est toutefois préférable de l'aligner le long de celui-ci pour bénéficier de suffisamment de place pour poser les composants dont vous avez besoin. Si vous vous apprêtez à retirer la carte mère d'un PC, vérifiez au préalable que vous disposez de la place nécessaire sur le tapis pour l'y poser.

Si vous n'êtes pas équipé d'un tapis de ce type, placez les éléments retirés et les pièces électriques sur un bureau ou une table propre. Saisissez toujours les cartes d'extension par leur languette métallique arrière, par laquelle elles sont fixées sur l'ordinateur. Cette languette est reliée au circuit de masse de la carte. En commençant par toucher cette languette, vous évitez qu'une décharge électrique n'endommage les composants de la carte. Si la carte ne dispose pas d'une languette métallique (c'est le cas des cartes mères, par exemple), saisissez-la soigneusement par les côtés et essayez de ne pas toucher les connecteurs ou composants. Si vous n'avez aucun équipement électrostatique à portée de main, n'oubliez pas de toucher le boîtier de temps en temps pour éliminer les éventuelles charges électriques accumulées sur vous.

Attention

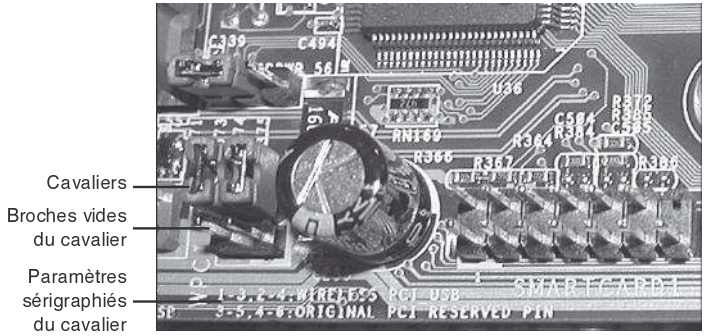
Certains recommandent de placer les cartes et les puces sur des feuilles d'aluminium. Cette procédure est totalement à proscrire et peut conduire à une explosion ! De nombreux modèles de cartes mères récents, de cartes d'extension et d'autres circuits imprimés sont équipés de piles au lithium ou au nickel-cadmium. Ces batteries réagissent violemment lorsqu'elles sont court-circuitées et c'est exactement ce qui se passe si vous les placez sur une feuille d'aluminium. Les batteries surchauffent rapidement et risquent d'exploser comme un gros pétard (et de produire des éclats dangereux). Étant donné qu'il n'est pas toujours possible de définir si une carte est équipée d'une pile, la prudence consiste à ne jamais poser de carte sur une quelconque surface métallique conductrice.

Noter la configuration physique

Durant l'assemblage d'un PC, il est conseillé de noter sur une feuille de papier l'ensemble des paramètres physiques et la configuration de chaque composant, y compris la position des cavaliers et des micro-interrupteurs, l'orientation et le positionnement des câbles, l'emplacement des fils de masse et même la position des cartes. Pour en savoir plus sur le connecteur et les cavaliers de la carte mère, reportez-vous au Chapitre 3. Gardez à portée de main un petit carnet dans lequel vous consignerez ces informations. La Figure 17.4 illustre un cavalier de carte mère classique.

Il est particulièrement important de noter les paramètres des cavaliers et commutateurs sur la carte mère et sur toutes les cartes du PC (rares sont les cartes actuelles qui utilisent des cavaliers ou des interrupteurs, mais certaines cartes mères les utilisent). Si vous modifiez accidentellement ces paramètres, vous pourrez ainsi facilement restaurer les valeurs initiales. Cette connaissance de la situation de départ est encore plus importante si vous ne disposez pas de l'ensemble de la documentation appropriée. Et, même avec la documentation, il arrive que certains cavaliers ou commutateurs ne

Figure 17.4
La position du cavalier sur cette figure sert à configurer l'interface PCI et USB de la carte mère.



soient pas répertoriés dans le manuel, alors qu'il est nécessaire de les paramétrer d'une certaine façon pour que le composant fonctionne. Pensez également à noter l'orientation de chacun des câbles. La plupart des PC de marque emploient des câbles et connecteurs munis de détrompeurs qu'il est impossible de brancher à l'envers. Cependant, certains PC génériques ne bénéficient pas de cette fonctionnalité. Il est nécessaire de marquer ou de noter précisément l'emplacement de chaque câble et son orientation. Les nappes ont généralement un fil coloré (rouge, vert, bleu ou noir) à une extrémité, qui indique la broche 1. Cette indication peut également se matérialiser par la présence d'un petit triangle sur le connecteur, ou du chiffre 1. Les périphériques auxquels les câbles sont connectés sont eux aussi marqués de manière à indiquer la position de la broche 1. Bien souvent, vous verrez à côté de la broche 1 du connecteur un point, un 1 ou une autre marque.

Bien que l'orientation et le positionnement des câbles puissent paraître très simples, il est très fréquent qu'ils occasionnent des problèmes. Par chance, dans la plupart des cas, le branchement erroné d'une nappe est rarement source de dégâts irrémédiables (ce qui peut par contre se produire avec les câbles d'alimentation).

Un mauvais branchement de la pile de mémoire CMOS peut endommager la puce, généralement soudée à la carte mère, auquel cas il n'y a rien d'autre à faire que de remplacer la carte mère !

Pour finir, il est recommandé de noter tout ce qui peut vous sembler utile, notamment la position de chaque câble de masse, carte d'extension et autre élément difficile à mémoriser à long terme. Certaines configurations et installations sont plus rigoureuses que d'autres pour le choix du connecteur à assigner à chaque carte d'extension. C'est pourquoi il est conseillé de remettre chaque composant à son emplacement d'origine.

Installation de la carte mère

Pour installer la carte mère, commencez par la déballer et par vérifier que vous disposez de tous les éléments censés être inclus. Si vous achetez une nouvelle carte, vous devez au minimum disposer de la carte mère, de certains câbles d'entrées/sorties et d'un manuel. Si vous avez également passé commande d'un processeur et de mémoire supplémentaire, ces derniers sont normalement déjà ins-

tallés, mais il se peut aussi qu'ils soient fournis séparément. Certains kits comprennent un bracelet antistatique afin d'éviter tout risque lors de l'installation de la carte.

Installer le processeur et le dissipateur thermique

Il vaut mieux enficher le processeur et les barrettes de mémoire sur la carte mère avant de l'installer dans le boîtier, car cela facilite les manipulations. Certaines cartes mères sont dotées de cavaliers qui contrôlent à la fois la vitesse du processeur et la tension nécessaire. Si ces réglages sont incorrects, l'ordinateur peut ne pas fonctionner du tout, mal fonctionner ou même endommager le processeur. Les cartes mères récentes contrôlent les tensions automatiquement ou grâce au système de configuration du BIOS. Si vous avez une question à propos de ces paramétrages, adressez-vous au revendeur de la carte mère avant de procéder à une quelconque modification de la position des cavaliers.

✔ Voir la section "Tensions de fonctionnement des processeurs", p. 76.

Tous les processeurs actuels dégagent un surcroît de chaleur qui nécessite un dissipateur thermique pour l'évacuer. Pour installer le processeur et le dissipateur thermique, suivez la procédure ci-après :

1. Retirez la nouvelle carte mère du sachet antistatique dans lequel elle est livrée et placez-la sur le sachet ou sur un tapis antistatique, si vous en disposez.
2. Repérez la broche 1. Elle est habituellement indiquée par un point ou une encoche dans l'angle du module. Cherchez ensuite la broche 1 correspondante sur le socle de la carte mère. Elle est en général marquée sur la carte ou matérialisée par une encoche à l'un des angles du socle. Vérifiez que les broches du processeur sont droites et non pliées. Si tel est le cas, la puce ne s'insérera pas correctement sur le support. Si nécessaire, utilisez une petite pince à long bec pour redresser les broches pliées. Ne les pliez pas trop, elles peuvent se casser. Insérez le processeur dans le socle en soulevant le levier à la verticale, puis alignez les broches du processeur sur les orifices du socle et laissez glisser le processeur à la verticale. S'il n'est pas bien enfoncé, ne forcez surtout pas, mais retirez-le pour vérifier l'alignement et recherchez une éventuelle broche déviée. Une fois le processeur bien installé dans le socle, rabaissez le levier à fond sur le socle pour verrouiller la position du processeur (voir Figure 17.5).
3. Attachez le dissipateur thermique. La plupart des dissipateurs se fixent directement sur le processeur ou sur le socle à l'aide d'un ou de plusieurs clips (voir Figure 17.6). Soyez attentif à la fixation des clips sur le socle. Évitez tout dérapage vers la carte mère susceptible d'endommager les circuits ou composants. En général, il est conseillé d'étaler une larme de pâte conductrice de chaleur (sous forme de graisse blanchâtre dans la plupart des cas) sur le processeur avant d'y installer le dissipateur. La quantité de pâte thermique nécessaire peut varier, mais elle doit former une mince couche entre le dissipateur thermique et le processeur. Étalez la pâte avec une carte plastifiée (comme une vieille carte téléphonique par exemple) afin qu'elle recouvre entièrement le processeur, puis enlevez l'excédent. Si vous étalez la pâte avec vos doigts, nous vous conseillons d'utiliser des gants en latex pour éviter tout contact direct entre la pâte et votre peau. La

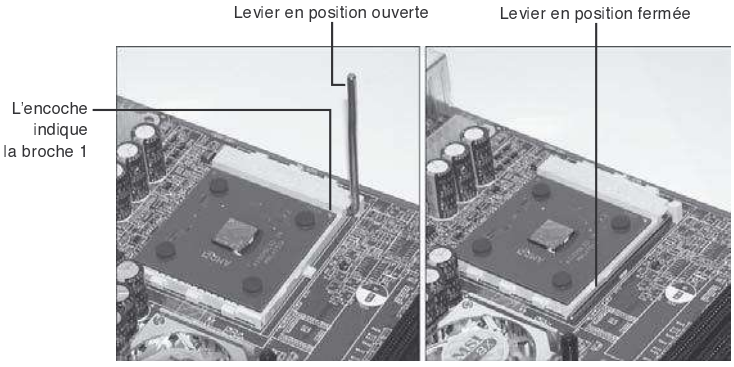


Figure 17.5
Le levier du socle bloque le processeur sur le support lorsqu'il est abaissé. Notez l'encoche à l'angle du processeur, désignant la broche 1.

pâte thermique évite la production de bulles d'air et prédispose le dissipateur à un meilleur fonctionnement. Si le processeur est équipé d'un dissipateur thermique actif (avec un ventilateur), branchez le connecteur d'alimentation du ventilateur dans l'un des connecteurs de la carte mère (voir Figure 17.7). En option, certains dissipateurs utilisent l'un des connecteurs d'alimentation d'un lecteur de disque pour alimenter le ventilateur.

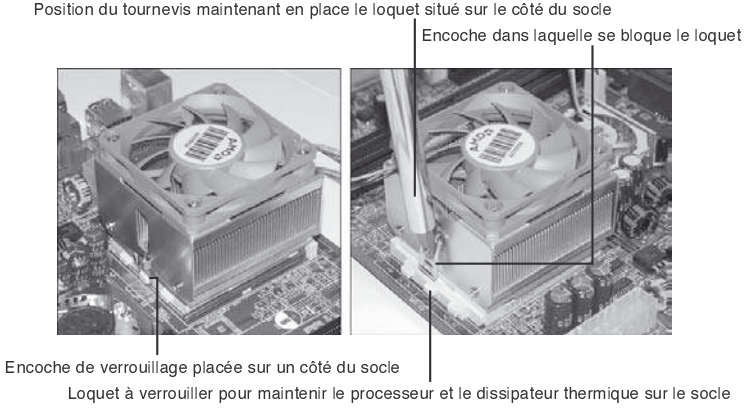


Figure 17.6
Fixation du dissipateur thermique sur le processeur. Le loquet est relié à un ressort, si bien qu'un tournevis ou un outil équivalent doit être utilisé pour pouvoir à la fois le pousser vers le bas et le rabattre.

4. Reportez-vous aux instructions du fabricant de la carte mère pour le réglage éventuel des cavaliers en fonction du processeur à y installer. La plupart du temps, le BIOS de la carte mère gère ce processus. Néanmoins, si vous devez configurer manuellement la position des cavaliers, aidez-vous du schéma de la carte dans la documentation de la carte mère et consultez les tableaux indiquant les positions correspondant à votre type de processeur. Si le processeur a été livré installé sur la carte, les cavaliers devraient déjà être bien positionnés, mais il n'est jamais superflu de vérifier que c'est le cas.

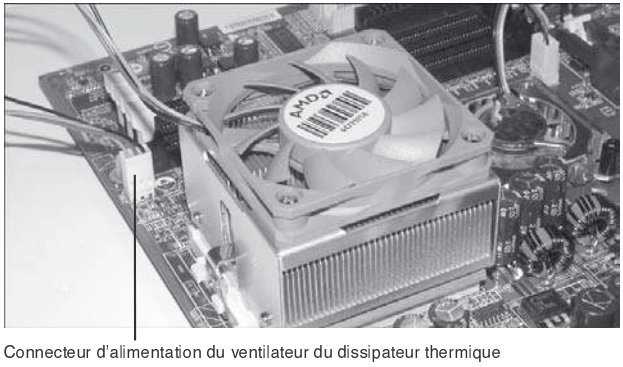


Figure 17.7
Branchement du connecteur d'alimentation du ventilateur du dissipateur thermique.

Installer les barrettes de mémoire

Pour fonctionner, la carte mère doit être équipée de mémoire. Les cartes mères récentes utilisent des barrettes DIMM DDR, DDR2 ou DDR3. La méthode d'installation et de fixation sur les socles varie en fonction du type de barrettes. En règle générale, on commence par occuper le socle ou le banc qui porte le numéro le plus faible. Notez que les cartes double canal (Dual Channel) fonctionnent mieux si vous installez les barrettes par paires. Consultez la documentation de votre carte mère pour plus d'informations sur l'ordre et la procédure d'installation des barrettes spécifiques à la carte.

✔ Voir la section "Bancs de mémoire", p. 370.

Le sens d'introduction des barrettes de mémoire est généralement indiqué par une marque sur le côté ou sur la face antérieure, de manière à n'autoriser qu'un seul positionnement. La Figure 17.8 montre comment installer une barrette DIMM. Pour des instructions plus détaillées sur l'installation des barrettes mémoire, reportez-vous au Chapitre 5. L'installation des barrettes peut nécessiter de forcer légèrement. Si c'est le cas, vérifiez avant de trop forcer que vous installez les bonnes barrettes dans le bon sens car vous risquez d'endommager la carte mère et/ou le connecteur.

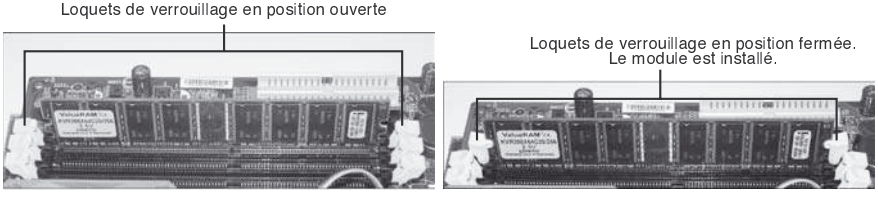


Figure 17.8
Installation des barrettes de mémoire. Assurez-vous que les loquets de verrouillage situés aux extrémités du connecteur sont en position ouverte avant d'insérer le module (image de gauche). Appuyez sur le module vers l'avant jusqu'à ce que les loquets de fixation se mettent en position fermée (image de droite).

Attention

Il est très fréquent que des broches du module de mémoire ou du connecteur soient brûlées en raison de l'installation des modules de mémoire dans le mauvais sens. Même si les modules sont munis de détrompeurs, de nombreuses personnes essaient de les installer dans le mauvais sens et, bien qu'elles ne parviennent pas à les enficher entièrement, elles réussissent tout de même à les insérer partiellement de cette façon. Si vous mettez sous tension l'ordinateur alors que les modules sont partiellement insérés, vous risquez d'endommager à la fois le module et la carte mère. Vous pourrez peut-être utiliser les autres connecteurs mais il est également possible qu'ils ne fonctionnent plus du tout. Aussi, veillez à ne pas endommager le connecteur ou les loquets de maintien situés de chaque côté. Si vous endommagez le connecteur des modules de mémoire sur la carte mère, vous devrez probablement remplacer la carte mère.

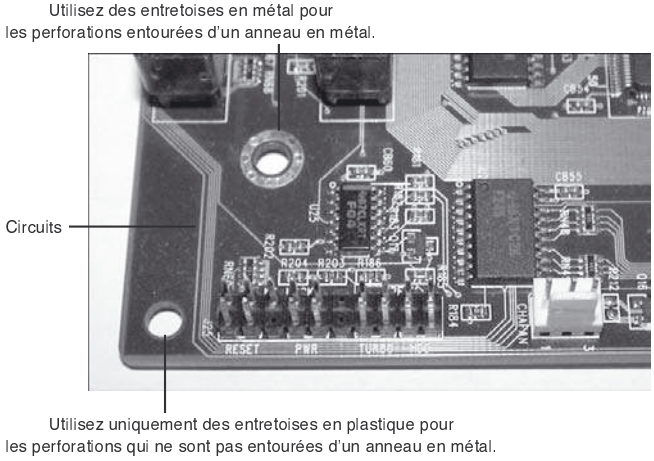
Monter la nouvelle carte mère dans le châssis

La carte mère est reliée au boîtier à l'aide d'une ou plusieurs vis et de quelques entretoises. Si vous utilisez un nouveau boîtier, peut-être aurez-vous à introduire quelques entretoises dans les trous appropriés avant de procéder à l'installation de la carte mère. Appliquez la procédure suivante pour installer la nouvelle carte mère dans le boîtier :

1. Repérez les perforations de la nouvelle carte mère prévues pour les entretoises. Il est nécessaire d'utiliser une entretoise chaque fois qu'une perforation est entourée d'un anneau en métal. Les perforations de la carte mère qui ne sont pas cerclées d'un anneau en métal ne sont pas destinées à recevoir de vis (voir Figure 17.9).

Figure 17.9

Détail d'une carte mère. Veillez à ne pas abîmer les circuits intégrés lorsque vous fixez la carte mère sur le châssis.



2. Vissez les entretoises métalliques aux emplacements appropriés du nouveau boîtier de manière à les aligner avec les perforations prévues sur la carte mère (voir Figure 17.10).
3. La plupart des cartes mères actuelles se fixent directement au châssis ou sur un plateau amovible. La Figure 17.11 montre trois types d'entretoises, dont deux sont en cuivre et l'une en plastique. L'une se visse directement dans le châssis ou le plateau, alors que les autres se fixent sur la

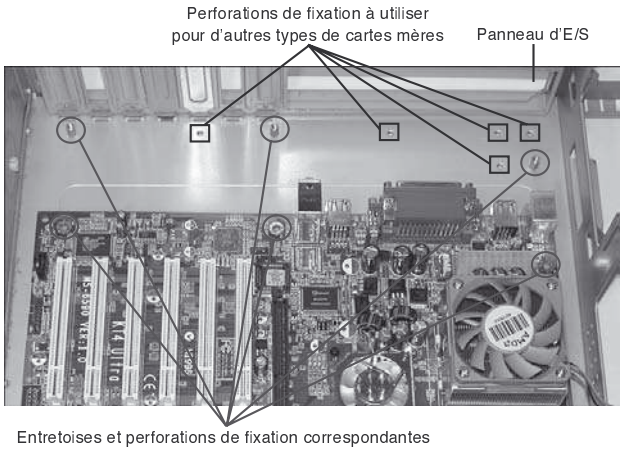


Figure 17.10
Vérifiez que les entretoises s'alignent sur les perforations de la carte mère. Comme vous pouvez le constater, ce châssis dispose de différentes perforations de fixation vous permettant d'ajuster l'emplacement des entretoises à plusieurs types de cartes mères.

carte mère avant de se glisser dans des encoches du boîtier ou du plateau. La plupart des châssis utilisent des entretoises métalliques.

Figure 17.11
Différents types d'entretoises de carte mère, utilisées pour fixer la carte sur le châssis ou le plateau.

Si la carte se fixe avec des entretoises à emboîter dans le châssis ou le plateau au lieu de se visser, insérez directement les entretoises en plastique sur la carte mère en passant par le dessous (voir Figure 17.12) ou fixez-les à la carte avec une vis, si nécessaire. La Figure 17.13 montre une carte mère ATX classique avec des flèches indiquant l'emplacement classique des perforations de vis pour monter la carte mère dans le boîtier (consultez le manuel de votre carte mère pour connaître l'emplacement exact de ces perforations).

Après avoir inséré les entretoises et les avoir alignées sur les perforations de la carte mère, vissez les vis pour fixer la carte mère sur le plateau ou le boîtier (selon le châssis), comme l'illustre la Figure 17.14. Notez l'utilisation du pouce et de l'index pour stabiliser le tournevis et éviter qu'il ne raye la carte, ce qui est la principale cause de panne des cartes.

4. Installez le panneau d'entrées/sorties (si vous en avez un) dans le châssis en l'emboîtant (voir Figure 17.15).
5. Installez la nouvelle carte mère dans le boîtier ou le plateau. Vissez directement les entretoises ou faites glisser la carte si les entretoises sont déjà fixées. Veillez à aligner le panneau d'entrées/sorties sur le boîtier ou les ports à l'arrière de la carte, le panneau étant déjà installé dans le boî-

Figure 17.12

Pour les cartes mères Baby AT, installez les entretoises sur la carte, puis faites glisser les entretoises en plastique dans les encoches de fixation.

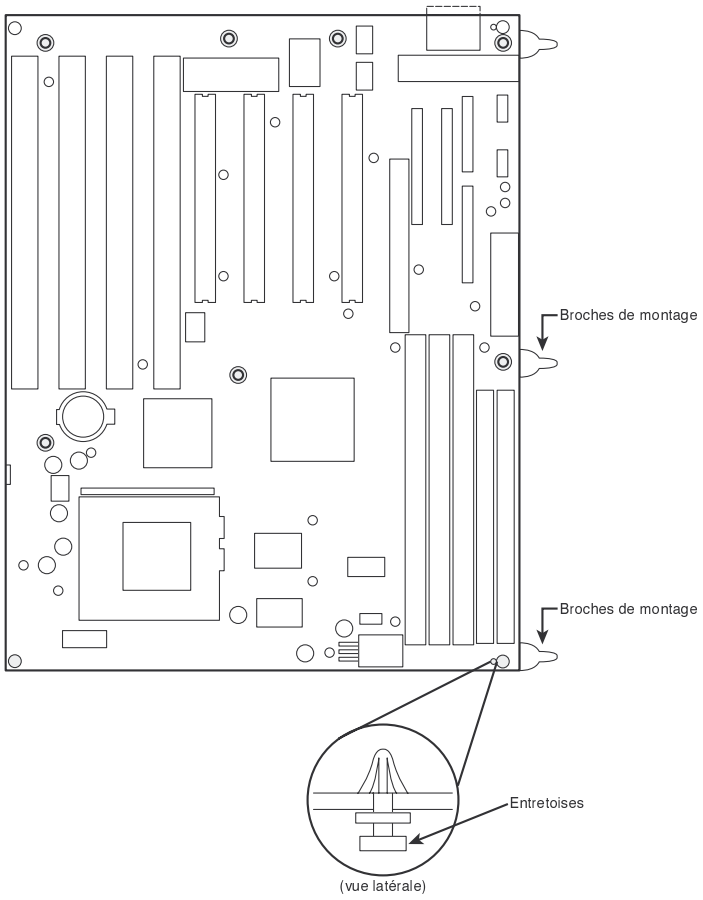
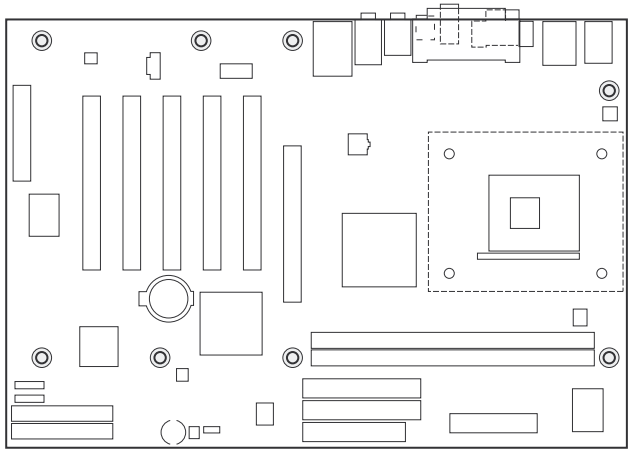


Figure 17.13

Emplacements classiques des perforations pour vis de montage d'une carte mère ATX. Les perforations en surbrillance sont destinées à la fixation de la carte mère au boîtier.



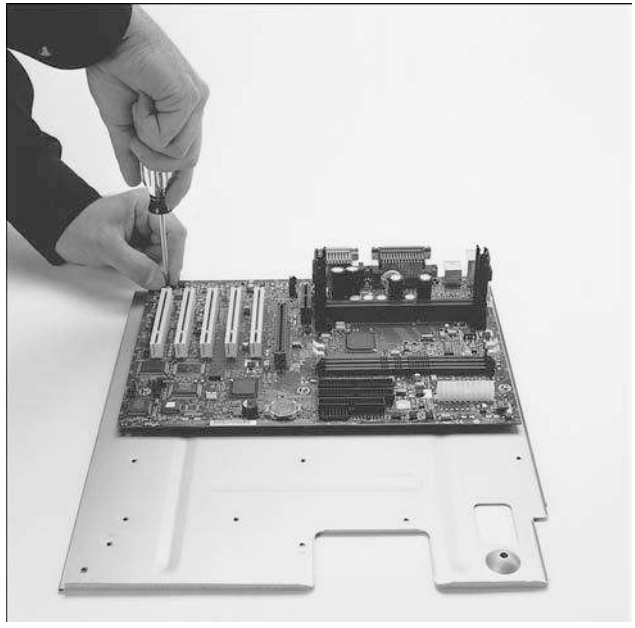


Figure 17.14
Fixation de la carte mère au plateau. (Carte mère Intel.)

Figure 17.15
Emboîtez le panneau d'entrées/sorties dans le châssis.

tier. Il arrive souvent que l'on soit obligé d'installer la carte dans le boîtier et de la faire glisser latéralement pour engager les entretoises dans les encoches du boîtier. Lorsque la carte est en place, les perforations des vis de la carte sont alignées sur celles du boîtier. La Figure 17.16 montre une carte mère fixée à un plateau installé dans le châssis.

6. Servez-vous des vis fournies avec la carte mère pour visser la carte dans le boîtier (voir Figure 17.17).

Figure 17.16
Installation de la carte mère et du plateau dans le châssis.

Figure 17.17
Installation des vis qui maintiennent le plateau de la carte mère dans le châssis.

Connecter l'alimentation

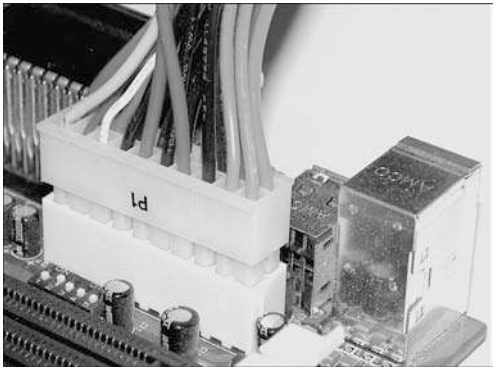
L'alimentation est très simple à installer et se fixe généralement au châssis à l'aide de quatre vis. Les Figures 17.18 et 17.19 montrent l'installation de l'alimentation dans le châssis et son vissage.

Les cartes mères de type ATX sont équipées d'un connecteur d'alimentation principale, qui ne peut pas être branché à l'envers, ainsi que d'un connecteur auxiliaire, lui aussi pourvu d'un détrompeur (voir Figure 17.20). Les alimentations ATX peuvent également être utilisées dans les châssis au standard BTX (mais non dans des châssis Pico-BTX ni Micro-BTX). Les normes Baby AT et les anciennes conceptions de carte mère comme LPX utilisent généralement deux connecteurs d'alimentation de six fils pour fournir de l'énergie à la carte mère. Ces connecteurs ne sont pas munis de détrompeur et sont donc interchangeables. Si vous utilisez toujours un ordinateur à la norme Baby AT ou LPX, reportez-vous au Chapitre 16 pour en savoir plus sur l'installation des alimentations

Figure 17.18
Installation de l'alimentation dans le châssis.

Figure 17.19
Installation des vis qui maintiennent l'alimentation.

Figure 17.20
Fixation d'un connecteur d'alimentation d'une carte mère ATX.



Baby AT. Le sens dans lequel vous branchez les connecteurs est crucial. Une mauvaise connexion peut entraîner des dommages à la carte mère lors de sa mise sous tension. De nombreux PC sont équipés d'un ventilateur de refroidissement qu'il faut également brancher. Pour fixer les connecteurs reliant l'alimentation et la carte mère, procédez comme suit :

1. Le PC doit disposer d'un connecteur d'alimentation principale ATX à 20 ou 24 broches. Vous pouvez relier un connecteur 20 broches à un connecteur 24 broches en procédant à un décalage des broches ou en utilisant un adaptateur. La plupart des ordinateurs ATX sont également équi-

pés d'un connecteur ATX12V à quatre broches, pourvu lui aussi d'un détrompeur et ne pouvant pas être branché à l'envers.

2. Branchez le câble d'alimentation du ventilateur de refroidissement pour le processeur. Ce dernier se connecte soit au bloc d'alimentation, *via* un connecteur d'alimentation de disque dur, soit directement à un connecteur spécifique de ventilateur sur la carte mère.

Infos

Reportez-vous au Chapitre 16 pour en savoir plus sur les différents connecteurs d'alimentation, y compris les nouveaux connecteurs à 24 broches et ATX12V 2.x.

Connecter les câbles d'entrées/sorties et autres câbles à la carte mère

Plusieurs connexions doivent être établies entre la carte mère et le boîtier. Ces connexions concernent les voyants de contrôle du disque dur et de la mise sous tension, le haut-parleur interne, les boutons de marche/arrêt et de réinitialisation. La plupart des cartes mères récentes disposent également de ports d'entrées/sorties prédéfinis devant être connectés. Il s'agit entre autres des cartes hôtes ATA ou SATA, du contrôleur de lecteur de disquettes et des ports USB et IEEE-1394 en façade. Certaines cartes comprennent aussi des circuits graphiques ou audio intégrés ou des cartes SCSI.

Avec les cartes mères de type ATX, les connecteurs destinés à l'ensemble des ports externes d'entrées/sorties sont déjà prévus à l'arrière de la carte. Si vous utilisez une carte mère Baby AT, vous devrez installer les câbles des ports série, des ports parallèle et d'autres ports d'entrées/sorties à l'arrière du châssis.

Si votre carte mère intègre des ports d'entrées/sorties (comme c'est le cas de quasiment toutes les cartes mères récentes), suivez la procédure ci-après pour y connecter les câbles :

1. Connectez la nappe du lecteur de disquettes au lecteur et au connecteur à 34 broches du contrôleur de disquettes de la carte mère.
2. Connectez les nappes Serial ATA et Parallel ATA aux lecteurs et au port hôte de la carte mère (voir Figure 17.21). Sur les anciens ordinateurs, le canal ATA primaire est, en général, réservé aux disques durs, et le secondaire aux lecteurs optiques. La majorité des ordinateurs récents utilise des connexions SATA pour les disques durs et PATA pour les lecteurs optiques, voire uniquement des connexions SATA pour tous.
3. Positionnez ensuite les câbles du haut-parleur interne, de la diode de mise sous tension (LED) et des ports USB ou IEEE-1394 montés en façade entre la face avant du boîtier et la carte mère. S'ils ne sont pas indiqués sur la carte, vérifiez le branchement de chacun d'entre eux sur le schéma du manuel de la carte mère. La Figure 17.22 montre les connecteurs du panneau frontal. Malheureusement, même s'il existe des normes pour ce type de connexions, de nombreuses cartes mères et de nombreux châssis ne les suivent pas, ce qui peut rendre ces branchements assez irritants à réaliser. Vous trouverez les schémas détaillés de brochage et de connexion de la plupart des cartes mères et de la plupart des châssis au Chapitre 3 de cet ouvrage.

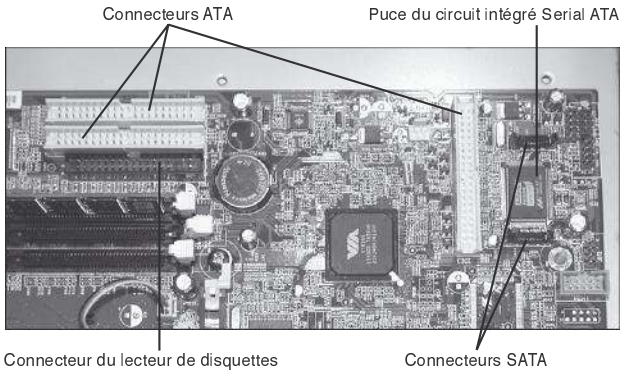


Figure 17.21
Connecteurs du lecteur de disquettes, ATA et SATA.

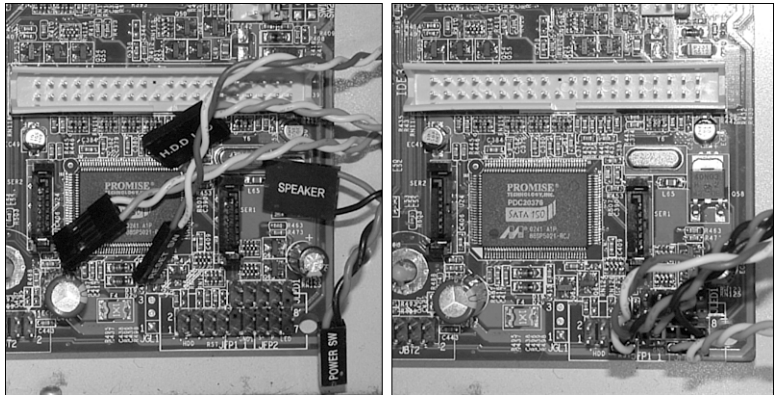


Figure 17.22
Les connecteurs du panneau frontal de la carte mère (haut-parleurs, interrupteur, LED, etc.) doivent être branchés sur les broches appropriées de la carte mère (au bas et au centre).

Installer les lecteurs

Le moment est venu d'installer le disque dur, le lecteur de disquettes et le lecteur optique. Cette installation est expliquée plus en détail au Chapitre 10, "L'installation et la configuration de lecteurs physiques".

Le processus de base du montage des lecteurs optiques, de disquettes et du disque dur est le suivant :

1. Si nécessaire, retirez les plaques des baies de lecteurs. Pliez ou repoussez simplement la plaque.
2. Pour installer un lecteur optique, glissez-le dans le châssis. Notez qu'il est plus facile de connecter la nappe ATA ou SATA à l'arrière du lecteur et de sélectionner les cavaliers avant de monter le lecteur. Reportez-vous aux Chapitres 6 et 10 pour en savoir plus sur les cavaliers ATA et l'installation des lecteurs. Certains boîtiers sont équipés de rails qui doivent être ajoutés aux lecteurs d'une largeur de 5 pouces 1/4, comme le lecteur CD. Dans ce cas, utilisez les vis de l'étape 3 dans les rails.

3. Une fois que le lecteur est dans la baie, alignez les perforations des vis de montage du lecteur sur celles du châssis. Vissez les quatre vis du lecteur livrées avec le lecteur ou le châssis (voir Figure 17.23). Si le lecteur est monté sur rails, ceux-ci le maintiennent en place.

Figure 17.23
Fixez le lecteur au châssis avec les quatre vis.

4. Si le châssis dispose d'une cage de lecteurs amovible pour le lecteur de disquettes et le disque dur, vous devez les enlever.
5. Pour installer les lecteurs de disquettes et le disque dur, enlevez la cage du lecteur, glissez les lecteurs dans la cage et vissez-les avec les vis fournies avec le boîtier ou le lecteur (voir Figure 17.24). De nombreux châssis permettent d'installer les lecteurs sans installer de vis. À l'instar du lecteur de CD, il est plus simple de connecter les câbles du lecteur de disquettes et les câbles ATA ou SATA à l'arrière des lecteurs et de sélectionner les cavaliers avant de placer les lecteurs ou la cage dans le châssis.

Figure 17.24
Utilisez quatre vis pour fixer chaque lecteur à la cage. Si votre châssis est équipé d'une cage de lecteurs amovible, fixez le lecteur sur la cage de la même façon.

Si votre châssis n'est pas équipé d'une cage de lecteurs amovible, il vous suffit de monter les lecteurs dans le châssis.

6. Si votre châssis est équipé d'une cage de lecteurs amovible, faites glisser la cage dans l'ordinateur et vissez-la avec les vis fournies avec le boîtier (voir Figure 17.25).

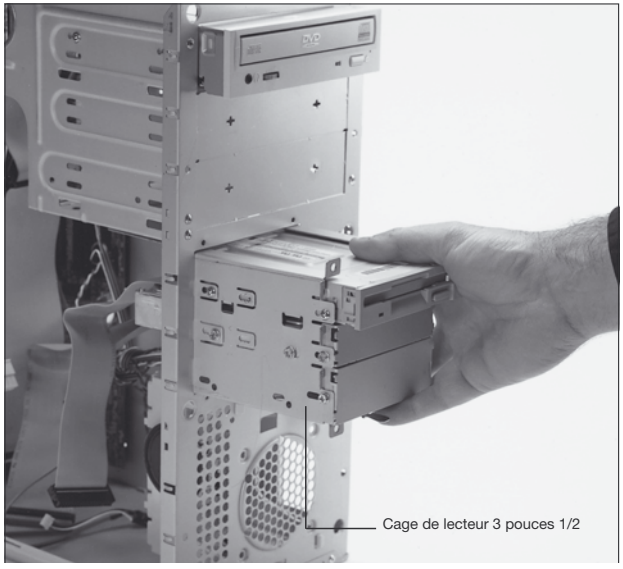


Figure 17.25
La cage doit être insérée dans le châssis. Elle est généralement fixée à l'aide de deux ou quatre vis.

7. Connectez les câbles du lecteur aux emplacements appropriés sur la carte mère. Reportez-vous aux Chapitres 6 et 10 pour en savoir plus sur les cavaliers ATA et la connexion du lecteur de disquettes et du disque dur.

Installer la nouvelle carte graphique et ses pilotes

Pour installer une nouvelle carte graphique, procédez de la façon suivante :

1. Si nécessaire, ôtez la vis et la languette métallique du connecteur de bus que vous souhaitez employer pour la nouvelle carte graphique.
2. Insérez verticalement la carte graphique dans le connecteur approprié (généralement un connecteur AGP ou PCI-Express).
3. Si besoin, poussez doucement la carte dans son logement en la faisant aller d'avant en arrière pour que les broches s'alignent correctement dans le connecteur de bus. De nombreuses cartes AGP et PCI-Express disposent d'une languette de fixation qui assure le maintien de la carte au connecteur. Cette languette peut prendre différentes formes et doit être déverrouillée lorsque vous enlevez la carte.
4. Fixez la carte à l'aide de la vis que vous avez enlevée en démontant l'ancienne carte ou la languette de protection à l'étape 1.
5. Branchez le câble d'affichage du moniteur sur le connecteur approprié à l'arrière de la carte graphique. Si la nouvelle carte graphique emploie un connecteur DVI et que le moniteur soit équipé

d'un connecteur standard VGA à 15 broches, utilisez un adaptateur DVI-VGA (généralement fourni avec la carte graphique ou disponible séparément dans un magasin de matériel informatique). Si vous utilisez un double affichage, assurez-vous de brancher les moniteurs dans les connecteurs appropriés.

Infos

Si vous remplacez une carte graphique existante (ou passez d'un circuit d'affichage intégré à une carte d'extension), désinstallez le pilote d'affichage existant avant d'éteindre l'ordinateur pour installer la nouvelle carte. Cette précaution empêche l'ordinateur de mal identifier la carte et facilite la mise à niveau. Pour ce faire, ouvrez le gestionnaire de périphériques, sélectionnez la carte graphique existante et choisissez Supprimer ou Désinstaller. N'acceptez pas de redémarrer si l'ordinateur vous le propose. Éteignez plutôt l'ordinateur et ôtez la carte graphique existante.

Assurez-vous d'avoir bien refermé l'ordinateur. Au démarrage, Windows doit détecter la nouvelle carte graphique et commencer automatiquement à installer les pilotes. Suivez les instructions du fabricant pour installer les derniers pilotes disponibles pour la nouvelle carte graphique. Une fois les pilotes installés, vous pouvez vous servir de la fenêtre Propriétés de Affichage pour ajuster les paramètres de résolution, de profondeur de couleur et de rafraîchissement si besoin.

Installer des cartes d'extension supplémentaires

La plupart des PC sont équipés de cartes d'extension graphiques, de son, d'interface réseau, de connexion Internet (modem) et des cartes SCSI. Ces cartes sont enfichées dans les connecteurs de bus présents sur la carte mère. Pour installer ces cartes, procédez comme suit :

1. Insérez chaque carte en la saisissant doucement par ses extrémités, sans toucher aux modules ni aux contacts électriques. Positionnez le contact du bas dans le connecteur adéquat (généralement le port PCI ou PCI-Express). Poussez la carte fermement vers le bas, en exerçant une pression continue, jusqu'à ce qu'elle soit bien enfichée (voir Figure 17.26).

Figure 17.26
Cette photo montre l'insertion d'une carte graphique dans le connecteur.

2. Fixez chaque équerre de fixation à l'aide d'une vis (voir Figure 17.27).

Figure 17.27
Installation de la vis qui maintient la carte.

3. Fixez chacun des câbles internes que vous aviez peut-être retirés auparavant des cartes.

Si vous disposez de plusieurs connecteurs libres, pensez à la circulation de l'air au moment de choisir l'emplacement de la nouvelle carte. Dans certains cas, il est conseillé de laisser un espace libre entre les cartes ou d'éloigner toutes les cartes des cartes graphiques déjà installées, car ces dernières génèrent souvent plus de chaleur que toutes les autres cartes réunies.

Refermer le capot et connecter les câbles externes

Le PC est à présent en phase finale d'assemblage. Il reste à installer le capot et à connecter les périphériques externes au PC comme le clavier, la souris, le moniteur, les haut-parleurs et les câbles réseau. Il est en général préférable de ne pas visser le capot tant que vous n'avez pas testé le PC et que vous n'avez pas vérifié son bon fonctionnement.

Lancer le programme de configuration du BIOS de la carte mère

Maintenant que chaque élément est connecté, vous pouvez mettre l'ordinateur sous tension et configurer le BIOS. Cette procédure permet de configurer la carte mère de manière qu'elle accède aux périphériques installés et de mettre l'horloge à jour. L'ordinateur va également exécuter un test POST (*Power-On Self-Test*, autotest de mise sous tension), afin de détecter d'éventuels problèmes. Pour exécuter le programme de configuration du BIOS, procédez de la manière suivante :

1. Allumez d'abord le moniteur, puis l'unité centrale. Suivez l'opération à l'écran et soyez attentif aux bips sonores émis par le haut-parleur de l'ordinateur.

2. Le PC doit automatiquement procéder à l'autotest POST, qui consiste à vérifier le BIOS, la RAM et généralement à détecter les composants installés. Si une erreur fatale se produit durant le test POST, l'écran reste noir et plusieurs bips sonores consécutifs indiquent qu'un problème particulier s'est produit. Vérifiez la documentation de la carte mère ou celle du BIOS pour décoder la signification des bips émis. Vous trouverez une liste des codes POST au Chapitre 19.
3. Si tout est normal, l'écran présente l'affichage du test POST. En fonction du type de BIOS de la carte mère (Phoenix, AMI, Award ou autre), vous devez appuyer sur une touche ou une combinaison de touches pour interrompre la séquence de démarrage et accéder aux écrans du programme de configuration qui permettent d'entrer les paramètres de configuration de l'ordinateur. En règle générale, l'ordinateur affiche à l'écran les touches à activer pour lancer le programme de configuration du BIOS pendant le test POST. Si ce n'est pas le cas, vérifiez ces informations dans le manuel de la carte mère. Les touches habituelles qui permettent d'entrer dans le BIOS sont F1, F2, F10, Échap et Inser. Le test POST se déroule si rapidement avec les cartes mères récentes qu'il est facile de rater le moment où vous devez presser une touche. Il est donc préférable d'appuyer de façon répétée sur la touche une ou deux secondes après la mise sous tension. Dans certains cas, cela provoque l'affichage d'un message d'erreur concernant le clavier que vous pouvez ignorer puisque l'écran de configuration du BIOS apparaît.
4. Une fois le programme d'installation démarré, utilisez les menus du programme pour saisir la date et l'heure en cours et modifier tous les paramètres par défaut comme vous le souhaitez. Les cartes mères récentes disposent de fonctionnalités de détection automatique, si bien que vous n'aurez peut-être aucune modification à effectuer (les paramètres par défaut fonctionnent dans la plupart des cas). Si vous procédez à des changements, il est alors préférable de noter quels paramètres ont été modifiés pour pouvoir rapidement les réinitialiser si nécessaire.
5. La saisie des informations du disque dur est plus importante lorsqu'on construit un nouveau PC. La majorité des BIOS actuels dispose d'un détecteur ou d'un réglage automatique du type pour le disque dur. Il est recommandé de choisir un tel modèle, si disponible, car cette fonction permet au BIOS de lire directement les paramètres à partir du disque, éliminant ainsi certains risques d'erreurs, en particulier pour les débutants.
6. Après avoir vérifié tous les paramètres du menu de configuration du BIOS, suivez les instructions à l'écran ou dans le manuel de la carte mère pour sauvegarder ces paramètres et quitter le programme de configuration.

   ✔ Voir la section "Exécuter ou accéder au programme de configuration (Setup) CMOS", p. 317.

Dépannage d'une nouvelle installation

À ce stade des opérations, le PC doit démarrer normalement à partir du disque dur, d'un lecteur de disquettes ou d'un lecteur optique. La plupart des systèmes d'exploitation récents sont vendus sur un CD-ROM ou un DVD-ROM de démarrage, qui doit donc être inséré dans le premier lecteur optique. Au démarrage, le PC devrait s'amorcer et proposer soit un menu d'installation, soit une ligne de commande. En cas de problème à ce niveau, voici une liste de détails élémentaires à vérifier :

- Si l'ordinateur ne donne aucun signe de vie, vérifiez le câble d'alimentation. S'il est branché à une prise à interrupteur, vérifiez que le voyant de la prise est allumé. L'interrupteur d'alimentation se trouve en général sur la face avant du boîtier, mais il est parfois possible de le trouver à l'arrière.
- Vérifiez que l'interrupteur est bien connecté à l'intérieur du boîtier. Assurez-vous que les extrémités du câble qui relie l'interrupteur à la carte mère sont bien enfichées.
- Vérifiez le connecteur principal d'alimentation, de la prise à la carte. Assurez-vous que les connecteurs sont bien en position et branchés dans le bon sens.
- Si l'ordinateur semble fonctionner, mais que rien ne s'affiche à l'écran, vérifiez que le moniteur est bien branché, allumé et correctement connecté à la carte graphique.
- Vérifiez que la carte graphique est bien enfichée sur la carte mère. Au besoin, retirez-la et enfoncez-la de nouveau dans le connecteur ou essayez avec un autre connecteur s'il s'agit d'une carte PCI.
- Si l'ordinateur émet plusieurs bips, c'est signe que le BIOS a détecté une erreur grave. Reportez-vous à la liste des erreurs BIOS au Chapitre 19 pour décoder ces messages d'erreurs. Consultez également la documentation de la carte mère en recherchant un tableau d'interprétation des bips dans la rubrique consacrée au BIOS.
- Si le voyant lumineux du lecteur de disquettes, du lecteur optique ou du disque dur reste allumé sans clignoter, le câble de données est probablement installé à l'envers ou décalé. Vérifiez que la bande de couleur sur le câble est bien orientée vers la broche 1 aux deux extrémités du connecteur du lecteur et de la carte mère. N'oubliez pas non plus de vérifier la configuration maître/esclave définie par la position des cavaliers des disques durs.

Une fois que vous êtes certain du bon fonctionnement de l'ensemble, éteignez l'ordinateur et fixez correctement le capot au boîtier. Votre bel ordinateur est désormais prêt pour l'installation du système d'exploitation.

Installation du système d'exploitation

Si l'ordinateur est monté avec un disque neuf, vous devez installer le système d'exploitation. Si vous avez choisi un autre système que Windows, suivez les instructions fournies pour son installation.

Pour un PC récent, sur lequel vous installez une version de Windows XP ou Vista, vous n'avez pas grand-chose à faire d'autre que d'amorcer à partir du CD (vous devrez activer le lecteur optique comme périphérique d'amorçage dans le BIOS) et de suivre les instructions d'installation du système d'exploitation. Windows XP et Vista détectent automatiquement si le disque doit être partitionné et formaté et vous autorise à procéder à ces opérations au début de l'installation.

Si vous installez Windows XP sur un système équipé d'un disque dur SATA en mode RAID ou AHCI, vous devez presser la touche F6 au début de l'installation. Il vous est alors demandé d'insérer

une disquette contenant les pilotes appropriés. Cette disquette doit normalement accompagner votre carte mère mais, si ce n'est pas le cas, vous pouvez télécharger une copie de ces pilotes sur le site web du constructeur de la carte mère. Évidemment, vous aurez besoin d'un lecteur de disquettes installé pour que cela fonctionne. Dans le cas contraire, vous pouvez intégrer la plupart des pilotes de stockage de masse dans le disque d'installation XP en utilisant le pack de pilotes disponible à l'adresse suivante : **www.driverpacks.net**.

Si vous installez Windows Vista, vous n'aurez pas besoin de stocker les pilotes sur disquette car Vista intègre ces pilotes.

Au cours de la première partie de l'installation, vous pouvez supprimer toutes les partitions existantes et en créer de nouvelles si vous le souhaitez. Si le disque n'est pas partitionné et que vous indiquiez au programme d'installation de Windows d'utiliser tout "l'espace libre", il crée alors automatiquement une partition en utilisant la totalité de l'espace disque disponible et la formate. Si vous souhaitez effectuer manuellement le partitionnement et le formatage (avant d'installer le système d'exploitation), vous pouvez suivre les indications des sections suivantes.

Partitionner le disque dur sous DOS pour Windows 9x et Millenium

La disquette de démarrage étant insérée dans le lecteur, suite à l'invite `A:>`, tapez la commande suivante :

```
FDISK
```

Cette commande sert à partitionner le disque dur. Suivez les menus pour créer une seule partition pour l'intégralité du disque ou pour le diviser en plusieurs partitions. En principe, la première partition doit posséder le statut actif, c'est-à-dire qu'elle est amorçable. Il est conseillé de répondre "Yes" à l'invite proposant la prise en charge d'un disque volumineux. ("Voulez-vous activer la gestion des disques de grande capacité ? `Y/N"`) Cette configuration permet de créer la partition avec les systèmes de fichiers FAT32 ou NTFS. Puis, acceptez les paramètres par défaut à toutes les autres invites pour définir le disque comme une seule unité amorçable englobant la totalité du disque.

Enfin, quittez FDISK, ce qui a pour effet de redémarrer le PC.

L'emploi de FDISK est expliqué en détail au Chapitre 10.

Formater le disque sous DOS pour Windows 9x et Millenium

Après réamorçage du PC à partir de la disquette de démarrage, vous devez formater chacune des partitions que vous venez de définir. La première doit être formatée avec la commande `FORMAT`, comme suit :

```
FORMAT C:
```

Toutes les autres partitions sont formatées de la même manière : exécutez la commande en modifiant la lettre du lecteur pour chaque partition à formater. Après exécution de la commande `FORMAT` sur tous les disques, il faut redémarrer le PC une fois de plus à partir de la disquette prévue à cet effet. Vous voici désormais prêt à installer le système d'exploitation.

Infos

Les méthodes de formatage de disques durs sont expliquées plus en détail au Chapitre 7. Reportez-vous au Chapitre 10 pour en savoir plus sur l'installation et la configuration d'un disque dur.

Préparer le disque dur avec Windows 2000/XP/Vista

Si vous travaillez sous Windows 2000, XP ou Vista, le système d'exploitation prépare le lecteur pour vous au cours de l'installation si vous l'installez sur un lecteur vierge. En présence d'un espace non partitionné sur un lecteur de démarrage existant, vous pouvez demander à Windows d'utiliser cet espace et d'installer ainsi une configuration à double démarrage ("dual boot"). Avec cette configuration, vous pouvez choisir entre l'ancienne et la nouvelle version de Windows à chaque démarrage de l'ordinateur. Vous avez aussi la possibilité de remplacer l'ancienne version de Windows.

Installer des pilotes importants

Après avoir installé le système d'exploitation, commencez par installer les pilotes des périphériques qui ne se trouvent pas sur le CD d'installation de Windows. Il s'agit souvent des pilotes du chipset de la carte mère, des pilotes de nouvelles cartes graphiques, des pilotes USB 2.0, etc. Les plus importants sont les pilotes du chipset de la carte mère qui doivent être installés en premier. Ils se trouvent sur le CD livré avec la carte mère. Insérez ce CD et suivez les instructions d'installation des pilotes du chipset. Installez ensuite les autres pilotes : affichage, réseau, modem, etc.

Préparatifs au démontage et à la mise à niveau

Après l'assemblage, il est probable que vous ayez de temps à autre à rouvrir l'ordinateur pour le réparer ou pour y ajouter ou remplacer des composants. Avant de l'éteindre et d'ouvrir le boîtier, vous devez apprendre à discerner et à noter certaines informations bien utiles. Il arrive souvent en cours de travail que l'on efface, délibérément ou par accident, la mémoire CMOS. La plupart des systèmes utilisent une puce alimentée par une pile pour conserver les données de configuration du PC. Si la pile est usée ou si certaines broches sont accidentellement tordues, vous risquez de décharger la mémoire CMOS et de perdre ainsi la configuration. Cette mémoire sert dans la plupart des cas à sauvegarder des informations élémentaires, telles que le nombre et le type de lecteurs de disquettes connectés, la quantité de mémoire système, ainsi que la date et l'heure.

Mais elle renferme aussi des informations bien plus critiques : les caractéristiques du disque dur. La majorité des BIOS actuels disposent d'une fonction de détection automatique qui lit les informations de type directement sur le lecteur. Nous vous recommandons de définir le type de lecteur sur Auto, ce qui définit automatiquement tous les paramètres nécessaires à votre place. Avec un ancien BIOS cependant, vous aurez à indiquer explicitement à l'ordinateur les paramètres du disque dur. Cela signifie que vous devez connaître les paramètres actifs des cylindres, têtes et secteurs par piste.

Si vous saisissez un type de disque dur incorrect dans le programme de configuration du BIOS, vous ne serez pas en mesure d'accéder aux données du disque. Il est arrivé à des utilisateurs de perdre l'ensemble de leurs données parce qu'ils avaient mal renseigné les paramètres du BIOS lors d'une

reconfiguration de leur ordinateur. Si ces informations sont erronées, l'ordinateur affiche généralement au démarrage le message d'erreur `"Missing operating system"` (système d'exploitation manquant) et il est impossible d'accéder au lecteur C.

Certains pensent qu'il est possible de retrouver les paramètres en consultant un tableau de références des disques durs (vous en trouverez d'ailleurs un dans la section de références techniques du CD fourni avec le manuel). Malheureusement, cette méthode ne fonctionne qu'à condition que les paramètres corrects aient été utilisés lors de la configuration d'origine de l'ordinateur. Il arrive très souvent que cela ne soit pas le cas. Le seul moyen de rétablir l'accès aux données consiste à déterminer, puis à employer, les mêmes paramètres incorrects utilisés initialement. Comme vous pouvez le constater, il est primordial de noter par écrit les paramètres de disque dur à entrer dans le programme de configuration du BIOS.

La plupart des ordinateurs possèdent un programme de configuration intégré au BIOS. Pour y accéder, il faut activer une séquence de touches particulière, généralement pendant le POST. La plupart des PC affichent une invite à l'écran durant le POST, indiquant les touches sur lesquelles appuyer pour entrer dans le programme de configuration du BIOS.

Les principaux éditeurs ont défini une touche afin d'accéder au menu de configuration du BIOS, généralement la touche F1, F2 ou Suppr. Si le PC ne répond à aucune de ces commandes, reportez-vous au Chapitre 4 pour connaître la liste des autres touches possibles.

✔ Voir la section "Exécuter ou accéder au programme de configuration (Setup) CMOS", p. 317.

Lorsque l'écran d'accueil du menu de configuration du BIOS s'affiche, vous y découvrez un menu principal offrant accès à d'autres menus et sous-menus.

De nombreux programmes de configuration autorisent un contrôle spécialisé du chipset installé sur la carte mère. Ces paramètres compliqués sont susceptibles de remplir plusieurs pages d'écran, et nous vous conseillons de noter toute modification effectuée. La plupart des ordinateurs restaurent les paramètres par défaut du BIOS si la pile CMOS est retirée, ce qui engendre la perte de tous les paramètres personnalisés précédemment définis. Reportez-vous au Chapitre 4 pour une information plus détaillée concernant les paramètres du BIOS.

18 Modifications : overclocking et refroidissement

Au sommaire de ce chapitre

- Overclocking
- Refroidissement

Par modification, ou *modding*, les systèmes ont évolué bien avant l'avènement du PC. En fait, étant donné que les premiers ordinateurs personnels étaient construits en kits ou montés de toutes pièces par les utilisateurs, les modifications personnelles étaient la norme. Et cela explique pourquoi si peu de systèmes étaient similaires. Même lorsque les ordinateurs personnels pleinement fonctionnels, et notamment les PC, ont commencé à être fabriqués en masse à la chaîne, certains trouvaient toujours le moyen d'adapter leur système pour le différencier des autres.

Les modifications apportées aux ordinateurs sont généralement réalisées pour augmenter ou améliorer leurs performances ou leurs fonctionnalités, mais elles peuvent aussi être purement esthétiques (ou encore une combinaison des deux finalités). Nous intéressant plus à la fonction qu'à la forme, nous aborderons principalement dans ce chapitre les modifications qui étendent les performances ou les fonctionnalités.

L'une des premières modifications que vous pouvez entreprendre sur un système est de le rendre plus rapide, opération généralement appelée "*overclocking*". Lorsque les processeurs travaillent plus vite, ils chauffent davantage, d'où la nécessité d'accompagner l'overclocking par des améliorations ou des modifications du système de refroidissement. Les systèmes qui travaillent dans une ambiance non surchauffée ont tendance à offrir une meilleure stabilité et une plus grande fiabilité. Aussi, même sans procéder à un overclocking de votre système, il est bon de veiller au refroidissement du système pour garantir un fonctionnement sans souci. Beaucoup de systèmes ne sont pas conçus ou configurés pour garantir un refroidissement optimal, même lorsqu'ils tournent à leur vitesse standard; c'est plus rare lorsqu'il s'agit d'un système ayant subi un overclocking.

Les nouvelles interfaces ajoutent de nouveaux connecteurs aux PC, dont beaucoup sont bien plus utiles en façade de l'unité centrale que sur l'arrière. Mettre en place des interfaces modernes sur l'avant du PC, adapter des lecteurs plus récents et de formats différents et ajouter des bouches d'aération, des évents et des ventilateurs, voici quelques-unes des modifications susceptibles d'être entreprises sur le châssis ou le boîtier pour l'améliorer ou l'actualiser et lui permettre d'utiliser le matériel le plus récent.

Enfin, vous pouvez aussi réaliser des modifications purement esthétiques, par exemple appliquer une peinture personnalisée ou ajouter un éclairage intérieur, afin de différencier votre système des autres. Dans ce chapitre, nous parlerons des modifications fonctionnelles : application des principes

techniques, grâce auxquels vous pouvez modifier correctement un système existant, ou achat de nouveaux composants qui intègrent les fonctionnalités requises.

Infos

Si vous êtes intéressé par les aspects plus cosmétiques du modding (ajout de néons à l'intérieur du châssis, utilisation de câbles personnalisés ou de parois latérales transparentes, voire même peinture personnalisée), un certain nombre de livres abordent ces sujets. Consultez notamment "Maximum PC Guide to Extreme PC Mods", de Paul Capello, édité par Que.

Overclocking

L'une des modifications destinées à augmenter les performances les plus populaires de tous les temps est l'overclocking, ou surfréquençage. Elle consiste à faire fonctionner tous les composants du système à des fréquences supérieures à celles prévues initialement. L'overclocking concerne généralement le processeur, mais il peut aussi être appliqué à d'autres composants du système, y compris la mémoire, les cartes graphiques, les bus, etc.

L'overclocking remonte aux systèmes IBM PC originaux à 4,77 MHz et AT à 6 MHz. En fait, IBM a facilité l'overclocking des AT, car le cristal de quartz qui pilotait la fréquence du processeur était enfiché dans un socle et, pour un dollar à peine, il était possible de remplacer le quartz par un modèle plus rapide. Les premières éditions de cet ouvrage traitaient de cette modification dans les détails, qui aboutissait à un système dont la vitesse était une fois et demie supérieure à celle du système d'origine. Les systèmes modernes permettent d'implémenter l'overclocking sans remplacer le moindre composant, en utilisant des puces à fréquence programmable et en modifiant certaines options dans le BIOS.

Cristal de quartz

Pour bien comprendre l'overclocking, il faut savoir comment sont contrôlées les fréquences des systèmes informatiques. Le principal composant qui pilote la fréquence dans un ordinateur est un cristal de quartz. Le quartz est un dioxyde de silicium (SiO_2) sous forme cristalline. L'oxygène et le silicium sont les deux éléments les plus courants sur terre (le sable et la roche sont principalement formés de dioxyde de silicium) et les composants informatiques sont principalement fabriqués à base de silicium. Le quartz est un matériau dur, transparent, d'une densité de 2649 kg/m^3 et dont le point de fusion est de 1750 °C. Le quartz est cassant mais il a un peu d'élasticité, ce qui est peut-être sa caractéristique la plus intéressante.

Sous sa forme cristalline, le quartz peut aussi servir à générer des impulsions régulières et constantes pour réguler les circuits électroniques, un peu à la manière d'un métronome qui régule la musique. Les cristaux de quartz sont employés pour leur qualité piézoélectrique, c'est-à-dire qu'ils génèrent une tension lorsqu'ils sont soumis à une tension mécanique, et une tension mécanique lorsqu'ils sont soumis à une tension électrique. La *piézoélectricité* a été découverte par Pierre et Jacques Curie en 1880. C'est cette caractéristique qui rend le quartz si utile dans les circuits électroniques.

La clé de la piézoélectricité est le faible voltage généré lorsqu'un cristal de quartz est soumis à une torsion, une déformation ou simplement une pression. Cette propriété est fréquemment mise en œuvre dans des capteurs ou des transducteurs pour détecter une pression ou des ondes sonores. Ainsi, les capteurs de cliquetis utilisés dans tous les moteurs des voitures modernes sont fondés sur un cristal de quartz sensible aux vibrations produites par le bloc-moteur lors des détonations (combustion incontrôlée du carburant). Ces détonations étant susceptibles d'endommager rapidement le moteur, l'ordinateur en charge de la gestion du moteur utilise les informations d'un ou plusieurs capteurs de cliquetis pour retarder la fréquence de combustion et éviter les dommages. Certains micros et phonographes utilisent eux aussi un cristal de quartz pour convertir des ondes sonores ou le mouvement d'une aiguille dans le sillon en un voltage.

La piézoélectricité opère de deux manières : d'un côté un voltage est généré lors de la déformation d'un cristal et de l'autre le cristal est déformé (contraction, expansion, flexion) si on lui applique une tension électrique. Bien que par nature le cristal soit en général cassant, il présente malgré tout une certaine élasticité. En cas de déformation il a tendance à reprendre sa forme initiale, puis à se déformer de nouveau, vibrant ou résonnant à une fréquence naturelle aussi longtemps que la tension électrique est présente. Un peu comme avec un diapason ou les tuyaux d'un orgue, la fréquence naturelle de vibration est fonction de la taille et de la forme du cristal. En général, plus il est petit et mince, plus la vibration est rapide.

Le mouvement réel est excessivement limité, de l'ordre de 68 nanomètres (millionième de millimètre) par centimètre ou de quelques atomes en longueur pour un cristal ordinaire. Si ce mouvement est très faible, il est cependant très rapide, ce qui signifie qu'il peut générer des forces énormes. Ainsi, l'accélération de surface d'un cristal de quartz de 50 MHz peut excéder cinq millions de fois la force de gravité.

Les résonateurs à cristal sont constitués de lames de quartz obtenues par sciage d'un bloc de quartz. Ce bloc peut être constitué de quartz naturel, mais en général les cristaux proviennent de quartz synthétique. Les lames brutes sont coupées en barreaux carrés, puis en forme de pastilles qui sont placées dans des disques plats. Plus ce disque est mince, plus la fréquence de vibration est élevée. Il existe néanmoins des limites dans la fabrication de disques aussi minces. La limite supérieure pour des résonateurs en mode fondamental est d'environ 50 MHz. À cette fréquence, les disques sont d'une épaisseur comparable à celle du papier et ils sont généralement trop fragiles pour accepter un polissage supplémentaire. Des cristaux de plus haute fréquence peuvent être obtenus en recourant à des harmoniques de la fréquence fondamentale ; on atteint ainsi des valeurs de 200 MHz, voire plus. Des fréquences encore supérieures sont réalisables en recourant à des circuits synthétiseurs de fréquence qui utilisent la fréquence de base produite par un cristal pour générer des multiples de cette fréquence pouvant atteindre le gigahertz, voire le térahertz. En fait, les synthétiseurs de fréquence à base de cristal servent à générer les hautes fréquences de travail nécessaires aux PC modernes.

Le conditionnement du cristal, tout comme la forme des cristaux de quartz, peut varier. Il est en général métallique, de formes cylindrique ou oblongue, mais il existe aussi sous des formes diverses, fabriqué avec du plastique ou d'autres matériaux (voir Figure 18.1).

La lame de quartz dans le boîtier est en principe de forme circulaire, mais il en existe aussi en forme de diapason. La Figure 18.2 montre un boîtier cylindrique de cristal dont le couvercle a été retiré, laissant apercevoir à l'intérieur une lame de quartz en forme de diapason.

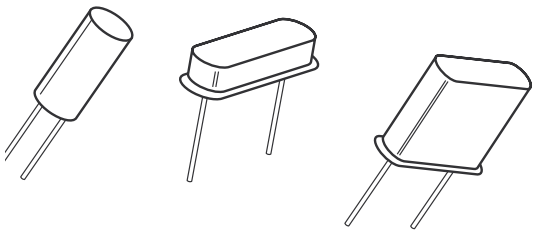


Figure 18.1
Boîtiers de cristal de formes diverses.

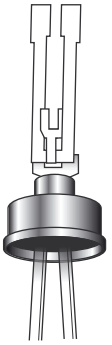
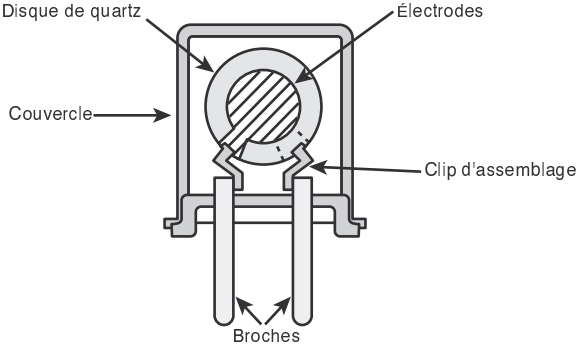


Figure 18.2
Intérieur d'un cristal avec le quartz en forme de diapason.

La plupart des cristaux utilisent une lame de quartz en forme de disque en tant que résonateur. Le disque est placé dans un boîtier hermétiquement scellé et sous vide.

La Figure 18.3 montre l'intérieur d'un cristal type, avec son résonateur circulaire en quartz.

Figure 18.3
Intérieur du cristal avec son résonateur circulaire en quartz.



Le disque de quartz à l'intérieur est muni d'électrodes de chaque côté, ce qui permet d'appliquer une tension électrique au disque. Les détails sont présentés à la Figure 18.4.

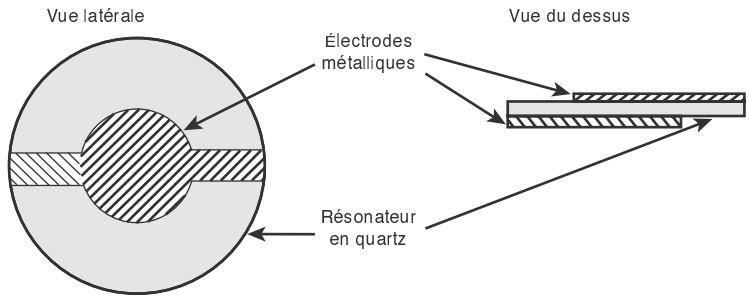


Figure 18.4
Détails du résonateur circulaire en quartz.

Walter G. Cady a été le premier à utiliser un cristal de quartz pour contrôler un oscillateur électronique, en 1921. Il a publié ses résultats en 1922, ce qui a amené Warren A. Marrison à développer en 1927 la première horloge à quartz. Aujourd'hui, tous les ordinateurs sont équipés de multiples oscillateurs et horloges internes, afin de contrôler la vitesse des bus et du processeur, et d'au moins une horloge ordinaire qui donne l'heure.

Histoire de l'overclocking

Il est question d'overclocking depuis le début de l'informatique. Depuis qu'il existe des ordinateurs, les utilisateurs tentent de les rendre plus rapides. Pour notre part, nous avons abordé l'overclocking des PC au début des années 1980, en recourant à une foule de matériels existant sur le marché. Le système le plus simple à overclocker alors était le système IBM AT original, dans lequel le processeur était piloté par un cristal enfiché dans un socle. Le modèle AT existait en deux versions, l'une dotée d'un cristal en 12 MHz et l'autre d'un cristal en 16 MHz. Le timer divisait la vitesse du cristal par deux, aboutissant à des vitesses de processeur de 6 et 8 MHz.

Une astuce courante à l'époque consistait à retirer le cristal en 12 ou 16 MHz du socle et à le remplacer par un cristal en 18 ou 20 MHz, le système passant ainsi à 9 ou 10 MHz. En 1984, RadioShack vendait des cristaux pour environ un dollar, et le remplacement était effectué en quelques secondes. Dans un système en 6 MHz, nous avons ainsi pu mettre en place un cristal en 18 MHz et passer le processeur à 9 MHz, soit un gain de 50 % ! Nous avons essayé aussi un cristal en 20 MHz (fréquence de 10 MHz), mais le système a refusé de démarrer à cette vitesse et nous avons été obligés de revenir à notre cristal en 18 MHz (fréquence de processeur de 9 MHz).

Poussant les choses plus loin, certaines entreprises ont vendu des oscillateurs de fréquence variable, ce qui revenait à remplacer le cristal à fréquence fixe par un cristal à fréquence variable. Un panneau de contrôle était installé à l'arrière du système, avec un bouton de réglage permettant de modifier la vitesse du système. Le modèle le plus sophistiqué était le XCELX grâce auquel il était possible de passer sur l'AT IBM original de 6,5 MHz à 12,7 MHz. La Figure 18.5 montre le XCELX de 1985.

Le manuel d'instruction stipulait qu'il fallait tourner le bouton jusqu'au plantage du système, puis revenir légèrement en arrière. La vitesse de travail du système dépendait de ses composants spécifiques.

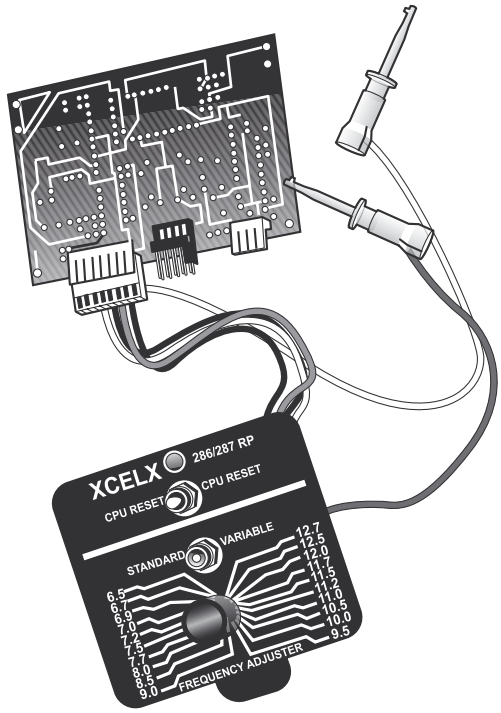


Figure 18.5
L'adaptateur de fréquence XCELX, pour accélérer l'IBM AT.

L'overclocking de systèmes âgés de plus de 20 ans ne passionne que peu de monde, mais il est intéressant de savoir que ces techniques sont à l'ordre du jour depuis la naissance des premiers PC.

Les horloges des PC modernes

Un PC moderne dispose au minimum de deux cristaux implantés sur la carte mère. Le cristal principal sert à piloter la fréquence de la carte mère et de ses circuits, tandis que l'autre contrôle l'horloge en temps réel (RTC, *Real Time Clock*). Le cristal principal est toujours en 14,31818 MHz (que l'on peut abréger en 14,318 ou, encore plus simple, en 14,3), alors que le cristal RTC est toujours en 32,768 kHz.

Les PC ne fonctionnent pas à 14,31818 MHz, comment peut-on utiliser un cristal de cette fréquence ? Que se passe-t-il lorsqu'on installe un processeur différent ? Comment le système ajuste-t-il le bus et les autres fréquences pour s'adapter au nouveau processeur ? La réponse est livrée par un module spécial appelé synthétiseur de fréquence, associé au cristal pour dériver les fréquences réelles nécessaires au système. La Figure 18.6 montre une partie d'une carte mère avec un synthétiseur de fréquence et un cristal de 14,31818 MHz placé en dessous.

L'horloge en temps réel (RTC) du PC original était très inexacte, si bien que, dès l'ordinateur IBM AT, IBM ajouta un cristal de 32,768 MHz pour décompter le temps indépendamment de la fré-

Pourquoi 14,31818 MHz?

L'IBM PC original de 1981 travaillait à 4,77 MHz, une fréquence dérivée d'un cristal en 14,31818 MHz et d'un circuit divisant la fréquence par trois pour arriver à 4,77 MHz. Beaucoup de personnes se demandaient pourquoi IBM avait choisi de cadencer le processeur à 4,77 MHz; après tout, le processeur 8088 d'IBM pouvait fonctionner à 5 MHz, si bien qu'il suffisait pour fonctionner à cette fréquence de remplacer la fréquence du cristal principal de 14,318 MHz à 15 MHz. En fait, pour réaliser cela, les ingénieurs d'IBM auraient dû ajouter des cristaux supplémentaires. La fréquence de 14,318 MHz du cristal divisée par trois pour faire fonctionner le processeur était également divisée par quatre pour obtenir 3,58 MHz, soit la fréquence exacte nécessaire pour assurer la compatibilité du signal de modulation vidéo couleur NTSC avec la télévision couleur.

Un autre circuit divisait la fréquence du cristal par 12 pour livrer une fréquence de 1,193182 MHz qu'utilisait un cadenceur 8253 programmable à trois canaux, en 16 bits. Chaque canal pouvait être employé pour récupérer en entrée un signal d'horloge et produire un signal de sortie en le divisant par un nombre 16 bits arbitraire. Le canal 0 servait à cadencer l'horloge système. Il était programmé par le BIOS pour appeler INT 08h tous les 65536 tics, soit environ 18,2 fois par seconde (ou une fois toutes les 55 millisecondes). Les routines logicielles liées à l'INT 08h se chargeaient d'actualiser l'heure de l'horloge système et pouvaient enchaîner d'autres activités dont l'exécution périodique était nécessaire. Le canal 1 était utilisé pour demander un rafraîchissement de la RAM dynamique tous les 72 cycles (soit toutes les 15 microsecondes). Et le canal 2 servait à générer un signal audio (bip) pour le haut-parleur (une modification du diviseur permettait de générer diverses tonalités).

Ainsi, en choisissant soigneusement un cristal en 14,318 MHz au lieu de 15 MHz ou d'une autre fréquence, il s'avérait qu'un seul cristal sur la carte mère suffisait à faire fonctionner le processeur, la carte graphique, l'horloge, le rafraîchissement de la mémoire et à générer des bips sonores. Cette conception fondée sur un cristal unique a permis de fabriquer des cartes mères avec moins d'éléments et pour un coût moins élevé.

Et malgré l'évolution des ordinateurs depuis 20 ans, tous les PC modernes sont encore pilotés par un cristal de 14,31818 MHz! Le cristal, en collaboration avec un générateur de fréquence, permet de dériver quasiment toutes les fréquences utilisées sur une carte mère moderne par le processeur, les bus, la mémoire et ainsi de suite.

quence du système. Ce cristal est toujours utilisé sur les ordinateurs récents. La Figure 18.7 illustre un cristal de 32,768 MHz à côté d'un chipset South Bridge contenant le circuit RTC et la mémoire RAM CMOS.

La plupart des synthétiseurs de fréquence employés sur les cartes mères des PC sont fabriqués par une poignée d'entreprises, comme Integrated Device Technology (**www.idt.com**), anciennement Integrated Circuit Systems, ou Cypress Semiconductor (**www.cypress.com**), anciennement International Microcircuits, Inc. (IMI). Ces modules utilisent un circuit à boucle à verrouillage de phase (PLL, *Phase Locked Loop*) pour générer, toujours à partir d'un même cristal de 14,31818 MHz, les signaux de cadencement synchronisés pour le processeur, les bus PCI, AGP et les autres bus. Le

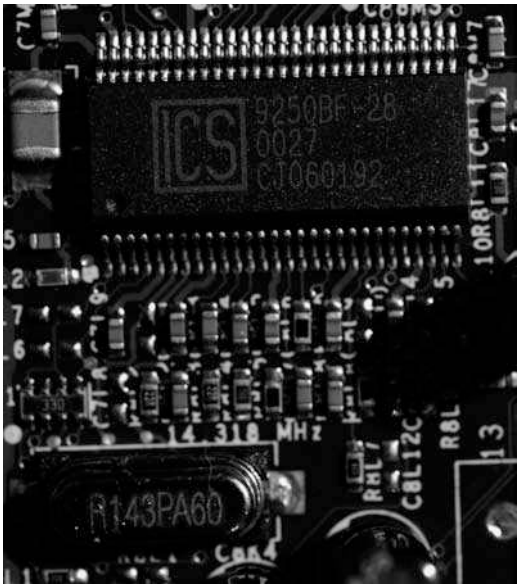


Figure 18.6
Synthétiseur de fréquence ICS 9250 et cristal de 14,31818 MHz.

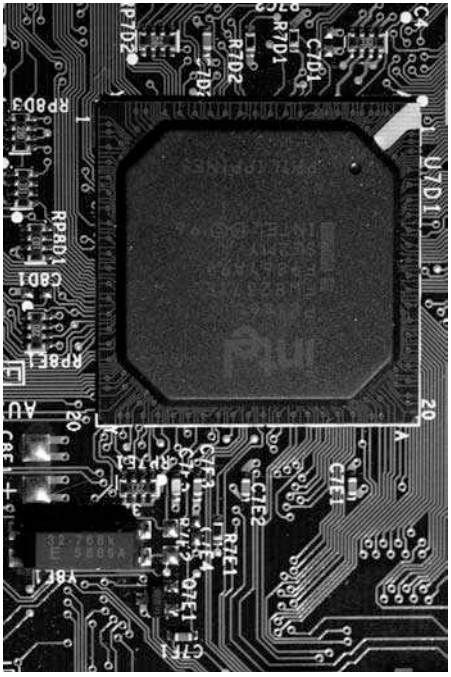


Figure 18.7
Chipset South Bridge (hub contrôleur d'E/S) incorporant le circuit RTC, avec le cristal d'horloge de 32,768 MHz.

cristal et le synthétiseur de fréquence sont généralement situés près du processeur et du chipset principal de la carte mère.

Le plus étonnant à propos de ces modules est que la plupart d'entre eux sont programmables et ajustables ; ils sont capables de modifier leurs fréquences de sortie au moyen d'un logiciel, avec pour résultat un système fonctionnant à des fréquences différentes. Tous les processeurs s'appuient sur la vitesse du bus de processeur. Ainsi, lorsque vous modifiez la fréquence du bus de processeur générée par le synthétiseur de fréquence, vous agissez par la même occasion sur la vitesse du processeur. Étant donné que les bus, mémoire, PCI et AGP sont souvent synchronisés avec la fréquence du bus du processeur, en modifiant la vitesse du bus de processeur d'un certain pourcentage, vous changez également la vitesse de ces autres bus dans les mêmes proportions. Le logiciel nécessaire à cette opération est intégré aux menus de configuration du BIOS de la plupart des cartes mères modernes.

Astuces d'overclocking

La grande majorité des cartes mères modernes détecte automatiquement la vitesse, la fréquence et la tension du processeur et des composants de mémoire. Au départ, sur les cartes 486 et Pentium, ces paramètres étaient contrôlés par des cavaliers et des commutateurs. Sur les cartes modernes, il est possible d'entrer dans la configuration du BIOS pour activer la modification manuelle des paramètres, puis d'utiliser les options des menus de configuration du BIOS pour changer les fréquences du système. Les systèmes pouvant devenir instables suite à ces modifications, ils sont en principe conçus pour démarrer dans le BIOS à une fréquence peu élevée, fixée par avance, de sorte que l'utilisateur ne soit pas empêché de procéder à l'avenir à ces modifications. L'overclocking revient donc à modifier quelques options dans un menu, puis à redémarrer pour tester les nouveaux paramètres.

Le concept de l'overclocking est simple : vous modifiez les paramètres pour augmenter la vitesse du processeur, de la mémoire, des bus, etc. jusqu'à ce que le système devienne instable. Il suffit ensuite de faire marche arrière et de réduire les paramètres jusqu'à retrouver la stabilité. C'est une façon simple de déterminer la vitesse maximale permise durablement par un système. Chaque processeur étant différent, même ceux qui affichent les mêmes performances au départ peuvent, au final, travailler à des vitesses maximales différentes.

Le fait que certaines puces puissent utiliser une fréquence plus rapide que d'autres dépend en fait de la technique de fabrication utilisée. Ainsi, les premières versions du processeur Pentium 4 basées sur le noyau Prescott étaient constituées d'un module de 112 mm^2 fabriqué à partir de plaques de 300 mm, soit un maximum de 631 modules par plaque. Beaucoup de ces modules ne passent pas les tests, mais admettons que 80 % (soit 504 modules) y parviennent. Intel vendait des processeurs Prescott cadencés à des fréquences allant de 2,4 à 3,4 GHz. Autrement dit, tous les processeurs issus d'une même plaque étaient conçus pour fonctionner éventuellement à 3,4 GHz (ou plus). Ils étaient testés après fabrication pour voir à quelle vitesse ils pouvaient effectivement fonctionner. Sur les 80 % de processeurs qui fonctionnaient, la plupart le faisaient aux vitesses les plus élevées tandis que les autres étaient uniquement fiables à des fréquences moins élevées. Ils étaient alors triés selon leur vitesse.

Au début de la fabrication d'un modèle de processeur donné, la majorité d'entre eux fonctionne à des vitesses peu élevées et seule une petite partie atteint les performances maximales. C'est la raison pour laquelle les processeurs les plus rapides sont les plus chers. Néanmoins, les procédés de fabrication et la conception des processeurs s'améliorant peu à peu, de plus en plus de processeurs réussissent les tests à grande vitesse. Mais comme les processeurs les plus lents et donc moins chers représentent les meilleures ventes, le constructeur peut être tenté de vendre des processeurs rapides comme présentant des performances moindres pour répondre à la demande.

En résumé, les fondeurs comme Intel ou AMD s'arrangent pour fabriquer des processeurs identiques sur une plaque, puis tentent de tous les faire fonctionner aux fréquences les plus élevées. Si vous achetez un modèle présenté comme offrant des performances moindres, vous disposerez cependant du même processeur que celui annoncé pour les vitesses maximales. La seule différence est la garantie que le processeur identifié comme étant rapide fonctionne bien à la vitesse maximale, ce qui n'est pas le cas pour le processeur lent. Et c'est là qu'intervient l'overclocking !

Les amateurs d'overclocking achètent des modèles identifiés pour fonctionner à des vitesses moindres et procèdent à leurs propres tests pour voir s'ils fonctionnent à des vitesses plus élevées. Certains vont même plus loin : ils acquièrent des modèles à grande vitesse et tentent de les faire travailler encore plus vite, mais dans ce cas les chances de succès sont plus limitées. L'overclocking offrant le taux de réussite le plus élevé s'applique presque toujours au processeur d'un modèle donné annoncé comme tournant à la vitesse la plus basse, et donc vendu au prix le plus bas. En d'autres termes, sur un plan statistique, nombre des processeurs vendus pour des fréquences basses sont capables de travailler aux fréquences les plus élevées annoncées pour le modèle en question, puisqu'ils sont fabriqués de la même manière. Par ailleurs, si vous partez d'un modèle à fréquence déjà élevée, vous risquez de n'obtenir qu'une accélération minime.

Il faut garder à l'esprit qu'il existe une différence entre la vitesse annoncée d'un module et la vitesse réelle à laquelle il est en mesure de travailler. Les fabricants tels qu'Intel et AMD doivent faire preuve de prudence dans leur évaluation des modules. Un processeur annoncé comme tournant à une certaine fréquence est presque toujours capable de fonctionner au moins un peu plus vite. Toute la question est de savoir de combien. Malheureusement, la seule façon d'obtenir la réponse est de tester les modules individuellement.

Vitesses de bus et multiplicateurs

Les processeurs modernes travaillent à des multiples de la fréquence de la carte mère et le multiple choisi est généralement verrouillé dans le processeur. Pour augmenter sa vitesse, vous ne pouvez donc que modifier les paramètres de vitesse du bus de processeur. Ce bus de processeur est aussi appelé bus CPU, bus frontal (FSB, *Front Side Bus*) ou encore bus du côté processeur (PSB, *Processor Side Bus*), toutes ces expressions étant synonymes.

À titre d'exemple, nous avons construit un système utilisant un processeur Intel Pentium 4 3.2E fonctionnant à 3200 MHz sur un bus de processeur à 800 MHz. Autrement dit, ce processeur est verrouillé pour travailler au quadruple de la vitesse du bus de processeur. Nous avons pu augmenter

la vitesse de ce bus de 800 à 832 MHz, si bien que le processeur a vu sa vitesse augmenter de 3200 MHz à 3328 MHz, soit 128 MHz de plus qu'annoncé. L'ensemble de l'opération n'a pris qu'une minute pour redémarrer, entrer dans la configuration du BIOS, procéder aux changements dans le menu, enregistrer et redémarrer de nouveau. Le gain n'a été que de 4 %, mais il n'a pas coûté un centime et le système est tout aussi stable qu'auparavant.

Beaucoup de cartes mères permettent d'augmenter la vitesse de 50 %, voire plus, mais il est rare qu'un processeur accepte de tels écarts sans dommage. Notez également que, en augmentant la vitesse du bus de processeur, vous augmentez par la même occasion celle du bus de mémoire, du bus PCI, du bus PCI-Express (ou AGP) du même pourcentage. Si votre mémoire devient instable à une vitesse plus élevée, le système se bloquera, même si le processeur proprement dit est en mesure d'accepter l'accélération. C'est le plus petit dénominateur commun qui prévaut en la matière, le système ne travaillant plus vite que dans la mesure où l'ensemble de ses composants relève le défi.

Beaucoup de cartes mères acceptent des changements de voltage pour les composants tels que le processeur, la mémoire et la carte graphique. Soyez prudent lors de ces changements, car vous risquez d'endommager un composant si vous choisissez une tension inadaptée. Nombre d'amateurs d'overclocking se sont rendus compte qu'en augmentant ou en diminuant le voltage très progressivement, il est possible d'améliorer la stabilité du système.Processeurs:

Refroidissement

Sur tout ordinateur puissant, la chaleur peut constituer un vrai problème. En règle générale, plus un processeur est rapide, puis il absorbe de puissance électrique et plus il génère de chaleur. Le processeur est souvent la puce la plus gourmande en puissance électrique du système, et, dans la plupart des situations, il se peut en effet que le ventilateur installé ne soit pas à la hauteur de la tâche et ait besoin d'aide.

Dissipateurs thermiques

À une certaine époque, un *dissipateur thermique* (un accessoire placé sur le processeur et chargé d'évacuer la chaleur) n'était nécessaire que dans les systèmes où la chaleur dégagée par le processeur posait véritablement problème. Mais quand sont arrivés les processeurs Pentium plus rapides, au début des années 1990, les dissipateurs sont devenus une nécessité pour l'ensemble des processeurs.

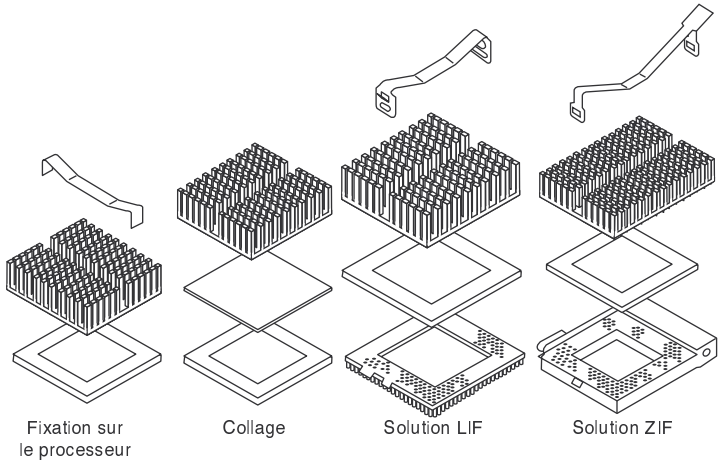
Dans un ordinateur, un radiateur fonctionne comme le radiateur d'une voiture, qui permet d'évacuer la chaleur du moteur. Il effectue cette opération à l'aide d'un conducteur thermique (habituellement en métal). Ce dernier dirige la chaleur du processeur vers des ailettes dont la surface large brasse l'air. L'air est donc réchauffé et le processeur est refroidi. Exactement comme le radiateur d'une voiture, le radiateur de l'ordinateur dépend du mouvement d'air produit. Sans déplacement d'air, un dissipateur thermique est incapable de dissiper la chaleur. Pour empêcher que le moteur d'une voiture ne surchauffe lorsqu'elle n'est pas en mouvement, les ingénieurs automobiles ont incorporé un

ventilateur. De la même façon, dans un PC, il existe toujours un ventilateur qui permet à l'air de traverser le radiateur et de l'évacuer du système. Le ventilateur inclus dans l'alimentation est quelquefois suffisant, mais dans la plupart des cas, il est nécessaire d'ajouter un ventilateur directement au-dessus du dissipateur thermique du processeur afin d'assurer un bon refroidissement. Dans les systèmes récents, le boîtier est lui-même doté d'un ventilateur afin d'évacuer l'air chaud et de le remplacer par de l'air frais.

Le radiateur est généralement attaché au processeur par des loquets. Différents systèmes existent, en fonction du dissipateur thermique utilisé. La Figure 18.8 illustre différents dissipateurs thermiques et leur système de verrouillage.

Figure 18.8

Dissipateurs thermiques de processeurs illustrant les diverses méthodes de fixation.



Selon les données fournies par Intel, les clips permettant de fixer les radiateurs représentent la deuxième source de destruction des cartes mères (après les tournevis), ce qui explique pourquoi Intel a abandonné les attaches métalliques au profit d'attaches en plastique sur ses modèles les plus récents. Pour installer ou retirer un radiateur à l'aide de clips, assurez-vous de ne pas érafler la surface de la carte mère. Dans la plupart des cas, les clips s'accrochent sur des saillies présentes sur le support. Lors de l'installation ou de l'extraction, on risque donc d'érafler la surface de la carte juste en dessous de l'endroit où vient se fixer le clip. Afin d'éviter cela, placez une mince feuille de plastique sous le rebord du clip pendant l'opération, et ce tout spécialement si des circuits intégrés se trouvent à proximité.

Les radiateurs sont évalués en fonction de leurs performances au niveau du refroidissement. En règle générale, les classements sont exprimés en termes de résistance au transfert de chaleur, en degrés centigrades par watt (˚C/W). Dans le classement, les chiffres les plus bas représentent les systèmes les plus performants. Notez que la résistance varie en fonction du mouvement d'air qui traverse le radiateur.

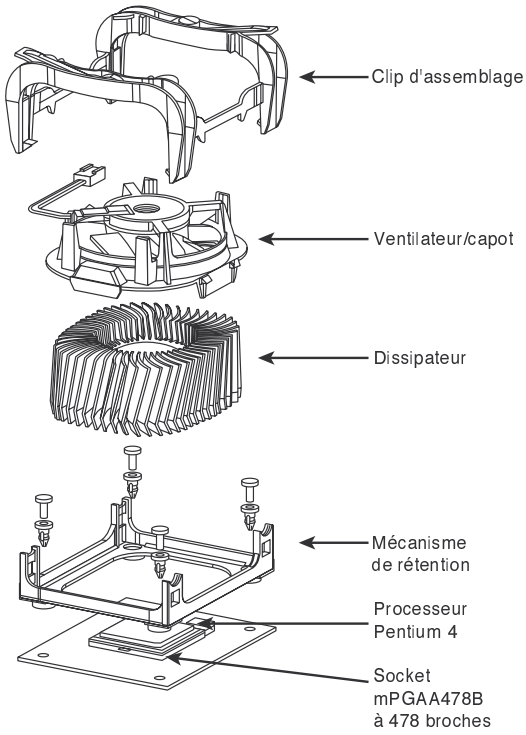
Radiateurs actifs

Un flux d'air constant et des performances cohérentes sont assurés grâce à de nombreux radiateurs incorporant des ventilateurs, de façon à ne pas dépendre du mouvement d'air qui se produit dans le

système. Les dissipateurs thermiques dotés de ventilateurs sont des radiateurs *actifs* (voir Figure 18.9). Les radiateurs actifs possèdent une alimentation, les modèles plus anciens recourant souvent à un connecteur d'alimentation supplémentaire pour disque dur. La plupart des cartes mères récentes possèdent des connecteurs d'alimentation spécialement destinés aux radiateurs.

Figure 18.9

Dissipateur thermique actif pour un processeur Pentium 4 à Socket 478.

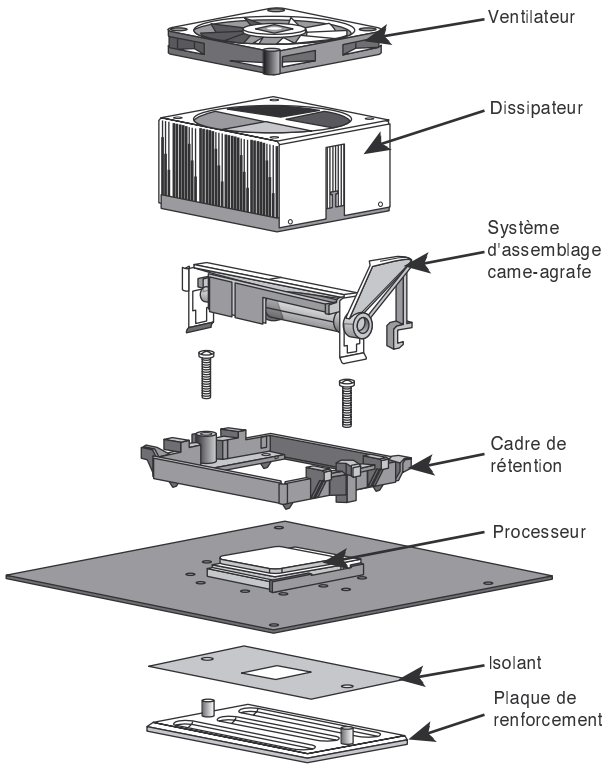


Le Socket 478 fait appel à deux cames pour les agrafes du dissipateur et applique une pression sur le processeur. La force générée est de 30 kg, ce qui produit un arc non négligeable dans la carte mère, sous le processeur. Cet arc est normal et la carte mère est conçue pour s'en accommoder. Cette force importante est nécessaire pour empêcher le radiateur, qui est lourd, d'endommager le processeur lors des mouvements ou déplacements de l'unité centrale, et aussi pour assurer un bon contact avec le matériau d'interface thermique (en général une graisse ou une pâte).

La Figure 18.10 montre le système utilisé sur la plupart des processeurs utilisant les Sockets AM2, 940, 939 et 754, avec un assemblage came-agrafe d'un côté. À l'instar du système à deux cames du Pentium 4 évoqué précédemment, ce système génère une pression de 30 kg entre le radiateur et le processeur. La déformation de la carte mère est évitée dans ce système grâce à l'emploi d'une plaque de renforcement spéciale, placée sous la carte mère. Le cadre de fixation du radiateur vient se

positionner sur cette plaque au travers de la carte mère. La plaque de renfort et le cadre de fixation sont en principe livrés avec la carte mère, mais le radiateur (avec le système de ventilateur, agrafes et came) accompagne le processeur.

Figure 18.10
Le système de montage d'un radiateur actif utilisé sur les Sockets AM2, 940, 939 et 754.



Avec l'utilisation des connecteurs d'alimentation de la carte mère pour le ventilateur, la plupart des BIOS des ordinateurs récents peuvent afficher les performances du ventilateur et les signaler à un programme de surveillance du système. Comme certains processeurs, en particulier les anciens processeurs Athlon, peuvent être détruits en quelques instants si le ventilateur du processeur fonctionne mal, il est ainsi possible d'éviter une catastrophe.

Les dissipateurs thermiques actifs utilisent un ventilateur ou un système de refroidissement devant être alimentés en électricité. Ils se branchent sur le connecteur d'alimentation de la carte mère (ou sur un connecteur d'alimentation de disque dur sur les anciens ordinateurs). Si vous achetez un dissipateur thermique actif, méfiez-vous, car certains modèles sont vraiment de mauvaise qualité et tombent rapidement en panne. Les meilleurs ventilateurs sont équipés d'un moteur à roulement à billes. Ils durent dix fois plus longtemps que les modèles ordinaires et coûtent seulement deux fois plus cher, ce qui représente une économie à long terme.

Les ventilateurs les plus récents comprennent des connecteurs d'alimentation à quatre fils au lieu de trois, le quatrième fil permettant de contrôler la vitesse du ventilateur. Ces ventilateurs sont baptisés PWM (*Pulse Width Modulation*, ou modulation de largeur d'impulsion), car ils utilisent la modulation des signaux de la carte mère pour contrôler et faire varier plus précisément la vitesse du ventilateur. Les ventilateurs alimentés par trois fils intègrent des résistances thermiques internes (thermistances) pour contrôler la vitesse du ventilateur, ce qui généralement n'autorise que deux vitesses différentes. Avec les ventilateurs PWM, la carte mère peut surveiller la température de l'ordinateur et du processus et faire varier la vitesse du ventilateur pour maintenir la température voulue.

Les dissipateurs thermiques conçus pour les Sockets LGA775 comprennent normalement des attaches en plastique qui s'enclenchent dans les trous de la carte mère. Pour installer ce type de dissipateur thermique, il vous suffit d'aligner les sommets des attaches afin que les flèches effectuent une rotation sur la gauche (dans la direction opposée de la flèche), puis de presser sur ces sommets vers le bas jusqu'à ce que la partie inférieure se rabatte et se verrouille dans les trous de fixation sur la carte mère. Pour retirer le dissipateur thermique, vous devez insérer la pointe d'un tournevis plat dans la fente située sous les flèches, puis faire pivoter les attaches dans la direction des flèches. Lorsque vous faites pivoter une attache, celle-ci se détache de la carte mère. La Figure 18.11 illustre un dissipateur actif destiné au Socket LGA775, avec ces attaches.

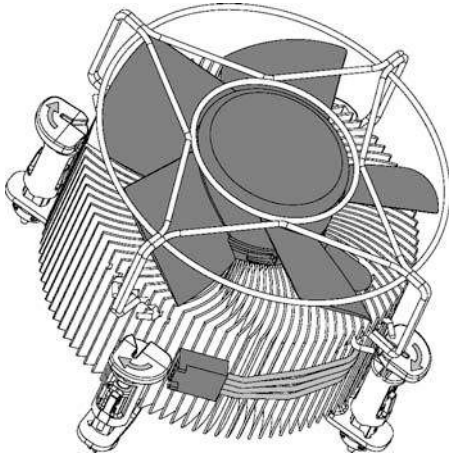


Figure 18.11
Le système d'attache et l'alimentation à quatre fils d'un dissipateur thermique PWM pour processeur connecté au Socket LGA775.

Avec le large éventail de processeurs sur le marché à l'heure actuelle, vous devez également adapter la chaleur émise par le processeur aux capacités de refroidissement du radiateur que vous envisagez d'installer. Deux critères permettent d'évaluer les performances d'un radiateur pour un processeur en particulier : la température maximale autorisée dans le châssis et la puissance électrique en sortie. Nous verrons dans la section intitulée "Évaluation des radiateurs et calculs", plus loin dans ce cha-

pitre, comment calculer la résistance thermique maximale dont vous aurez besoin. Vous devez toujours installer un radiateur à la résistance thermique plus faible pour améliorer le refroidissement, mais vous ne devez jamais installer un radiateur dont la résistance thermique est plus élevée que celle requise par votre processeur.

Les processeurs d'Intel ou AMD vendus au détail sont en principe accompagnés de dissipateurs actifs de qualité, conçus pour fonctionner dans les pires conditions ambiantes. L'une des raisons pour lesquelles nous préconisons l'achat de ces types de processeurs est qu'ils offrent l'assurance d'obtenir un système de refroidissement optimal et d'une durée de vie maximale.

Si vous achetez un processeur OEM et qu'il ne soit pas accompagné d'un dissipateur thermique, vous pouvez vous procurer un dissipateur thermique de qualité pour une somme comprise entre 25 et 60 € (certains modèles sont encore beaucoup plus chers). Les systèmes de refroidissement les plus efficaces sont évidemment les plus onéreux, mais les amateurs d'overclocking estiment souvent que cette dépense en vaut la peine.

Les dissipateurs thermiques *passifs* se présentent sous la forme d'un radiateur à lamelles d'aluminium qui dissipe la chaleur grâce à un courant d'air généré par une source extérieure. Les modèles passifs ne fonctionnent correctement que si un courant d'air circule entre les lamelles. Ce courant d'air est en principe généré par un ventilateur supplémentaire fixé à l'intérieur du boîtier et soufflant parfois directement sur les lamelles du radiateur. Mettre en place un dissipateur passif est une opération plus délicate qui suppose de vérifier que le flux d'air est correctement orienté. Toutefois, si le travail est réalisé correctement, la solution est plus fiable et nettement moins onéreuse. C'est la raison pour laquelle les systèmes de marque, par exemple les PC de Dell ou de Gateway, emploient des dissipateurs passifs avec des ventilateurs pulsant l'air à l'intérieur du boîtier. Pour les systèmes assemblés par de petites entreprises ou des particuliers qui n'ont pas la capacité de mettre au point des solutions de refroidissement passif personnalisées, il vaut mieux s'en tenir aux dissipateurs actifs, avec ventilateur intégré. Indépendamment de la circulation de l'air dans le boîtier, le dissipateur actif est une solution plus sûre.

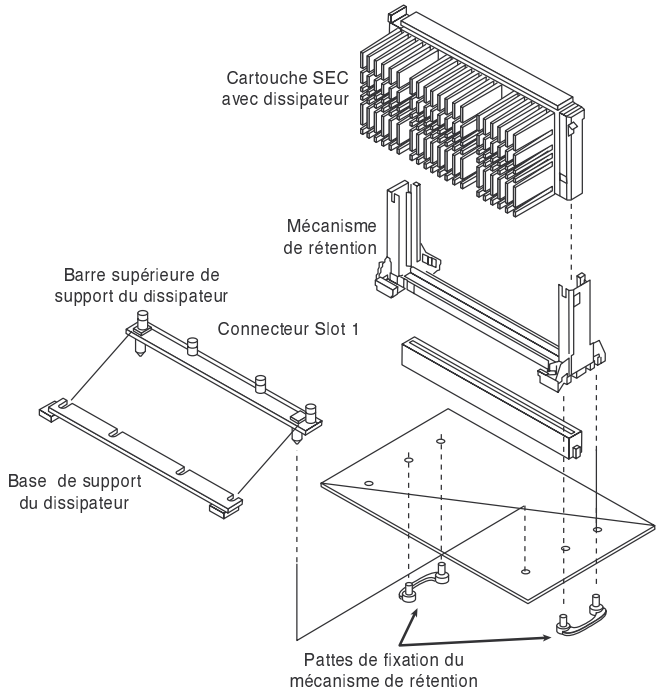
Dissipateurs thermiques "fantaisie"

Il existe de nombreux dissipateurs thermiques haut de gamme "fantaisie". Leur forme et leur conception sont très variables et certains ressemblent plus à des œuvres d'art industriel qu'à des composants informatiques. Ces dissipateurs thermiques sont très populaires auprès des amateurs d'overclocking et des utilisateurs qui aiment modifier leurs systèmes en général.

Un ingénieur, même s'il est capable d'apprécier la beauté du matériel, se préoccupe avant tout des performances et non de l'apparence. Bien que les performances de la plupart de ces modèles fantaisie soient exceptionnelles, elles sont rarement documentées (ce qui rend les comparaisons difficiles) et peuvent avoir d'autres inconvénients que leur prix élevé, dont certains sont les suivants :

- **Taille.** Ces dissipateurs thermiques sont souvent très imposants et leur forme ne convient pas à toutes les cartes mères ou à tous les châssis.

Figure 18.12
Un dissipateur thermique passif et les supports utilisés par les processeurs de types Pentium II/III-SECC.



- **Poids.** Ils dépassent souvent le poids maximal recommandé, ce qui peut potentiellement endommager la carte mère et/ou le socket du processeur lors de la livraison de l'ordinateur ou lorsqu'on le déplace.
- **Fixation.** Ils disposent souvent d'attaches difficiles d'accès, si bien qu'il est souvent nécessaire d'enlever la carte mère pour les monter ou les démonter.
- **Circulation de l'air.** Ils ne fournissent souvent pas le flux d'air omnidirectionnel nécessaire au refroidissement des régulateurs de tension du processeur et du chipset North Bridge.
- **Documentation.** Les informations fiables concernant leurs performances thermiques manquent bien souvent.
- **Coût.** Ils sont généralement beaucoup plus chers que les unités standard.

L'absence de documentation technique est peut-être le principal reproche qu'on peut leur adresser. Un dissipateur thermique s'évalue avant tout en fonction de sa résistance thermique, exprimée en degrés Celsius par watt. Plus ce chiffre est faible, et meilleures sont les performances. Malheureusement, la plupart des dissipateurs thermiques haut de gamme "fantaisie" n'indiquent pas ce chiffre dans leurs spécifications. Sans connaître la résistance thermique, vous ne pouvez pas comparer les performances d'un dissipateur thermique par rapport à un autre.

Force de serrage des radiateurs

La force de serrage des radiateurs représente un danger pour les processeurs, en particulier si vous installez un processeur ancien qui utilise le conditionnement FC-PGA. Le conditionnement FC-PGA (*Flip-Chip Pin Grid Array*, barrette connecteur planaire) des processeurs est appelé ainsi parce que la matrice du processeur est montée à l'envers, c'est-à-dire vers le haut. Le dissipateur étant en contact direct avec la matrice, il assure ainsi un meilleur refroidissement. Malheureusement, ce conditionnement a engendré certains problèmes qui ont obligé les constructeurs à modifier leur conception.

Le problème principal est celui de la force, trop importante et mal équilibrée, nécessaire pour mettre en place ce connecteur planaire. Intel recommande une pression statique de 10 kg pour son radiateur sur la matrice, alors qu'AMD spécifie une pression statique de 15 kg pour le clip de fixation du radiateur sur les processeurs Athlon, Duron et Athlon XP. Conséquence logique : de nombreux processeurs ont été endommagés au cours de l'installation du radiateur. La pression statique plus importante recommandée par AMD est destinée à optimiser le transfert thermique. Étant donné que la matrice est tournée vers le haut, le radiateur n'est en contact qu'avec celle-ci et dépasse sur les côtés. Si, au cours de l'installation du radiateur, la pression effectuée sur l'un des coins ou l'un des bords du radiateur est trop importante, cette force inégale est répercutée sur la matrice qui risque de se briser dans un grand fracas. Comme vous vous en doutez, la puce est alors détruite, destruction en principe non prise en charge par la garantie du constructeur puisqu'il s'agit d'une erreur de manipulation et non d'un défaut de fabrication. Si ces dommages ont affecté aussi bien les processeurs d'AMD que ceux d'Intel, ils étaient néanmoins plus fréquents sur les processeurs AMD du fait de la plus grande pression statique requise pour clipper le radiateur. Ces problèmes ont poussé bon nombre de fabricants à n'accorder une garantie qu'aux processeurs vendus avec une carte mère et installés par le fabricant.

AMD a commencé par installer des coussinets de caoutchouc aux quatre coins de ses modules pour soutenir les débords du radiateur et empêcher les fractures. Malheureusement, malgré ces coussinets, il est toujours possible de briser la matrice si le radiateur est installé en position inclinée ou de façon incorrecte.

Tous les processeurs Intel et AMD disposent désormais d'un couvercle métallique, appelé diffuseur de chaleur intégré (IHS, *Integrated Heat Spreader*), par-dessus la matrice des processeurs. Ce capuchon protège la matrice des excès de pression et facilite la diffusion des points de contact thermique entre processeur et radiateur. La plupart des processeurs Intel équipés d'IHS supportent une pression sur le radiateur pouvant aller jusqu'à 50 kg et sont théoriquement incassables, du moins lors de l'installation d'un radiateur. Pour ses radiateurs actuels destinés aux processeurs à diffuseur de chaleur intégré, Intel préconise une force de 35 kg sur le processeur. Tous les processeurs Intel, depuis le Pentium III/Celeron Tualatin (0,13 μm), et les processeurs AMD de la famille Athlon 64 sont équipés d'IHS. En général, les processeurs FC-PGA avec diffuseur de chaleur intégré sont appelés FC-PGA2 (voir Figure 18.13).

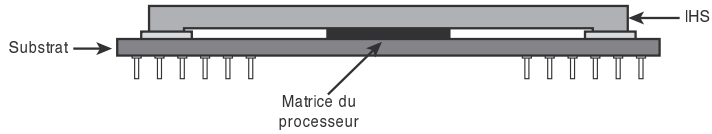


Figure 18.13
Vue latérale d'un processeur FC-PGA2 avec le diffuseur de chaleur intégré monté sur la matrice.

Si vous installez un processeur Intel ou AMD non doté de ce diffuseur de chaleur métallique, soyez extrêmement prudent. Maintenez en toutes circonstances le radiateur bien à plat et de niveau avec la surface de la matrice durant le montage ou le démontage du clip.

Évaluation des radiateurs et calculs

Lors du refroidissement d'un processeur, le radiateur transfère la chaleur dans l'air ambiant. Cette aptitude est appelée la résistance thermique, mesurée en degrés Celsius par watt (˚C/W). Plus la valeur de cette résistance thermique est basse, plus le radiateur est capable de dissiper la chaleur émise par le processeur.

Pour déterminer quel radiateur est nécessaire pour votre processeur, on utilise la formule suivante :

$$R_{total} = T_{processeur} - T_{radiateur}/P_{dissipation}$$

$T_{processeur}$ est la température maximale admise pour le processeur, $T_{radiateur}$ est la température maximale admise pour le radiateur, et $P_{dissipation}$ est la dissipation maximale admise pour le processeur. À titre d'exemple, le processeur Pentium 4 3.1E (Prescott) est prévu pour une température maximale de 73 ˚C et annoncé pour une dissipation maximale de 103 W. Intel recommande une température maximale de 38 ˚C pour le dissipateur thermique, ce qui signifie que le radiateur nécessaire au bon fonctionnement du processeur doit être d'une puissance de 73 ˚C – 38 ˚C/103 W = 0,34 ˚C/W.

Le processeur quatre cœurs Core 2 Extreme QX6800 est prévu pour une température maximale de 54,8 ˚C pour une dissipation maximale de 130 W. Cela exige que le dissipateur thermique propose des performances exceptionnellement élevées de 54,8 ˚C – 38 ˚C/130 W = 0,13 ˚C/W. Une résistance thermique aussi faible nécessite habituellement l'utilisation d'un système de refroidissement liquide.

Une autre formule pratique permet de décrire la puissance du processeur :

$$P_{dissipation} = C \times V^2 \times F$$

$P_{dissipation}$ est de nouveau la dissipation maximale pour le processeur, C est la capacité, V^2 est le carré du voltage et F la fréquence. À partir de cette formule, on voit qu'en doublant la fréquence d'un processeur celui-ci consommera deux fois plus d'énergie ; si vous doublez le voltage, le processeur consommera quatre fois plus d'énergie. Par voie de conséquence, si l'on diminue le voltage de moitié, la consommation sera divisée par quatre. Ces relations sont importantes pour l'overclocking d'un système, car une faible augmentation du voltage aura un effet beaucoup plus considérable qu'une augmentation analogue de la fréquence.

En général, si l'on augmente la vitesse d'un processeur de 5 %, la consommation d'énergie augmente du même pourcentage. À partir des précédents calculs, si la vitesse du processeur augmente de 5 %, le processeur qui affichait une puissance thermique de 103 W passe à 108,15 W et la capacité du radiateur requis passe de 0,34 ˚C/W à 0,32 ˚C/W, soit une évolution proportionnelle. Dans la plupart des cas, excepté celui d'un overclocking extrême, le radiateur existant devrait faire l'affaire. À la limite, vous pouvez le paramétrer pour un réglage manuel du voltage et réduire ce dernier très légèrement, ce qui réduira ainsi la consommation d'énergie. Bien évidemment, la réduction du voltage risque de rendre le processeur instable, aussi est-il bon de procéder à des tests préalables. Vous le constatez, modifier tous ces paramètres dans le cadre de l'overclocking peut prendre un bon moment si vous faites tous les tests nécessaires pour vérifier que tout fonctionne correctement. C'est à vous de décider si le jeu en vaut la chandelle et si l'amélioration escomptée mérite tout le temps et l'énergie nécessaires pour y parvenir.

Notez que la plupart des fabricants de radiateurs professionnels publient leurs évaluations ˚C/W, alors que les vendeurs de dissipateurs thermiques "fantaisie" s'en abstiennent. Dans bien des cas, ces derniers ne réalisent pas ces tests et préfèrent s'intéresser à l'esthétique plutôt qu'aux performances.

Installer un radiateur

Pour que soit assuré le meilleur transfert de chaleur possible entre le processeur et le dissipateur thermique, de nombreux fabricants de radiateurs proposent de placer un matériau thermique entre les deux. Il s'agit en général d'une graisse blanche à base de céramique, d'alumine ou d'argent, mais cela peut également être un tampon spécial ou encore un ruban adhésif à double face. Certains sont appelés "matériaux à changement de phase", car leur viscosité se modifie (ils deviennent plus minces) au-delà d'une certaine température, leur permettant ainsi de mieux combler les minuscules espaces entre le processeur et le radiateur. En général, les graisses thermiques offrent de meilleures performances que les matériaux à changement de phase, mais du fait de leur plus faible viscosité elles coulent plus facilement, sont plus délicates à appliquer et risquent de déborder (si vous en mettez trop) sur le socle ou la carte mère.

Quelle que soit la solution adoptée – graisse thermique ou matériau à changement de phase –, l'utilisation d'une interface thermique améliore les performances du radiateur de façon considérable. Les matériaux d'interface thermique sont caractérisés par leur conductance thermique (elle doit être la plus élevée possible) ou leur résistance thermique (la plus faible possible). Malheureusement, l'industrie fait appel à plusieurs échelles d'évaluation pour mesurer les performances, ce qui rend les comparaisons entre produits souvent délicates. Certains mesurent la conductivité thermique, d'autres la résistance thermique ; les échelles appliquées sont donc très variables. La spécification la plus courante reste cependant la résistance thermique, exprimée en degrés centigrades par watt (˚C/W) pour une interface d'une épaisseur de 0,001 pouce et d'une surface d'un pouce carré. Pour un matériau donné, la résistance diminue avec l'épaisseur de la couche et l'agrandissement de la surface. Par ailleurs, à cause d'autres variables, telles que la pression ou la rugosité de la surface, il est souvent impossible de comparer directement deux matériaux différents, même en se fondant sur la même échelle.

En guise de comparaison, regardons les effets provoqués sur la température d'un processeur par l'utilisation de matériaux d'interface thermique de différentes spécifications. Le processeur Pentium 4 3.4E, avec 103 W pour une surface de dissipateur de 1,5 pouce carré (9,5 cm^2), est un des processeurs émettant le plus de chaleur. Le Tableau 18.1 montre les différences de températures relevées en utilisant des matériaux d'interface thermique de spécifications diverses.

Tableau 18.1 : Résistance des matériaux d'interface thermique et augmentation de la température du processeur pour un Pentium 4 avec une dissipation de 103 W

Évaluation thermique (˚C/W)	Augmentation de la température (˚C)
0,000	0,00
0,005	0,34
0,010	0,69
0,020	1,37
0,030	2,06
0,040	2,75
0,050	3,43
0,060	4,12
0,070	4,81
0,080	5,49
0,090	6,18
0,100	6,87

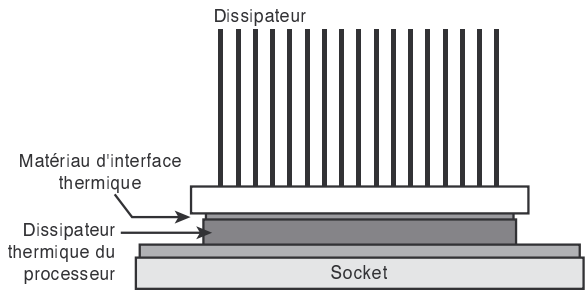
Les bonnes graisses thermiques sont évaluées à des valeurs comprises entre 0,005 et 0,02 ˚C/W par pouce carré (6,5 cm^2), d'où une élévation de la température comprise entre 0,34 et 1,37 ˚C. Même s'il existait une graisse thermique "parfaite", la réduction de la température du processeur ne dépasserait pas 2 ˚C par rapport aux produits actuellement sur le marché. Nous avons consulté d'innombrables tests effectués par des fabricants de graisse thermique; en général, les différences entre les marques sont insignifiantes. C'est pourquoi nous ne faisons pas grand cas des marques, les graisses de premier prix offrant souvent des performances analogues aux autres.

Vous pouvez acheter de la pâte thermique en tube de taille plus ou moins importante. La plupart des graisses recommandées contiennent de l'alumine ou de l'argent, des matières qui offrent les résistances thermiques les plus basses. L'argent est en principe la meilleure solution, mais le coût de ces graisses est nettement supérieur pour une différence somme toute minime. La marque Arctic Silver a connu un tel succès qu'elle a depuis lors était copiée et contrefaite. Ce qu'il est important de noter, c'est que, selon les calculs effectués et les tests réalisés, il n'existe qu'un ou deux degrés de diffé-

rence dans la température du processeur en pleine charge selon la marque de la graisse utilisée. Si vous recherchez la perfection, utilisez une graisse à base d'argent. Au classement viennent ensuite la graisse à base d'alumine puis la moins onéreuse et un peu moins efficace graisse à base de céramique.

La Figure 18.14 montre l'interface thermique entre le processeur et le radiateur.

Figure 18.14
Le matériau d'interface thermique sert à transférer la chaleur dégagée par le processeur vers le dissipateur thermique.



Les facteurs d'encombrement ATX et BTX des cartes mères et des châssis utilisés dans la plupart des ordinateurs actuels fournissent un meilleur système de refroidissement que l'ancien facteur d'encombrement Baby AT. En effet, le processeur est placé de manière à laisser suffisamment d'espace pour un ventilateur de boîtier et même une bouche d'air soufflant directement sur le processeur. La plupart de ces boîtiers sont pourvus d'un second ventilateur qui assiste le premier dans sa tâche de refroidissement. En règle générale, les ventilateurs montés sur les boîtiers les plus importants, surtout s'ils sont dotés d'une bouche d'air soufflant sur le processeur, améliorent encore le refroidissement.

✔ Voir la section "ATX", p. 114.
✔ Voir la section "BTX", p. 129.

Refroidissement liquide

L'une des méthodes les plus radicales pour refroidir un PC consiste à utiliser le refroidissement liquide. Les liquides ont une capacité à transporter la chaleur bien plus importante que l'air. Quand le processeur rencontre des problèmes de chaleur, il peut être intéressant, voire nécessaire, d'envisager ce refroidissement liquide pour dissiper la chaleur produite, notamment dans les espaces restreints et confinés.

Plusieurs formes de refroidissement liquide sont proposées, parmi lesquelles :

- les caloducs;
- le refroidissement à eau;
- la réfrigération.

Toutes ces solutions utilisent un liquide ou la vapeur pour absorber la chaleur du processeur ou d'autres composants et l'entraîner vers un échangeur de chaleur qui la dissipe dans l'air. C'est pourquoi tous les systèmes de refroidissement par liquide contiennent également un système de refroidissement par air qui se contente de déplacer l'échange de chaleur en un autre endroit. De même, l'échangeur de chaleur (le radiateur) employé peut être sensiblement plus volumineux que les modèles fixés directement sur le processeur ou un module, ce qui explique en partie les excellentes performances en termes de refroidissement de ces systèmes par liquide.

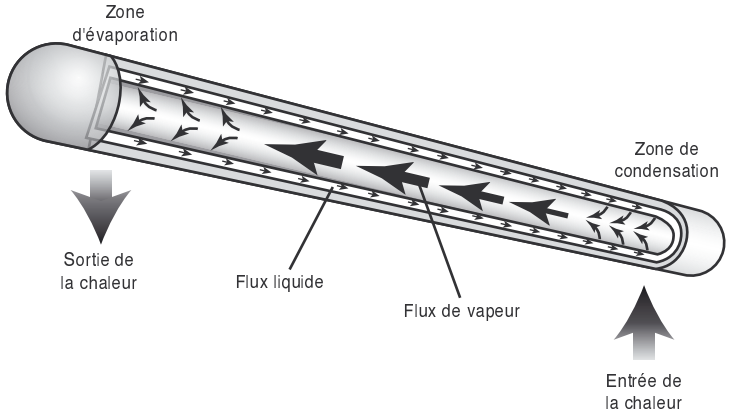
Les caloducs sont la seule solution pouvant être mise en pratique pour un prix raisonnable dans un PC ordinaire. Le refroidissement à eau et tout particulièrement la réfrigération sont réservés à ceux qui pratiquent un overclocking extrême, qui acceptent de dépenser beaucoup d'argent et de s'accommoder de tous les inconvénients de ces deux solutions.

Caloducs

Les caloducs ont été inventés par George Grover au Laboratoire de Los Alamos en 1963. Pour simplifier, disons qu'un caloduc est un conducteur thermique conçu pour déplacer efficacement la chaleur d'un endroit à un autre.

Un caloduc est constitué d'un tube scellé hermétiquement qui incorpore une fine structure de mèche doublant les parois intérieures avec un espace au centre. Lors de la fabrication, le vide est fait dans le tube, puis ce tube est partiellement rempli d'un liquide spécial avant d'être scellé. Le type de fluide utilisé et le vide dans le tube permettent au liquide de bouillir à des températures relativement basses. Lorsque le caloduc est chauffé, le fluide passe de l'état liquide à celui de vapeur, absorbant l'énorme chaleur dégagée par le processeur. La vapeur circule ensuite dans le creux vers l'autre extrémité du caloduc où elle se condense, redevenant liquide et relâchant la chaleur absorbée. Ce liquide retourne enfin à l'autre extrémité au travers de la structure de mèche, par capillarité, et l'opération recommence (voir Figure 18.15).

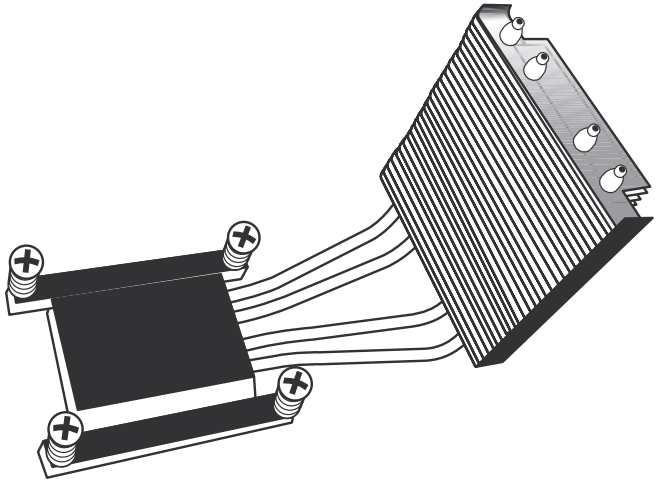
Figure 18.15
La structure interne et le fonctionnement d'un caloduc.



Le principe des caloducs repose sur la transformation (transition de phase) d'un liquide en gaz pour absorber la chaleur, puis sur la transformation de ce gaz en liquide pour restituer la chaleur. L'énergie requise pour le changement d'état est appelée la "chaleur latente d'évaporation". À titre d'exemple, la chaleur latente d'évaporation de l'eau est d'environ 540 cal/g. La plupart des caloducs utilisent l'eau, l'ammoniaque ou le méthanol. Le liquide en question est choisi en fonction de la plage de températures à laquelle le caloduc doit être soumis. En général, l'ébullition de l'eau se produit à 100 °C, mais dans le caloduc la pression est réduite du fait du vide partiel, si bien que la température d'ébullition est égale à la température ambiante. En raison de la chaleur de l'évaporation, un caloduc est généralement 10 000 à 10 000 fois plus conducteur au plan thermique qu'une barre de cuivre de mêmes diamètre et longueur.

Un caloduc ne peut pas fonctionner tout seul. Il doit être fixé d'un côté sur le processeur ou tout autre périphérique produisant de la chaleur et doit pouvoir se débarrasser de la chaleur à l'autre extrémité. En général, l'extrémité de condensation est reliée à un radiateur conventionnel, souvent équipé d'un ventilateur. La Figure 18.16 illustre un dissipateur thermique avec caloduc installé dans les mini-PC de Shuttle.

Figure 18.16
Système de quatre caloducs pour le refroidissement du processeur.



Dans cet exemple, un ventilateur serait monté sur le panneau arrière et soufflerait au travers des ailettes placées à l'extrémité des caloducs.

Les caloducs offrent de nombreux avantages. Scellés et ne disposant d'aucun élément mobile, ils ne nécessitent aucune maintenance et ne subissent aucune usure. Avec une bonne conception, ils supportent même le gel ; toutefois, dans ces circonstances, ils ne fonctionneraient pas correctement tant que le fluide ne serait pas à l'état liquide. Les caloducs sont aussi très compacts et parfaits pour les systèmes de très petite taille, ce qui explique que la plupart des portables soient refroidis par des caloducs depuis le début des années 1990. Les caloducs sont également souvent utilisés pour les systèmes de refroidissement des chipsets et des régulateurs de tension sur les systèmes haute perfor-

mance, car ils permettent de mieux refroidir ces ordinateurs que les dissipateurs thermiques passifs ou actifs et ne sont pas soumis à une éventuelle défaillance du ventilateur. Certains modèles de cartes mères intègrent désormais les caloducs, et des kits de conversion sont disponibles pour d'autres cartes mères. La Figure 18.17 montre la carte mère d'un ordinateur de bureau haute performance dont le chipset est refroidi par des caloducs.

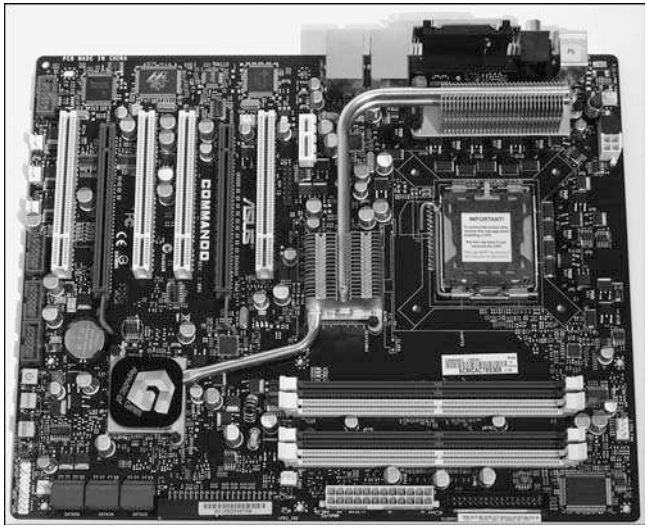


Figure 18.17
Carte mère équipée d'un caloduc pour le refroidissement du chipset et des régulateurs de tension.

Les caloducs sont non seulement une solution de refroidissement, mais peuvent également servir à améliorer les performances des dissipateurs thermiques traditionnels. L'intégration de caloducs dans un dissipateur classique améliore considérablement la distribution thermique dans le dissipateur. La Figure 18.18 montre un radiateur équipé de deux caloducs pour un meilleur transfert de la chaleur du bas du radiateur vers le haut.

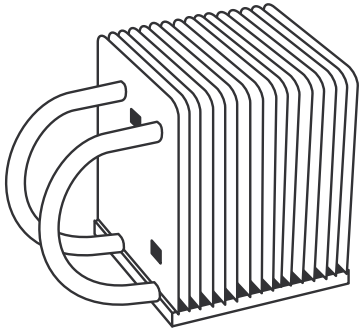


Figure 18.18
Un dissipateur équipé de caloducs pour améliorer la distribution de la chaleur et les performances thermiques.

De tous les mécanismes de refroidissement liquide, les caloducs représentent la solution la plus prometteuse pour les ordinateurs de bureau du futur.

Refroidissement par eau

Le refroidissement par eau est un principe apparemment simple, mais beaucoup plus complexe à mettre en pratique qu'il n'y paraît. L'idée est de faire circuler de l'eau sur le processeur ou un autre composant de manière à les refroidir. Mais la réalisation pratique est un peu plus complexe, ce qui fait du refroidissement par eau une solution onéreuse, difficile à mettre en œuvre et applicable uniquement à des situations extrêmes.

Le refroidissement par eau fait intervenir plusieurs composants :

- **Des blocs d'eau.** Montés sur le processeur et parfois sur la carte graphique ou le chipset North Bridge, ce sont en général des blocs de métal parcourus par des conduites d'eau et dotés de prises pour y connecter des tuyaux.
- **Des prises et des tuyaux.** Ils permettent d'interconnecter tous les composants du système.
- **Un réservoir.** C'est lui qui fournit l'eau de refroidissement des composants et qui permet le refroidissement de l'eau avant qu'elle ne retourne dans le circuit.
- **Une pompe.** Elle est chargée d'assurer le déplacement de l'eau dans le système.
- **Un liquide.** En général de l'eau, pompée et envoyée dans le système. Certains systèmes utilisent des plaques à effet Peltier (aussi appelé effet thermoélectrique) pour refroidir l'eau et créer un système de refroidissement réfrigéré (pour le processeur et les autres composants connectés au système de refroidissement seulement).

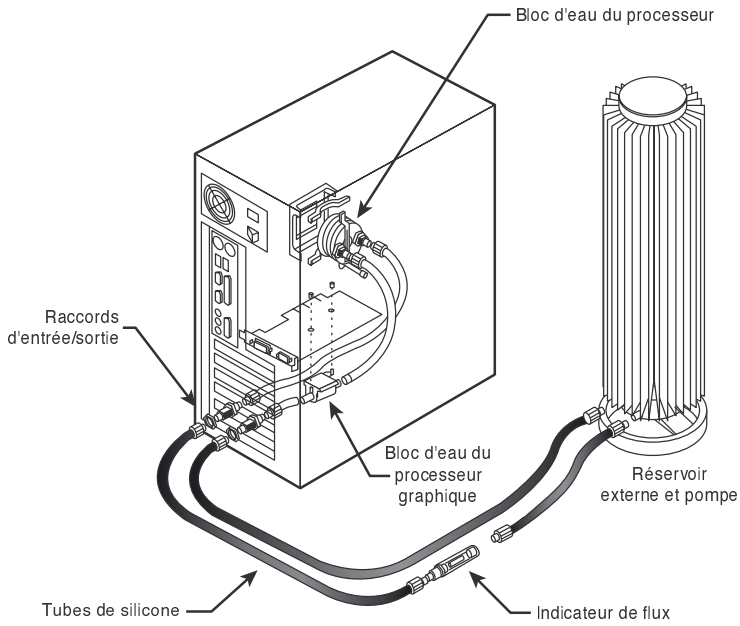
La Figure 18.19 illustre le principe du refroidissement par eau avec un réservoir externe et une pompe.

Certains systèmes font appel à un réservoir et une pompe installés dans le PC, au-dessus, derrière ou sur le côté. L'installation de ces éléments dans le PC peut poser problème car il leur faut un espace additionnel.

Si les systèmes de refroidissement par eau offrent une énorme capacité de refroidissement, ils peuvent aussi être difficiles à maintenir et à utiliser. Leur principal inconvénient est la nécessité d'installer une pompe pour assurer la circulation de l'eau. Si cette pompe tombe en panne, le PC risque fort de surchauffer. Par ailleurs, l'eau a tendance à corroder la pompe, les blocs et les réservoirs, sans parler des problèmes d'algues ou de contamination. Enfin, chaque prise de tuyau est une source potentielle de fuite ; si l'eau s'écoule dans le PC, elle peut provoquer des dégâts irréparables. Les systèmes de refroidissement par eau présentent aussi des inconvénients en matière de maintenance, cette dernière devant être effectuée à intervalles réguliers pour éviter les problèmes.

Les contaminations et la corrosion sont les problèmes majeurs des systèmes de refroidissement par eau. Beaucoup de personnes utilisaient au début de l'eau ordinaire qui, de notoriété publique, est un facteur de contamination et de corrosion à court terme. La meilleure solution consiste à utiliser un liquide de refroidissement semblable à celui employé pour les radiateurs de voiture, car les liquides

Figure 18.19
Le système de refroidissement à eau Zalman avec pompe et réservoir externes.



à base d'éthylène et de glycol ont des additifs empêchant la corrosion et garantissant la durabilité. Cela étant, le liquide doit être renouvelé régulièrement, et les blocs, le réservoir et la pompe inspectés pour détecter une éventuelle corrosion ou contamination. Il en va de même des connecteurs des tuyaux, afin de prévenir les fuites.

Un bon système de refroidissement à eau peut coûter plusieurs centaines d'euros ; c'est donc une solution beaucoup plus onéreuse que le refroidissement à air ou les caloducs. Mais il peut aussi avoir un effet esthétique, certains utilisant des tuyaux translucides et des liquides colorés pour jouer de l'effet visuel.

Du fait de son coût, des exigences de maintenance, du risque potentiel de panne et de la taille de l'ensemble des composants, le refroidissement à eau n'est véritablement conseillé que dans des situations où l'overclocking extrême et l'expérimentation sont de mise. Ce n'est certes pas demain que l'on trouvera cette solution dans les PC du commerce destinés aux particuliers.

Technologie avancée de refroidissement par liquide Intel (ALCT)

Les processeurs émettant le plus de chaleur peuvent générer jusqu'à 130 W de TDP (*Thermal Design Power*, ou enveloppe thermique) et exigent d'utiliser des dissipateurs thermiques dont la résistance thermique maximale est de 0,13 °C/W. La plupart des dissipateurs thermiques haut de gamme qui atteignent ce niveau de performances utilisent des caloducs ou une solution de refroidis-

sement liquide classique. Toutefois, l'utilisation d'un liquide de refroidissement conventionnel s'accompagne de nombreux problèmes en termes de fiabilité et de maintenance, si bien que plusieurs constructeurs de dissipateurs thermiques ont cherché à développer des méthodes simples de refroidissement liquide capables de durer plusieurs années sans nécessiter d'entretien ou très peu. Intel a proposé une solution de ce type que plusieurs grands fabricants de dissipateur thermique ont ensuite suivie avec différentes modifications.

Cette nouvelle conception, baptisée ALCT (*Advanced Liquid Cooling Technology*, technologie avancée de refroidissement par liquide) par Intel, consiste en un dissipateur thermique refroidi par liquide se suffisant à lui-même, scellé et ne nécessitant aucun entretien. Cette technologie se compose des éléments suivants : une pompe intégrée et une plaque de refroidissement couplées à un échangeur de chaleur (radiateur) équipé d'un ventilateur de 120 mm. Le radiateur et la pompe sont reliés de façon permanente par des tuyaux en caoutchouc souple. La pompe et la plaque de refroidissement sont totalement intégrées et entièrement étanches. La turbine interne est alimentée par un moteur par couplage magnétique et ne nécessite pas d'utiliser de joints d'étanchéité. L'ensemble est rempli de liquide de refroidissement à l'usine et scellé de façon à ne nécessiter aucun entretien. La référence pour la conception permet d'obtenir une résistance thermique de 0,13 ˚C/W, ce qui est suffisant pour les processeurs émettant le plus de chaleur. La Figure 18.20 illustre un exemple de conception ALCT.

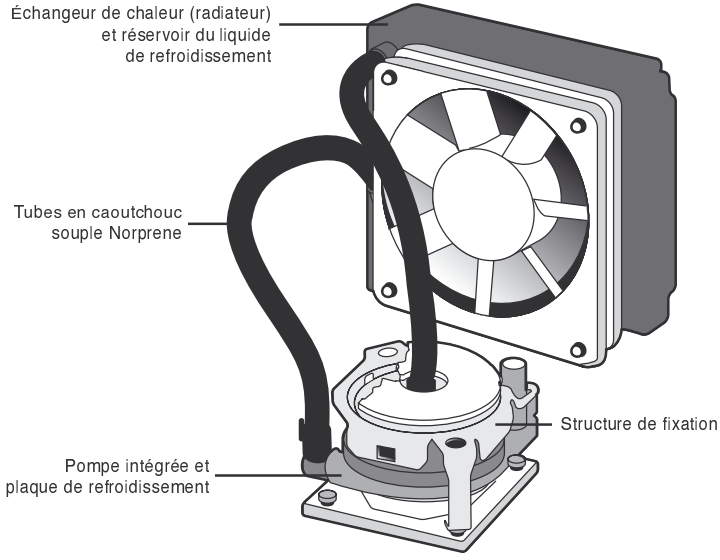


Figure 18.20
Système de refroidissement par liquide ALCT (*Advanced Liquid Cooling Technology*). La conception ALCT utilisant des dissipateurs thermiques scellés et sans entretien, le refroidissement liquide pourrait se généraliser sur les ordinateurs grand public de demain.

Réfrigération

À l'extrême des techniques de refroidissement, la réfrigération permet de rafraîchir un processeur ou tout autre composant à une température inférieure à celle ambiante, avec possibilité d'explorer et de tester ainsi les limites de l'overclocking et des performances. Lorsqu'il est refroidi à –40 ˚C, un

processeur peut travailler entre 33 et 100 % plus vite que la fréquence annoncée. Malheureusement, ce gain de vitesse a un prix : la réfrigération est une solution très onéreuse.

En raison de ce coût, seules quelques rares entreprises offrent des châssis réfrigérés, notamment KryoTech, nVENTIV et Asetek. En 1996, KryoTech a commercialisé le premier PC réfrigéré. Malheureusement, le coût de fabrication et les faibles volumes vendus ont amené cette société à arrêter la production de ce châssis en 2002. nVENTIV (**www.nventiv.com**) a été fondée en 2000 sous le nom de Chip-Con et a également proposé des châssis réfrigérés avant de cesser son activité en 2004. Kit Tronics (**www.kit-tronics.com**) commercialise des châssis intégrant le système de refroidissement NVENTIV. Asetek (**www.asetek.com**) utilise le gaz de refroidissement R134a (tétrafluoroéthane) pour son châssis VapoChill et son dissipateur thermique actif VapoChill Micro qui ne refroidit que le processeur.

L'élément principal d'un refroidissement à –40 ˚C du processeur est le bloc CPU, qui non seulement réfrigère le processeur mais empêche la formation de condensation. Une isolation et un scellage parfaits sont les clés de la réussite. Il est possible d'acheter un châssis complet ou simplement l'unité de refroidissement (voir Figure 18.21), à monter dans un PC ordinaire. Ces solutions de refroidissement coûtant entre 800 et 1200 €, ce n'est donc pas une mince affaire, mais si vous cherchez à avoir le PC ultime, le plus rapide, et que vous envisagiez un overclocking poussé à l'extrême, la seule façon d'y parvenir est la réfrigération.

Les châssis thermiquement avantagés

Avec des processeurs dégageant de plus en plus de chaleur, certaines innovations récentes dans la conception des châssis ont permis le refroidissement correct des processeurs les plus rapides, sans qu'il soit besoin de dépenser des fortunes pour des ventilateurs additionnels ou des solutions de refroidissement onéreuses.

Les alimentations des PC ont de tout temps été équipées d'un ventilateur. Il y a quelques années, ce ventilateur assumait seul la charge du refroidissement non seulement de l'alimentation, mais aussi de l'ensemble du système, y compris le processeur. En fait, les PC antérieurs au 486 n'étaient même pas équipés de radiateur sur le processeur, car ce dernier ne générait que quelques watts de chaleur. Les dissipateurs passifs sont devenus la norme sur les processeurs avec le modèle 486DX2 en 1992, avec une dissipation de l'ordre de 5,7 W. Les dissipateurs actifs ont commencé à apparaître sur les processeurs Pentium vendus en boutique (appelés processeurs Overdrive) et sont devenus la norme avec les Pentium II et III ainsi que les modèles AMD Athlon en 1997. La plupart des châssis jusqu'à cette époque n'étaient pas équipés de ventilateurs de refroidissement, à l'exception du ventilateur de l'alimentation.

Les ventilateurs de châssis sont devenus populaires dans les systèmes OEM au milieu des années 1990, car ces derniers utilisaient en général des dissipateurs passifs peu onéreux sur le processeur. Il était plus efficace de mettre en place un ventilateur de châssis pour refroidir le boîtier et le processeur et de réduire le coût en faisant appel à un radiateur passif (sans ventilateur) placé sur le proces-

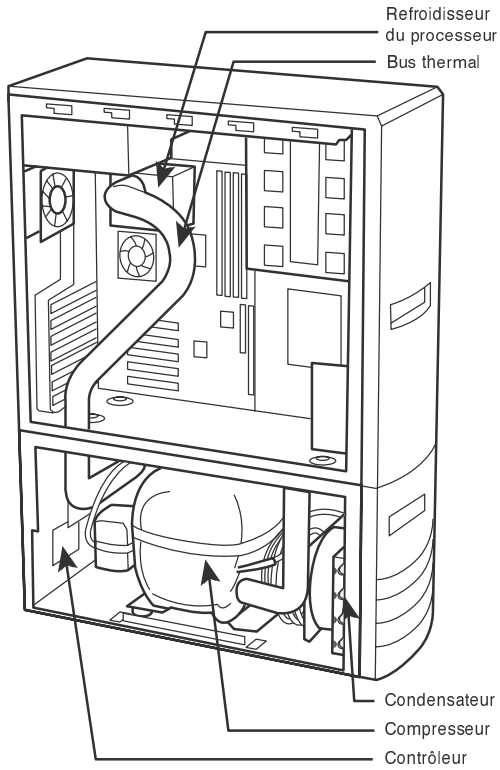


Figure 18.21
Système de refroidissement par réfrigération Lightspeed d'Asetek.

seur. En 2000, avec le Pentium 4 sont apparus les systèmes à radiateur de processeur actif (avec ventilateur) et ventilateur de châssis. Les systèmes les plus modernes contiennent trois ventilateurs : un dans le bloc d'alimentation, un sur le radiateur actif sur le processeur et un à l'arrière du châssis. Certains sont même dotés de ventilateurs supplémentaires, mais les trois ventilateurs sont aujourd'hui la solution la plus courante et la plus rentable.

Malheureusement, avec les processeurs haute performance, qui dépassent les 100 W de puissance thermique, il est devenu impossible pour un châssis de conception standard de refroidir un système sans faire appel à des ventilateurs supplémentaires ou à des systèmes de refroidissement liquide plus exotiques (et plus onéreux). Une innovation mineure en matière de conception de châssis a vu le jour et permet désormais de refroidir des processeurs consommant plus de 100 W dans un système à trois ventilateurs, sans un quelconque ajout.

Comme nous l'a montré la formule évoquée précédemment, la consommation énergétique du processeur est proportionnelle à sa fréquence et au carré du voltage consommé. Si les voltages des processeurs ont diminué, les fréquences ont pour leur part augmenté beaucoup plus rapidement, au point que la consommation énergétique dépasse aujourd'hui la barre des 120 W. Pour lutter contre la chaleur, les fabricants de radiateurs ont amélioré significativement l'efficacité des radiateurs de

processeurs au cours des 10 ou 15 dernières années. Les radiateurs proposés aujourd'hui offrent une résistance thermique de l'ordre de 0,33 ˚C/W, ou moins. Malheureusement, les radiateurs à air conventionnels atteignent peu à peu leurs limites.

Une des méthodes bon marché pour améliorer les performances des radiateurs et autres dissipateurs consiste à réduire la température ambiante autour du processeur, ce qui revient à abaisser la température de l'air qui pénètre dans le radiateur. Pour que soit assuré un refroidissement correct des processeurs en cartouche, Intel et AMD spécifient des limites de température pour l'air entrant dans le ventilateur du radiateur. Si la température de l'air entrant dépasse la limite fixée, le radiateur ne sera pas en mesure de refroidir correctement le processeur. Les circonstances exceptionnelles sont néanmoins prises en compte : en effet, tous les systèmes et radiateurs modernes sont conçus pour fonctionner correctement à une température extérieure ambiante, dans la pièce, de l'ordre de 35 ˚C. Cela signifie que, en général, les PC sont conçus pour travailler jusqu'à cette température. Dans des environnements plus chauds, des systèmes de conception plus particulière sont requis. Le Tableau 18.2 montre les températures maximales de l'air à l'entrée du radiateur pour les divers processeurs équipés de radiateurs installés en usine.

Tableau 18.2 : Températures maximales de l'air à l'entrée du radiateur pour divers processeurs

empérature ambiante	Température max. de l'air à l'entrée du radiateur	Type de processeur
35 ˚C	45 ˚C	AMD K6, Pentium I, II, III
35 ˚C	42 ˚C	AMD Athlon, XP, 64, 64 FX
35 ˚C	40 ˚C	Pentium 4 Willamette, Northwood
35 ˚C	38 ˚C	Pentium 4 Northwood 3 GHz+, Prescott 2,4 GHz+, Core 2 Duo, Core 2 Extreme Quad Core

Comme vous pouvez le constater, les exigences des processeurs en matière de refroidissement ont augmenté pendant des années. Mais ces exigences restent stationnaires depuis qu'Intel et AMD cherchent à gagner de la puissance grâce à une meilleure conception de leurs puces plutôt qu'en augmentant uniquement leur vitesse d'horloge. Les processeurs actuels les plus exigeants requièrent une température interne dans le châssis de 38 ˚C au maximum, même si le système est placé dans une pièce où règne une température de 35 ˚C. L'augmentation de température en interne, ou préchauffage de l'air dans le système, est causée par le dégagement de chaleur des composants tels que les chipsets de la carte mère, les cartes graphiques, la mémoire, les régulateurs de tension, les lecteurs de disques et tous les autres composants générant de la chaleur (y compris le processeur proprement dit). En dépit de tous ces producteurs de chaleur, les spécifications de bon nombre de processeurs récents imposent une température de l'air dans le boîtier autour du radiateur qui ne dépasse pas de plus de 3 ˚C la température ambiante. D'où l'importance du refroidissement du châssis.

Les châssis conventionnels sont incapables de maintenir un si faible différentiel entre la température dans le châssis et l'air ambiant. La seule façon d'y parvenir est d'ajouter un nombre excessif de ventilateurs au système, d'où une augmentation des coûts et du niveau sonore. Beaucoup de systèmes avec une multitude de ventilateurs placés devant, derrière ou sur les côtés ne sont pas en mesure de maintenir une température à ce niveau au voisinage du radiateur. Par chance, une solution simple a été mise au point pour résoudre ce problème, pour un coût dérisoire et sans adjonction de ventilateur. Et la bonne nouvelle est que cette solution est applicable à la plupart des châssis existants pour moins de 10 € et que son installation est un jeu d'enfant.

Intel et AMD ont tous deux publié des documents décrivant les caractéristiques thermiques de leurs processeurs, des guides fournissant des idées de systèmes de refroidissement et ont présenté des conceptions de châssis susceptibles de favoriser le refroidissement. Les châssis spécialement mis au point pour améliorer le refroidissement des processeurs en maintenant une température de 38 ˚C ou moins à l'entrée du processeur ou du radiateur sont souvent appelés châssis thermiquement avantagés. Le recours à un châssis thermiquement avantagé permet au processeur de conserver une température acceptable même dans des circonstances environnementales extrêmes et aide à réduire les nuisances sonores. Les processeurs et les châssis les plus modernes intègrent des systèmes de refroidissement capables d'ajuster la vitesse du ventilateur. Si la température reste sous les limites spécifiées, le ventilateur tourne à vitesse réduite, diminuant d'autant le niveau sonore. Si la température augmente, le ventilateur accélère et le bruit augmente. En principe, les châssis thermiquement avantagés contribuent à ce que les ventilateurs maintiennent une vitesse réduite, d'où un fonctionnement plus discret.

Pour répondre aux exigences des châssis thermiquement avantagés, il est recommandé de tenir compte des spécifications suivantes :

- acceptation des cartes mères aux standards industriels ATX, Micro-ATX ou Flex-ATX;
- acceptation des alimentations aux standards industriels ATX, SFX ou TFX avec ventilateur intégral d'extraction;
- utilisation d'un couvercle latéral amovible avec un aéroduc ajustable pour le processeur et une ouverture pour le refroidissement des cartes adaptatrices (voir Figures 18.22 à 18.24);
- équipement d'un ventilateur principal d'extraction de 92 mm ou plus et d'un ventilateur frontal optionnel de 80 mm (excluant tout ventilateur dans l'alimentation).

En raison des avantages offerts par les châssis thermiquement avantagés, et ce pour un coût très faible, nous recommandons vivement d'y prêter attention lors de l'achat ou de la construction de votre prochain système.

Aéroduc vers le processeur

La dernière avancée en matière de conception de boîtier est l'adjonction d'un conduit d'air orienté directement sur le processeur. Un tel guide est appelé "aéroduc" ou "guide d'air de boîtier; le radiateur du processeur peut ainsi bénéficier directement de l'air extérieur, d'où une amélioration significative des performances thermiques du radiateur de processeur et le respect de l'exigence que l'air

arrivant au radiateur soit d'une température maximale de 38 °C. Les spécifications pour ces aéroducs, ainsi que pour les orifices additionnels dans le panneau latéral pour les cartes adaptatrices telles que la carte graphique, sont énoncées dans une norme officielle appelée "Chassis Air Guide Design Guide", publiée à l'origine en mai 2002 et révisée en septembre 2003. Ce guide, disponible sur le site web d'Intel, détaille les dimensions et emplacements de l'aéroduc, ainsi que d'autres caractéristiques du système. La Figure 18.22 montre un boîtier tour type avec l'aéroduc installé sur le panneau latéral.

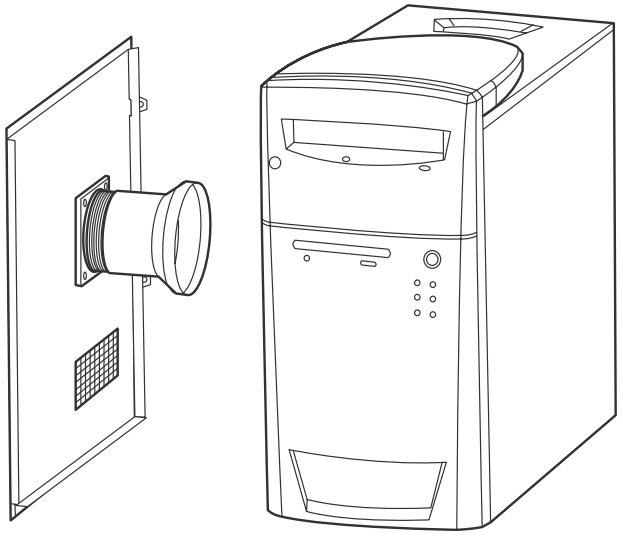


Figure 18.22
Un châssis thermiquement avantagé disposant d'un aéroduc pour le processeur et d'un orifice d'aération pour les cartes d'extension dans le panneau latéral.

L'aéroduc de processeur est avant tout un tube placé directement au-dessus du radiateur de processeur, grâce auquel ce dernier peut puiser l'air frais à l'extérieur du boîtier. Vu de côté, l'aéroduc est en principe couvert d'une grille ou d'un couvercle perforé. La Figure 18.23 montre l'aéroduc du processeur et l'orifice d'aération pour les cartes d'extension sur le panneau latéral.

L'aéroduc est la partie la plus importante de la conception des châssis thermiquement avantagés, et le positionnement de ce conduit est déterminant pour les performances du système. Il doit être centré sur le radiateur du processeur et placé de manière que l'extrémité de l'aéroduc soit entre 12 et 20 mm du haut du radiateur. Ainsi, le radiateur aspire uniquement l'air frais de l'extérieur du boîtier et l'air se répand sur d'autres parties du système. La Figure 18.24 en montre le principe.

La taille, la forme et les dimensions du châssis pouvant varier, le guide "Chassis Air Guide Design Guide" détaille le positionnement de l'aéroduc ainsi que l'orifice d'aération des cartes d'extension pour une carte mère de norme ATX.

Figure 18.23
Vue latérale de l'aéroduc du processeur et de l'orifice d'aération des cartes d'extension.

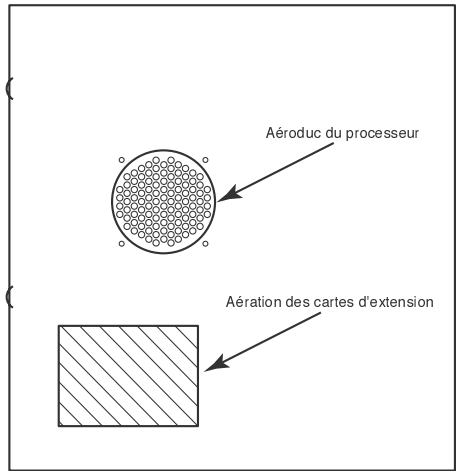
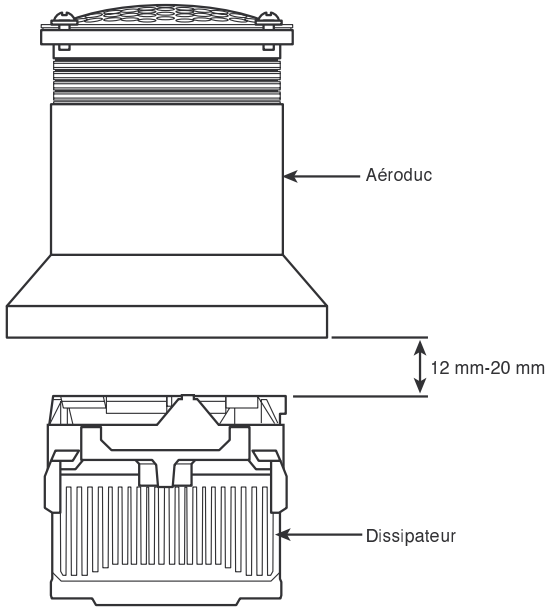


Figure 18.24
Positionnement de l'aéroduc du processeur par rapport au dissipateur thermique.



L'effet de l'aéroduc est notable dans le fonctionnement du système. Dans une étude menée par Intel, des ingénieurs ont testé un système sous Windows XP avec un processeur Pentium 4 à 3 GHz, une carte mère D865PERL, une carte graphique GetForce4, une mémoire vive DDR400, un disque dur, un lecteur de CD-ROM, une carte son et deux ventilateurs de 80 mm montés à l'avant et à l'arrière. L'ordinateur était placé dans une pièce à la température ambiante de 25 °C. Les résultats du test sont fournis au Tableau 18.3.

Tableau 18.3 : Test réalisé par Intel sur les effets de l'aéroduc

	Sans aéroduc	Avec aéroduc
Température d'entrée du processeur	35 °C	28 °C
Vitesse du ventilateur de processeur	4050 tr/min	2810 tr/min
Niveau sonore	39,8 dB	29,9 dB

Comme vous pouvez le constater, ajouter un aéroduc a réduit la température du processeur de 7 °C tout en permettant au ventilateur de fonctionner à sa vitesse la plus basse. En conséquence, le processeur chauffe moins, la durée de vie du ventilateur augmente et le niveau sonore baisse. Même avec les deux ventilateurs déjà en place d'origine dans le boîtier, l'aéroduc fait une différence énorme.

En choisissant un châssis thermiquement avantagé, vous avez la garantie de travailler avec un processeur plus frais même dans les pires conditions, sans parler de l'allongement de la durée de vie du ventilateur du radiateur et de la plus grande discrétion de votre système.

Modification du boîtier : adjonction d'un aéroduc

Maintenant que vous voilà convaincu de l'intérêt que procure un châssis thermiquement avantagé avec aéroduc pour la construction ou l'achat de votre prochain PC, voyons ce que nous pouvons faire pour votre PC actuel. Par chance, il existe une modification extrêmement simple que vous pouvez apporter à votre système. Contrairement aux modifications purement esthétiques, celle-ci sera extrêmement avantageuse pour votre PC et améliorera son fonctionnement et ses performances plutôt que son aspect extérieur.

Selon les spécifications du guide "Chassis Air Guide Design Guide", cette modification semble parfaite pour un ordinateur existant tant les avantages sont évidents. Un processeur qui chauffe moins est un processeur qui se porte mieux, ce qui se répercute sur l'ensemble du système. Si vous envisagez un overclocking, cette modification améliorera la capacité de refroidissement de votre radiateur, et vous n'aurez pas besoin de le remplacer.

La solution la plus simple et la moins chère ne se trouve pas dans les magasins informatiques mais au rayon plomberie des magasins de bricolage ! Même si cela paraît curieux, deux éléments suffisent pour installer un aéroduc sur un ordinateur en respectant les spécifications du "Chassis Air Guide Design Guide 1.1" et obtenir un châssis thermiquement avantagé :

Pièce	Prix
Un bouchon d'écoulement de douche de 5 cm en PVC	5 €
Un raccord en caoutchouc souple de 10 cm pour tuyau de descente	2 €
Total	7 €

Vous trouverez ces pièces, présentées à la Figure 18.25, dans tous les magasins de bricolage.

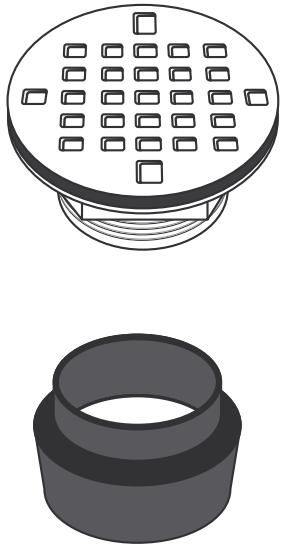


Figure 18.25
Le bouchon d'écoulement et le raccord en caoutchouc.

L'aéroduc est d'une simplicité extrême : il se compose exclusivement de ces deux éléments. Le raccord en caoutchouc prend place sur le bouchon d'écoulement et peut être ajusté, voire coupé, pour se retrouver à bonne distance du radiateur du processeur.

Pour installer l'ensemble, procédez comme suit :

1. Retirez le panneau latéral du boîtier. Placez une bande de masquage tout autour du panneau de manière à éviter de l'égratigner lors du perçage de l'orifice.
2. Tracez une marque directement au-dessus de la position du radiateur du processeur.
3. Avec une scie cloche, découpez une ouverture d'environ 82,5 mm dans le panneau latéral, la marque représentant le centre de cette ouverture. L'orifice n'a pas besoin d'être esthétiquement parfait, car le collier du bouchon d'écoulement en PVC viendra le couvrir.
4. Prenez le bouchon d'écoulement et retirez la grille, puis le contre-écrou et le joint d'étanchéité.
5. Placez le bouchon dans l'orifice et revissez le contre-écrou.
6. Placez le raccord en caoutchouc sur le bouchon d'évacuation.
7. Remettez le panneau avec son aéroduc en place et regardez par l'orifice pour juger de l'orientation du flexible en caoutchouc et de la distance qui sépare son extrémité du radiateur du processeur (voir Figure 18.26).

Figure 18.26
Mesurez la distance entre l'extrémité du raccord et le radiateur du processeur.

8. Retirez de nouveau le panneau et coupez le raccord en caoutchouc à la dimension requise. L'extrémité du raccord doit se trouver à une distance comprise entre 12 et 20 mm du radiateur. Répétez au besoin les deux dernières opérations jusqu'à ce que le montage soit correct.
9. Remettez en place la grille sur le bouchon d'écoulement et fixez le panneau latéral (voir Figure 18.27).

Figure 18.27
Le panneau latéral et son aéroduc lors de la remise en place sur le boîtier.

Vous le constatez, le mode opératoire est simple. L'opération la plus délicate est le perçage de l'orifice. Mais même cela n'est pas très compliqué, le trou n'a pas besoin d'être parfait puisque le bouchon viendra en masquer le contour.

La Figure 18.28 montre le résultat final, avec la grille en inox.

Figure 18.28
Le panneau et son aéroduc, après remise en place.

Le système utilisé disposait déjà d'un orifice d'aération pour les cartes adaptatrices et d'un ventilateur de 92 mm à l'arrière. Ainsi, par la seule adjonction de l'aéroduc, il répond désormais aux spécifications du "Chassis Air Guide Design Guide 1.1" pour les châssis thermiquement avantagés. L'ensemble est non seulement fonctionnel, mais aussi esthétique, la grille en inox donnant à l'ensemble un petit côté "industriel".

Lors du démarrage du système avec son aéroduc, nous avons immédiatement constaté que le processeur aspirait l'air au travers de l'aéroduc, et donc que la température de fonctionnement était bien moins élevée. Pas mal, non, pour 7 € et un quart d'heure de travail !

19 Les diagnostics, les tests et la maintenance

Au sommaire de ce chapitre

- Diagnostics de PC
- Logiciels de diagnostic
- Processus d'amorçage matériel
- Outils de maintenance
- Maintenance préventive
- Trucs et astuces de dépannage

Diagnostics de PC

Même si votre PC est très bien construit et que vos logiciels soient exempts de défauts, vous pouvez toujours être confronté à un problème que vous ne saurez pas résoudre. Les logiciels de diagnostic livrés vous seront d'une grande utilité quand votre ordinateur fonctionnera mal, quand vous le ferez évoluer en ajoutant un périphérique ou quand vous assemblerez un nouveau PC de A à Z. Ce chapitre passe en revue les logiciels disponibles, et surtout les utilitaires que vous possédez sans doute déjà, soit parce qu'ils sont intégrés au système d'exploitation soit parce qu'ils sont fournis avec le matériel.

Le mauvais fonctionnement d'un composant matériel peut également entraîner des problèmes qui vous obligent à ouvrir le châssis de l'ordinateur pour procéder à des réparations. Vous verrez également dans ce chapitre les outils et les logiciels de diagnostic qui vous aideront à mettre à niveau et à réparer l'ordinateur (aussi bien les outils que chaque utilisateur devrait posséder que les outils plus avancés).

Naturellement, la meilleure façon de résoudre un problème est en premier lieu de le prévoir. Les sections consacrées aux méthodes de maintenance préventive décrivent les procédures à effectuer régulièrement pour garder un ordinateur en bon état. Ce chapitre présente plusieurs types de logiciels de diagnostic qui peuvent faire partie intégrante du système d'exploitation de votre ordinateur ou se présenter sous forme d'utilitaires conçus par des éditeurs tiers. Il explique comment tirer le meilleur parti de ces logiciels et présente en détail les codes sonores et les codes d'erreur du BIOS. Il examine enfin un certain nombre de logiciels de diagnostic d'éditeurs de logiciels et du domaine public.

Logiciels de diagnostic

Il existe plusieurs types de logiciels de diagnostic pour ordinateurs compatibles PC. Certaines fonctions de diagnostic sont intégrées dans le matériel du PC ou dans les périphériques comme les cartes

d'extension, tandis que d'autres se présentent sous la forme d'utilitaires du système d'exploitation ou de programmes tiers. Ces logiciels, qui sont pour certains livrés avec les ordinateurs vendus dans le commerce, aident l'utilisateur à identifier de nombreux problèmes susceptibles de survenir sur les composants. Dans la majorité des cas, ces programmes se chargent de l'essentiel du travail qui consiste à identifier l'élément défectueux. Les différents types de logiciels de diagnostic sont les suivants :

- **Test POST.** Le test POST (*Power-On Self-Test*, autotest de mise sous tension) s'exécute chaque fois que le PC est mis sous tension. Les routines du POST sont contenues dans la mémoire ROM de la carte mère ainsi que dans celle de certaines cartes d'extension.
- **Logiciels de diagnostic des constructeurs.** La plupart des grands constructeurs, et souvent les plus renommés, tels IBM, Hewlett-Packard et Dell, proposent des logiciels de diagnostic conçus spécialement pour leurs ordinateurs. Ces logiciels consistent généralement en une série de tests qui examinent minutieusement la machine. Dans certains cas, ils sont fournis avec l'ordinateur ou peuvent être téléchargés gratuitement sur le site web du fabricant. Dans d'autres cas, vous devrez vous adresser au fabricant pour les acheter. De nombreux fabricants de PC livrent leurs ordinateurs avec une version allégée d'un logiciel du commerce personnalisé pour leurs ordinateurs. Sur certaines anciennes machines IBM et Compaq, les utilitaires de diagnostic sont installés sur une partition spéciale du disque dur et accessibles lors de la mise en route de l'ordinateur. Cette méthode était, pour le fabricant, un moyen pratique de s'assurer que les outils de diagnostic restaient toujours disponibles.
- **Outils de diagnostic des fabricants de périphériques.** Beaucoup de périphériques intègrent leurs propres routines de diagnostic. Les cartes contrôleurs SCSI d'Adaptec, par exemple, disposent de fonctions de diagnostic intégrées au BIOS et accessibles au démarrage par une combinaison de touches (Ctrl+A). En général, le CD fourni avec une carte son contient en plus du pilote un programme de diagnostic destiné à vérifier les fonctions de la carte. Les cartes réseau sont elles aussi fournies avec un logiciel de diagnostic spécial. Les autres types de cartes et de périphériques peuvent également disposer de leurs propres outils de diagnostic, le plus souvent livrés avec les pilotes du périphérique.
- **Outils de diagnostic du système d'exploitation.** Les systèmes d'exploitation, comme Windows ou Linux, proposent toute une série d'outils de diagnostic destinés à identifier les différents composants de l'ordinateur et à en vérifier les performances.
- **Outils de diagnostic d'éditeurs de logiciels.** Un certain nombre d'éditeurs commercialisent des logiciels de diagnostic polyvalents pour PC. Ces outils sont souvent regroupés avec d'autres utilitaires de maintenance pour former une boîte à outils.

Test POST

Lorsque le premier PC a été lancé en 1981, il comprenait des fonctions de sécurité : le test POST (*Power-On Self-Test*, autotest de mise sous tension) et le contrôle de parité de mémoire. À l'instar du code de correction d'erreurs (ECC), le contrôle de parité n'est plus d'actualité sur la plupart des

ordinateurs bas de gamme, mais chaque PC exécute un test POST à la mise sous tension. Cette partie de ce chapitre est consacrée au test POST. Ce test consiste en une série de routines de code inscrites dans la puce de BIOS de la carte mère, qui testent les composants principaux de l'ordinateur à sa mise sous tension. C'est cette série de routines qui retarde le démarrage au moment de la mise sous tension. Pendant tout ce temps, le test POST s'exécute avant que l'ordinateur ne charge le système d'exploitation.

Éléments testés

Lorsque l'ordinateur est mis sous tension, il effectue automatiquement une série de tests qui vérifient ses composants essentiels, que sont le processeur, la mémoire ROM, les circuits de gestion de la carte mère, la mémoire et les périphériques importants (le châssis d'extension, par exemple). Ces tests sont brefs et relativement superficiels, comparés à ceux des programmes de diagnostic du commerce. Le test POST génère des messages d'erreur ou des avertissements lorsqu'il détecte un élément défectueux.

Bien que les diagnostics opérés par le test POST ne soient pas très poussés, ils constituent la première barrière de défense de l'ordinateur, notamment pour la détection préventive de problèmes graves sur la carte mère. Lorsqu'il détecte un problème suffisamment sérieux pour empêcher l'ordinateur de fonctionner correctement, le test POST interrompt l'initialisation de l'ordinateur et génère un message d'erreur qui permet souvent d'identifier directement l'origine du problème. Les problèmes ainsi détectés sont parfois appelés "erreurs fatales", car ils empêchent le démarrage de l'ordinateur.

Comment les erreurs sont signalées

Le test POST délivre en principe trois types de messages : des codes sonores, des messages affichés à l'écran et des codes numériques hexadécimaux envoyés à une adresse de port d'entrées/sorties.

Les erreurs de test POST peuvent être signalées de trois manières :

- **Codes sonores.** Ces bips se font entendre grâce au haut-parleur relié à la carte mère.
- **Codes de contrôle POST.** Ces codes hexadécimaux sont envoyés à une adresse de port d'entrées/sorties. Une carte spéciale insérée dans un slot ISA ou PCI est alors nécessaire pour lire ces codes.
- **Messages affichés à l'écran.** Ces messages s'affichent une fois que la carte graphique s'est initialisée.

Codes sonores du test POST

Les codes d'erreur sonores ne sont employés que pour les erreurs fatales qui se produisent si tôt dans le processus d'initialisation que la carte graphique et les autres périphériques ne sont pas encore fonctionnels. Étant donné que l'écran n'est pas opérationnel, des bips se font entendre pour signaler qu'un composant est défectueux. Lorsque l'ordinateur fonctionne normalement, il émet un

bip bref au démarrage, bien que certains systèmes (comme les ordinateurs Compaq) produisent deux bips à la fin d'un test POST réussi. Lorsque, en revanche, le test POST détecte un problème, l'ordinateur émet un nombre de bips différent – combinant parfois des bips brefs et longs.

Codes de contrôle POST

Les codes de contrôle POST sont des valeurs numériques hexadécimales écrites par les routines du POST à l'adresse de port d'entrées/sorties 80h au début de chaque étape importante. Ils ne peuvent être déchiffrés qu'à l'aide d'une carte d'extension spéciale à insérer dans l'un des connecteurs de bus de l'ordinateur. Ces cartes ont, à l'origine, été conçues pour permettre aux fabricants d'ordinateurs de mettre à l'épreuve les cartes mères sans avoir à utiliser de carte graphique ni de moniteur. Plusieurs sociétés, telles que Micro 2000, Landmark, JDR Microdevices, eSupport, Ultra-X et Trinitech, fabriquent aujourd'hui des cartes de ce type pour les techniciens.

Les codes de contrôle POST peuvent servir à suivre la progression de l'ordinateur depuis la mise sous tension jusqu'au chargement du système d'exploitation. Lorsqu'une carte de test POST est insérée dans un connecteur de bus, on voit s'afficher pendant le déroulement du test POST un nombre hexadécimal à deux caractères sur le petit écran de la carte. Si l'ordinateur s'arrête prématurément ou se bloque, il suffit de noter la valeur indiquée à cet instant pour identifier l'élément défectueux.

À l'origine, la majorité des modèles de cartes de test POST se branchaient sur le connecteur 8 bits du bus ISA ou EISA. Certains anciens ordinateurs équipés du bus PCI, disposent aussi du bus ISA et peuvent donc utiliser ces cartes. Toutefois, les cartes mères des ordinateurs récents ne possèdent pas de bus ISA, si bien qu'une carte ISA n'est évidemment d'aucune utilité dans cette situation. Heureusement, les fabricants de cartes de test POST proposent également des versions PCI. Micro 2000, par exemple, propose une carte nommée Post-Probe, dotée de connecteurs ISA et PCI. PCWiz propose une carte analogue, appelée PCISA FlipPOST (voir Figure 19.1).

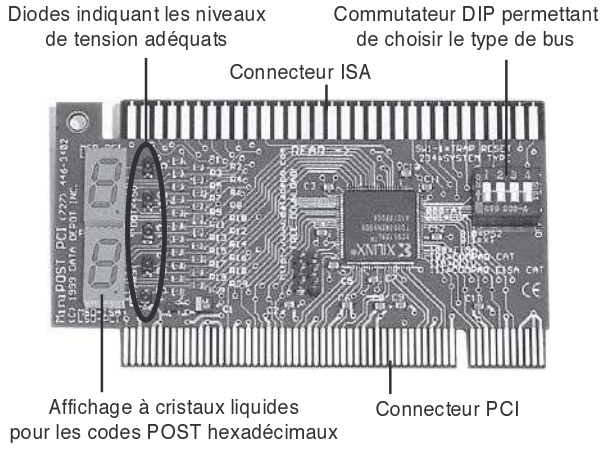


Figure 19.1
La carte de diagnostic PCISA FlipPOST fonctionne sur les bus PCI et ISA. Elle teste également les niveaux de tension de la carte mère.

Bien que ces systèmes soient rares de nos jours, sachez que les anciens ordinateurs Compaq et ceux basés sur le bus EISA peuvent utiliser un autre port d'entrées/sorties que le port 80. Les cartes POST les plus simples ne contrôlent que le port 80, mais certaines cartes disposent de commutateurs DIP ou de cavaliers permettant de configurer la carte pour qu'elle contrôle les différents ports d'entrées/sorties que ces systèmes utilisent.

Infos

Vous trouverez des listes de codes BIOS supplémentaires dans la section "Technical Reference" du CD-ROM d'accompagnement. Consultez également le Chapitre 4 pour plus d'informations sur le BIOS en général. Pensez enfin à lire la documentation de votre carte mère pour plus de détails sur les codes spécifiques à votre version de BIOS. La documentation des différentes cartes de test POST couvre la plupart des vieilles versions de BIOS ainsi que des versions récentes.

Messages affichés à l'écran

Les messages affichés à l'écran sont des libellés brefs visant à décrire une panne précise. Ils ne peuvent évidemment s'afficher qu'après l'initialisation de la carte graphique et du moniteur.

Ces différents types de messages sont dépendants du BIOS et varient d'un fabricant de BIOS à l'autre (voire d'un BIOS à l'autre chez un même fabricant). Les sections suivantes recensent les codes employés par les BIOS les plus répandus (AMI, Award, Phoenix et IBM). Consultez le fabricant de votre carte mère ou de votre BIOS pour obtenir des informations sur des codes spécifiques.

La plupart des cartes de test POST sont livrées avec une documentation recensant les codes de contrôle POST des différentes versions de BIOS. Si votre BIOS ne figure pas dans les sections suivantes, consultez sa documentation ou celle de votre carte de test POST.

Codes d'erreur de POST du BIOS AMI

Le Tableau 19.1 contient la liste des codes d'erreur sonores émis par le BIOS AMI de la société American Megatrends.

Tableau 19.1 : Codes POST sonores du BIOS AMI

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
1	Erreur de l'actualisation de la RAM	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
2	Erreur de parité de la RAM	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
3	Erreur de la mémoire 64 K de base (première banque)	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.

Tableau 19.1 : Codes POST sonores du BIOS AMI (*suite*)

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
4	Erreur du timer	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
5	Erreur du processeur	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Assurez-vous que le dissipateur thermique et le processeur sont installés correctement, démontez-les et réinitialisez-les. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.
6	Erreur du point d'entrée A20 du contrôleur de clavier	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Assurez-vous que le dissipateur thermique et le processeur sont installés correctement, démontez-les et réinitialisez-les. Remplacez le clavier, la carte mère et le processeur.
7	Erreur d'interruption du processeur	Assurez-vous que le dissipateur thermique et le processeur sont installés correctement, démontez-les et réinitialisez-les. Remplacez la carte mère et le processeur.
8	Erreur de lecture/écriture de la mémoire d'affichage	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte mère.
9	Erreur de la somme de contrôle de la mémoire ROM	Essayez de réinitialiser la puce ROM de la carte mère. Essayez de flasher le BIOS. Remplacez la carte mère.
10	Erreur de lecture/écriture du registre de fermeture de la CMOS	Remplacez la batterie CMOS. Remplacez la carte mère.
11	Mémoire cache endommagée	Assurez-vous que les paramètres de mémoire cache sont correctement configurés dans le BIOS. Remplacez la carte mère.
1 long, 3 courts	Erreur de la mémoire conventionnelle/étendue	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1 long, 8 courts	Échec du test d'affichage	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.

Codes du BIOS AMI reproduits avec l'aimable autorisation de la société American Megatrends.

Codes d'erreur POST du BIOS Award, Phoenix Award et Phoenix FirstBIOS

Phoenix Technologies est propriétaire d'Award Software depuis un certain nombre d'années mais continue de commercialiser le BIOS Award, baptisé actuellement Phoenix BIOS Award. Ce BIOS a été également nommé Phoenix FirstBIOS. Le Tableau 19.2 dresse la liste des codes de POST sonores et le Tableau 19.3 la liste des messages d'erreur de ces versions du BIOS.

Codes d'erreur POST du BIOS Phoenix

Le BIOS Phoenix a connu plusieurs versions au fil des années. Le Tableau 19.4 contient la liste des codes sonores utilisés dans les versions du BIOS Phoenix fabriqués avant 1994 et pris en charge par les processeurs 286 à 486.

Tableau 19.2 : Codes POST sonores du BIOS Award

Nombre de bips	Message d'erreur	Description
1 long, 2 courts	Erreur de la carte graphique	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
1 long, 3 courts	Erreur de la carte graphique	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
Bips continus	Erreur de la mémoire	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
Bips à haute fréquence pendant le fonctionnement de l'ordinateur	Surchauffe du processeur	Remplacez les ventilateurs qui fonctionnent trop lentement ou pas du tout. Utilisez PC Health ou le contrôle matériel du BIOS pour vérifier la vitesse du dissipateur thermique actif (ventilateur du processeur). Vérifiez les arrivées d'air. Nettoyez les entrées et les sorties d'air sales ou bouchées.
Bips répétitifs à haute et à basse fréquence	Processeur	Le processeur est mal installé, peut être endommagé ou surchauffer. Vérifiez le bon fonctionnement du dissipateur thermique actif (ventilateur du processeur). Utilisez PC Health ou le contrôle matériel du BIOS pour vérifier la vitesse du dissipateur thermique actif.

Tableau 19.3 : Messages d'erreur POST affichés à l'écran par le BIOS Award

Message	Description
BIOS ROM checksum error – System halted	La somme de contrôle du code de la puce de BIOS n'est pas correcte. Le code de BIOS a donc été endommagé. Contactez votre revendeur pour remplacer le BIOS.
CMOS battery failed	La pile du CMOS est faible ou vide. Consultez votre revendeur pour la remplacer.
CMOS checksum error – Defaults loaded	La somme de contrôle du CMOS est incorrecte. L'ordinateur charge donc la configuration matérielle par défaut. Une erreur de somme de contrôle peut indiquer que le CMOS est corrompu. Elle peut aussi être due à une pile trop faible. Contrôlez l'état de la pile et remplacez-la si nécessaire.
CPU at nnnn	Affiche la fréquence de fonctionnement du processeur.
Display switch is set incorrectly	Le commutateur d'affichage de la carte mère peut être réglé sur la position monochrome ou couleur. Ce message indique que le commutateur est paramétré sur une valeur différente de celle du Setup. Déterminez quelle valeur est la bonne, puis éteignez l'ordinateur et reconfigurez le commutateur, ou entrez dans le Setup et modifiez la sélection VIDEO.
Press ESC to skip memory test	Vous pouvez appuyer sur la touche Échap pour sauter le test de mémoire complet.
Floppy disk(s) fail	Impossibilité d'initialiser le contrôleur de lecteur de disquettes ou le lecteur lui-même. Assurez-vous que le contrôleur est installé correctement. Si aucun lecteur de disquettes n'est installé, vérifiez que l'option "Diskette Drive" du Setup est paramétrée sur NONE ou sur AUTO.

Tableau 19.3 : Messages d'erreur POST affichés à l'écran par le BIOS Award (*suite*)

Message	Description
HARD DISK initializing. Please wait a moment	Certains disques durs ont besoin d'un laps de temps supplémentaire pour s'initialiser.
HARD DISK INSTALL FAILURE	Impossibilité d'initialiser le contrôleur de disque dur ou le disque dur lui-même. Assurez-vous que le contrôleur est installé correctement. Si aucun disque dur n'est installé, vérifiez que l'option "Hard Drive" du Setup est paramétrée sur NONE.
Hard disk(s) diagnosis fail	L'ordinateur peut exécuter des routines de diagnostic spécifiques. Ce message apparaît si un ou plusieurs disques durs renvoient une erreur pendant l'exécution des diagnostics.
Keyboard error or no keyboard present	Impossibilité d'initialiser le clavier. Assurez-vous que le clavier est branché correctement et qu'aucune touche n'est enfoncée pendant le POST. Pour configurer délibérément l'ordinateur sans clavier, paramétrez l'option "Error Halt Condition" du Setup sur HALT ON ALL, BUT KEYBOARD. Le BIOS ignorera ensuite l'absence de clavier pendant le POST.
Keyboard is locked out – Unlock the key	Ce message indique généralement qu'une ou plusieurs touches ont été enfoncées pendant les tests de clavier. Assurez-vous qu'aucun objet ne repose sur le clavier.
Memory test	Ce message s'affiche pendant un test de mémoire complet. Il décompte les zones de mémoire testées.
Memory test fail	Si le POST détecte une erreur pendant le test de la mémoire, des informations supplémentaires apparaissent pour donner des détails sur la nature de l'erreur de mémoire et sur son emplacement.
Override enabled – Defaults loaded	Si l'ordinateur ne parvient pas à démarrer avec la configuration actuelle du CMOS, le BIOS peut remplacer celle-ci par un jeu de paramètres de BIOS par défaut, assurant un fonctionnement stable avec des performances minimales.
Press TAB to show POST screen	Les fabricants OEM peuvent remplacer l'écran de POST du Bios Award par leur propre écran propriétaire. L'inclusion de ce message dans l'écran OEM permet à l'opérateur de basculer entre l'écran OEM et l'écran de POST par défaut.
Primary master hard disk fail	Le POST a détecté une erreur au niveau du disque dur IDE maître primaire.
Primary slave hard disk fail	Le POST a détecté une erreur au niveau du disque dur IDE esclave primaire.
Resuming from disk, press TAB to show POST screen	Phoenix Technologies offre une fonction d'enregistrement sur le disque pour les ordinateurs portables. Ce message peut apparaître quand l'opérateur redémarre l'ordinateur après l'arrêt de l'enregistrement sur disque.
Secondary master hard disk fail	Le POST a détecté une erreur au niveau du disque dur IDE maître secondaire.
Secondary slave hard disk fail	Le POST a détecté une erreur au niveau du disque dur IDE esclave secondaire.

Tableau 19.4 : Codes POST sonores du BIOS Phoenix pour les processeurs 486 et antérieurs (avant 1994)

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
1-2	Erreur de la carte graphique	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
1-3	Erreur de lecture/écriture de la mémoire CMOS	Remplacez la batterie CMOS. Remplacez la carte mère.
1-1-4	Erreur de la somme de contrôle de la mémoire ROM	Essayez de réinitialiser la puce ROM de la carte mère. Essayez de flasher le BIOS. Remplacez la carte mère.
1-2-1	Erreur du timer	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
1-2-2	Erreur d'initialisation DMA	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
1-2-3	Erreur de lecture/écriture dans le registre DMA	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
1-3-1	Erreur de l'actualisation de la RAM	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-3-3	Erreur de la ligne de données multibits dans la mémoire RAM 64 K de base	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-3-4	Erreur de parité/logique de la mémoire 64 K de base	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-4-1	Erreur d'adresse dans la mémoire RAM 64 K de base	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-4-2	Erreur de parité de la mémoire 64 K de base	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
2-x-x*	Erreur de la mémoire 64 K de base	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
3-1-1	Erreur de registre DMA esclave	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.

Tableau 19.4 : Codes POST sonores du BIOS Phoenix pour les processeurs 486 et antérieurs (avant 1994) (*suite*)

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
3-1-2	Erreur de registre DMA maître	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.
3-1-3	Erreur du masque d'interruption maître dans le registre	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.
3-1-4	Erreur du masque d'interruption esclave dans le registre	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.
3-2-4	Erreur du contrôleur du clavier	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le processeur. Remplacez la carte mère.
3-3-4	Erreur d'initialisation de l'écran	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
3-4-1	Erreur d'affichage à l'écran	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
3-4-2	Erreur de la mémoire ROM graphique	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.
4-2-1	Erreur d'interruption du timer	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
4-2-2	Erreur de fermeture	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le clavier. Remplacez la carte mère. Remplacez le processeur.
4-2-3	Erreur de la porte A20	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le clavier. Remplacez la carte mère. Remplacez le processeur.
4-2-4	Interruption inattendue en mode protégé	Vérifiez qu'une carte d'extension n'est pas endommagée. Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
4-3-1	Erreur d'adresse RAM >FFFh	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
4-3-3	Erreur d'intervalle dans le canal 2 du timer	Vérifiez qu'une carte d'extension n'est pas endommagée. Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
4-3-4	Erreur de l'horloge RTC	Remplacez la batterie CMOS. Remplacez la carte mère.

Tableau 19.4 : Codes POST sonores du BIOS Phoenix pour les processeurs 486 et antérieurs (avant 1994) (*suite*)

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
4-4-1	Erreur du port série	Réinitialisez la configuration du port dans le BIOS. Désactivez ce port.
4-4-2	Erreur du port parallèle	Réinitialisez la configuration du port dans le BIOS. Désactivez ce port.
4-4-3	Erreur du coprocesseur mathématique	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Assurez-vous que le dissipateur thermique et le processeur sont installés correctement, démontez-les et réinitialisez-les. Remplacez le clavier, la carte mère et le processeur.
Low 1-1-2	Erreur de sélection de la carte système	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Assurez-vous que le dissipateur thermique et le processeur sont installés correctement, démontez-les et réinitialisez-les. Remplacez le clavier, la carte mère et le processeur.
Low 1-1-3	Erreur de la mémoire CMOS RAM étendue	Remplacez la batterie CMOS. Remplacez la carte mère.

* Le deuxième et le troisième code d'erreur peuvent entraîner l'émission de un à quatre bips chacun, en fonction des bits défaillants dans les premiers 64 Ko de la RAM.

Le BIOS Phoenix 4.0 (la version la plus récente étant la version 4, release 6.0) prend en charge les processeurs Pentium et ultérieurs. Les codes sonores de cette version sont indiqués au Tableau 19.5.

Tableau 19.5 : Codes POST sonores du BIOS Phoenix 4 et versions ultérieures

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
1-2-2-3	Erreur de la somme de contrôle de la mémoire ROM	Essayez de réinitialiser la puce ROM de la carte mère. Essayez de flasher le BIOS. Remplacez la carte mère.
1-3-1-1	Erreur d'actualisation de la mémoire DRAM	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-3-1-3	Erreur 8742 du contrôleur de clavier	Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez le clavier. Remplacez la carte mère. Remplacez le processeur.
1-3-4-1	Erreur d'adresse dans la mémoire	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
1-3-4-3	Erreur de données dans les premiers octets de la mémoire	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.

Tableau 19.5 : Codes POST sonores du BIOS Phoenix 4 et versions ultérieures (*suite*)

Nombre de bips	Message d'erreur	Résolution du problème
1-4-1-1	Erreur de données dans les derniers octets de la mémoire	Nettoyez les contacts de la mémoire et réinitialisez les modules. Retirez toutes les barrettes sauf celle située dans le premier connecteur. Remplacez la mémoire, l'alimentation et la carte mère.
2-1-2-3	Erreur de copyright dans la mémoire ROM	Essayez de réinitialiser la puce ROM de la carte mère. Essayez de flasher le BIOS. Remplacez la carte mère.
2-2-3-1	Interruptions inattendues	Vérifiez qu'une carte d'extension n'est pas endommagée. Vérifiez l'installation de la carte mère, cherchez les vis desserrées ou trop serrées ainsi que les objets étrangers provoquant des courts-circuits. Remplacez la carte mère.
1-2	Erreur de la carte graphique	Vérifiez l'installation de la carte graphique. Essayez de remplacer la mémoire de la carte graphique et de la réinstaller. Remplacez la carte graphique. Remplacez la carte mère.

Codes d'erreur POST du BIOS IBM

L'IBM PC AT original et les ordinateurs AT utilisaient des BIOS développés par IBM. Toutefois, les systèmes IBM plus récents utilisent des BIOS sous licence de produits d'autres constructeurs. Le Tableau 19.6 énumère les codes sonores du BIOS IBM.

Tableau 19.6 : Codes sonores du BIOS IBM

Code sonore	Description
1 bip court	POST normal – système OK
2 bips courts	Erreur POST – code d'erreur affiché à l'écran
Pas de bip	Alimentation, carte mère
Bip continu	Alimentation, carte mère
Bips courts et répétés	Alimentation, carte mère
1 bip long, 1 bip court	Carte mère
1 bip long, 2 bips courts	Carte graphique (MDA/CGA)
1 bip long, 3 bips courts	Carte graphique (EGA/VGA)
3 bips longs	Carte clavier 3270

Les codes sonores et les codes d'erreur alphanumériques sont reproduits avec l'autorisation de la société IBM.

Le Tableau 19.7 liste les codes d'erreur numériques affichés par le BIOS IBM.

Tableau 19.7 : Codes d'erreur POST affichés par le BIOS IBM

Code	Description
1xx	Erreurs de carte système
2xx	Erreurs de mémoire
3xx	Erreurs de clavier
4xx	Erreurs de carte graphique monochrome (MDA)
4xx	Erreurs de port parallèle sur système PS/2
5xx	Erreurs de carte graphique CGA
6xx	Erreurs de contrôleur de lecteur de disquettes ou de lecteur de disquettes
7xx	Erreurs de coprocesseur mathématique
9xx	Erreurs de port parallèle
10xx	Autres erreurs de port parallèle
11xx	Erreurs de communications asynchrones primaires (port série, COM1:)
12xx	Autres erreurs de communications asynchrones (port série, COM2:, COM3: et COM4:)
13xx	Erreurs d'adaptateur de contrôleur de jeu
14xx	Erreurs d'imprimante matricielle
15xx	Erreurs d'adaptateur de communications SDLC (*Synchronous Data Link Communications*)
16xx	Erreurs d'adaptateur DSEA (*Display Station Emulation Adapter*) [5520, 525x]
17xx	Erreurs de disque dur ST-506/412 et de contrôleur de disque dur
18xx	Erreurs d'unités d'extension d'entrées/sorties
19xx	Erreurs de cartes de connexion PC 3270 PC
20xx	Erreurs d'adaptateur BSC (*Binary Synchronous Communications*)
21xx	Autres erreurs d'adaptateur BSC
22xx	Erreurs d'adaptateur de clusters
23xx	Erreurs d'adaptateur de moniteur plasma
24xx	Erreurs de cartes graphiques EGA ou VGA
25xx	Autres erreurs de carte graphique EGA
26xx	Erreurs d'adaptateurs XT ou AT/370 370-M (mémoire) et 370-P (processeur)
27xx	Erreurs d'adaptateurs XT ou AT/370 3277-EM (émulation)
28xx	Erreurs d'adaptateur d'émulation 3278/79 ou d'adaptateur de connexion 3270
29xx	Erreurs d'imprimante couleur/graphique
30xx	Erreurs d'adaptateur réseau de PC primaire
31xx	Erreurs d'adaptateur réseau de PC secondaire

Tableau 19.7 : Codes d'erreur POST affichés par le BIOS IBM (*suite*)

Code	Description
32xx	Erreurs d'adaptateur de symboles d'affichage et programmés 3270 PC ou AT
33xx	Erreurs d'imprimante compacte
35xx	Erreurs d'adaptateur EDSEA (*Enhanced Display Station Emulation Adapter*)
36xx	Erreurs d'adaptateur GPIB (*General Purpose Interface Bus*)
37xx	Erreurs de carte SCSI incorporée
38xx	Erreurs d'adaptateur d'acquisition de données
39xx	Erreurs d'adaptateur PGA (*Professional Graphics Adapter*)
44xx	Erreurs d'unités de connexion d'affichage 5278 et d'affichage 5279
45xx	Erreurs d'adaptateur d'interface IEEE (IEEE-488)
46xx	Erreurs d'adaptateur ARTIC (*A Real-Time Interface Coprocessor*) multiport/2
48xx	Erreurs de modem interne
49xx	Autres erreurs de modem interne
50xx	Erreurs de LCD convertible PC
51xx	Erreurs d'imprimante portable convertible PC
56xx	Erreurs de système de communications financières
70xx	Codes d'erreurs spécifiques au BIOS Phoenix ou au chipset
71xx	Erreurs d'adaptateur de communications vocales
73xx	Erreurs de lecteur externe de 3 pouces 1/2
74xx	Erreurs de carte graphique VGA sur IBM PS/2
75xx	Erreurs de carte graphique 8514/A
76xx	Erreurs d'adaptateur PagePrinter 4216
84xx	Erreurs d'adaptateur vocal PS/2
85xx	Erreurs de l'adaptateur de mémoire XMA de 2 Mo ou erreurs d'adaptateur XMA/A
86xx	Erreurs du dispositif de pointage PS/2 (souris)
89xx	Erreurs d'adaptateur MIDI
91xx	Erreurs d'adaptateur de lecteur optique ou de lecteur optique WORM IBM 3363
96xx	Erreurs de carte SCSI avec mémoire cache (32 bits)
100xx	Erreurs d'adaptateur multiprotocole
101xx	Erreurs de modem interne 300/1200 bps
104xx	Erreurs d'adaptateur ou de disques fixes ESDI ou MCA IDE
107xx	Erreurs d'adaptateur ou de lecteur de 5 pouces 1/4 externe
112xx	Erreurs de carte SCSI (16 bits sans cache)
113xx	Erreurs de contrôleur SCSI intégré (16 bits)

Tableau 19.7 : Codes d'erreur POST affichés par le BIOS IBM (*suite*)

Code	Description
129xx	Erreurs complexes processeur (carte processeur)
149xx	Erreurs d'écran à plasma P70/P75 et d'adaptateur
152xx	Erreurs de carte graphique XGA/A
164xx	Erreurs de lecteur de bandes interne de 120 Mo
165xx	Erreurs de lecteur de bandes 6157 ou d'adaptateur
166xx	Erreurs de carte réseau Token-Ring primaire
167xx	Autres erreurs de carte réseau Token-Ring
180xx	Erreurs d'adaptateur d'assistant PS/2
185xx	Erreurs de carte graphique japonaise DBCS/A
194xx	Erreurs d'extension de mémoire 80286 ou de module de mémoire
200xx	Erreurs d'adaptateur d'images/A
208xx	Erreurs de périphérique SCSI inconnu
209xx	Erreurs de disque SCSI amovible
210xx	Erreurs de disque SCSI fixe
211xx	Erreurs de lecteur de bandes SCSI
212xx	Erreurs d'imprimante SCSI
213xx	Erreurs de processeur SCSI
214xx	Erreurs de lecteur WORM SCSI
215xx	Erreurs de lecteur de CD-ROM SCSI
216xx	Erreurs de scanner SCSI
217xx	Erreurs de lecteur magnéto-optique SCSI
218xx	Erreurs de changeur de juke-box SCSI
219xx	Erreurs de communications SCSI
243xxxx	Erreurs d'adaptateur XGA-2/A
I998xxxx	Erreurs de codes d'information DCS (*Dynamic Configuration Select*)
Code	Description
I99900xx	Erreurs d'IML (*Initial Microcode Load*)
I99903xx	Pas de périphérique d'amorçage ; erreurs d'IPL
I99904xx	Incohérence entre l'IML et l'ordinateur
I99906xx	Erreurs d'IML (amorçage)

Les codes sonores et les codes d'erreur alphanumériques sont reproduits avec l'autorisation de la société IBM.

Codes sonores et codes d'erreur IBM/Lenovo

IBM a vendu sa division informatique personnelle à Lenovo en mai 2005. Les ordinateurs récents IBM et Lenovo utilisent des codes sonores différents de l'IBM PC AT original. Le Tableau 19.8 dresse la liste de ces codes sonores.

Tableau 19.8 : Codes d'erreur affichés par le test POST du BIOS IBM/Lenovo

Nombre de bips	Description	Résolution du problème/élément à vérifier
1-1-3	Erreur de lecture/écriture CMOS	1. Exécuter le Setup
		2. Carte mère
1-1-4	Erreur de la mémoire ROM du BIOS	1. Carte mère
1-2-X	Erreur DMA	1. Carte mère
1-3-X	Erreur d'un module de mémoire	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
1-4-4	Erreur clavier	1. Clavier
		2. Carte mère
1-4-X	Erreur détectée dans les premiers 64 Ko de RAM	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
2-1-1, 2-1-2	Information de configuration non valide	1. Exécuter le Setup
		2. Carte mère
2-1-X	Échec dans les premiers 64 Ko de RAM	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
2-2-2		1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère
2-2-X	Échec dans les premiers 64 Ko de RAM	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
2-3-X	Échec de la mémoire	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
2-4-X	Échec de la configuration ou de la mémoire	1. Exécuter le Setup
		2. Module de mémoire
		3. Carte mère
3-1-X	Échec dans le registre DMA	1. Carte mère
3-2-4	Échec du contrôleur de clavier	1. Carte mère
		2. Clavier
3-3-4	Échec de l'initialisation de l'écran	1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère

Tableau 19.8 : Codes d'erreur affichés par le test POST du BIOS IBM/Lenovo (*suite*)

Nombre de bips	Description	Résolution du problème/élément à vérifier
3-4-1	Le test de traçage à l'écran a détecté une erreur	1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère
		3. Affichage
3-4-2	Le test POST recherche une mémoire ROM graphique	1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère
4	Échec de la carte graphique	1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère
Toutes les autres séquences sonores	Problème de carte mère	1. Carte mère
Un bip long et un bip court durant le test POST	Erreur dans la mémoire de base 640 Ko ou la shadow RAM	1. Module de mémoire
		2. Carte mère
Un bip long et deux ou trois bips courts durant le test POST	Erreur d'affichage	1. Carte graphique (si installée)
		2. Carte mère
Trois bips courts durant le test POST	Problème de mémoire ou de carte mère	1. Mémoire
		2. Carte mère
Bips continus	Problème de carte mère	1. Carte mère
Répétition de bips courts	Touche clavier coincée ou problème de câble	1. Touche clavier coincée ?
		2. Câble du clavier
		3. Exécuter le Setup

Les codes sonores et les codes d'erreur alphanumériques sont reproduits avec l'autorisation de la société IBM.

Comptage de la mémoire lors du POST

Sur certains PC, le test POST affiche aussi le résultat du test de mémoire. Ainsi, la dernière valeur affichée correspond à la quantité de mémoire détectée. Sur un ordinateur récent, par exemple, le test POST pourra afficher le message :

```
32768 KB OK
```

Dans la plupart des cas, le nombre affiché par le test de mémoire est censé correspondre à la quantité totale de mémoire installée sur la carte mère de l'ordinateur, mémoires conventionnelle et étendue incluses. Certains anciens ordinateurs affichent une valeur légèrement inférieure, car ils déduisent tout ou partie des 384 Ko de la mémoire supérieure (UMA, *Upper Memory Area*). Le test POST n'examine pas la RAM installée sur les cartes de mémoire paginée et n'inclut donc pas cette mémoire dans la valeur indiquée à l'écran. De plus, ce test de mémoire est effectué avant le chargement des logiciels, si bien que les nombreux gestionnaires de mémoire et les pilotes de périphériques que vous avez installés ne sont pas pris en compte dans les résultats. Si le test POST s'arrête avant le nombre correspondant à la quantité totale de mémoire, le nombre affiché indique à quel niveau de la mémoire l'erreur se situe. Ce nombre est à lui seul d'une aide très précieuse pour dépanner l'ordinateur.

Infos

De nombreux ordinateurs actuels sont configurés de telle façon qu'aucune information (et donc la quantité de mémoire) ne s'affiche pendant le démarrage. Cette valeur par défaut est parfois appelée "boot silencieux". Certains ordinateurs sont également configurés pour ne pas émettre de bip au démarrage, même en cas de problème. Pour modifier la manière dont votre ordinateur indique sa configuration ou les problèmes rencontrés au démarrage, voir le Chapitre 4, "Le BIOS".

Test des périphériques

Il existe beaucoup de logiciels de diagnostic adaptés à des matériels spécifiques. Ils peuvent être intégrés au matériel, achetés avec ou vendus séparément.

Diagnostic d'interface réseau

Beaucoup de cartes réseau ont leurs propres logiciels de diagnostic pour le test de leurs fonctions spécialisées. Certains logiciels s'exécutent sous Windows tandis que d'autres nécessitent de démarrer depuis un disque DOS. Le programme DIAG fourni avec toutes les cartes réseau Linksys effectue les tests suivants sur la carte Ethernet Linksys EtherFast 10/100 :

- test de configuration;
- test d'entrées/sorties;
- test d'identité;
- test de bouclage interne;
- test de la liaison;
- test de génération d'interruptions;
- test de fonctionnement du réseau.

Le test de fonctionnement du réseau nécessite qu'un autre nœud soit installé sur le même réseau avec une carte Linksys. Lors de l'exécution du logiciel Diag sur les deux ordinateurs, on configure une carte pour qu'elle émette des données et l'autre pour qu'elle les reçoive. L'expéditeur transmet des messages au récepteur, qui reprend les mêmes messages en retour. Si les deux cartes et le réseau fonctionnent correctement, les messages retour sont identiques aux messages transmis.

D'autres cartes réseau possèdent des tests semblables, bien que leurs noms puissent ne pas être exactement les mêmes.

Si vous ne disposez pas des pilotes ou des fichiers de diagnostic de votre carte réseau, vous pouvez normalement les télécharger gratuitement à partir du site web du constructeur de la carte.

Infos

Sous Windows XP ou Vista, pour créer une disquette de démarrage MS-DOS afin d'effectuer le diagnostic du réseau ou d'autres tests, insérez une disquette vierge dans le lecteur A:, ouvrez le poste de travail, cliquez du bouton droit sur le lecteur A: et sélectionnez Formater. Activez l'option Créer une disquette de démarrage MS-DOS, puis cliquez sur OK.

Programmes de diagnostic généralistes

Le marché propose aujourd'hui un large éventail de programmes de diagnostic professionnels pour PC conçus par des éditeurs de logiciels. Il s'agit de programmes commerciaux utilisés par les techniciens pour mettre à l'épreuve les nouveaux ordinateurs ou pour tester leurs configurations en atelier ou sur site.

La plupart des programmes de diagnostic commerciaux pour PC sont capables de tester tous les composants importants d'un PC. Il existe aussi des programmes de test de mémoire, de lecteur de disquettes, de disque dur, de carte graphique et d'autres organes encore. Nous recommandons particulièrement :

- AMIDiag Suite : **www.ami.com**;
- MicroScope : **www.micro2000.com**.

Astuces

Avant d'acheter un programme de diagnostic, examinez votre système d'exploitation. La plupart des systèmes actuels proposent au moins quelques fonctions de diagnostic également disponibles avec les programmes généralistes. Vous pouvez gagner du temps et de l'argent en les utilisant.

Il n'y a malheureusement pas de leader établi dans le domaine des logiciels de diagnostic. Chaque programme possède des avantages uniques, mais aucun ne se démarque par sa supériorité. Pour choisir un programme de diagnostic à inclure dans votre arsenal, vérifiez qu'il offre les caractéristiques dont vous avez besoin.

AMIDiag Suite, d'AMI, fait toutefois partie des outils de diagnostic les plus répandus. Il fonctionne sur tous les PC et teste la plupart des composants d'un ordinateur. AMIDiag Suite intègre une version Windows qui prend en charge les modules de diagnostic tiers ainsi qu'une version DOS qui peut être utilisée pour tester le matériel, quel que soit le système d'exploitation, à l'aide d'une disquette de démarrage DOS. Les utilisateurs d'ordinateurs OEM et les intégrateurs peuvent également acheter cette suite et d'autres composants AMIDiag séparément.

Outils de diagnostic du système d'exploitation

Le plus souvent, il n'est pas nécessaire d'acheter quoi que ce soit, car les systèmes d'exploitation sont déjà largement équipés en la matière. Windows contient un large éventail de logiciels qui vous permettent de visualiser, surveiller et dépanner le matériel installé sur un PC.

Windows XP et Vista disposent de nombreux outils, d'utilitaires et de fonctionnalités signalant les erreurs qui peuvent vous aider à déterminer la cause des problèmes. Les problèmes les plus graves peuvent être causés par la corruption des fichiers ou par des bogues logiciels, ainsi que des éléments matériels défectueux ou mal configurés, ce qui provoque souvent une erreur STOP ou l'apparition d'un écran bleu. Windows bascule alors en mode débogage. Lorsque cela se produit, Windows XP et Vista sont normalement configurés pour sauvegarder l'erreur dans un fichier dump (.dmp), ce qui peut être utile s'il s'agit d'un bogue logiciel à signaler à Microsoft. Il est cependant toujours conseillé de noter l'erreur pour disposer d'une référence en vue d'une analyse ultérieure.

Windows Vista intègre également de nouvelles fonctionnalités de diagnostic et de dépannage :

- diagnostic mémoire Windows exécuté avant l'apparition du Bureau ;
- rapports d'erreur envoyés à Microsoft et suggestion de solutions ;
- détection de l'épuisement des ressources et récupération, un élément de contrôle visant à améliorer la fiabilité.

Processus d'amorçage matériel

Le terme anglais *boot* (amorçage) représente la méthode employée par un PC pour devenir opérationnel. Le PC charge un gros système d'exploitation en commençant par charger un petit programme qui, lui, va être capable de récupérer toutes les informations du système d'exploitation pour les placer en mémoire. La chaîne d'événements débute par la mise sous tension et, à la fin de l'opération, un système informatique entièrement opérationnel est chargé et fonctionne avec tous ses logiciels. Chaque événement est déclenché par l'événement qui le précède et initie l'événement qui le suit.

En connaissant le déroulement du processus d'amorçage, vous localiserez plus aisément les problèmes, qui sont identifiés par les messages d'erreur affichés par le système lors de la survenue du problème. En présence d'un message d'erreur donné affiché uniquement par un programme précis, vous êtes assuré que le programme en question a été à tout le moins chargé, même s'il ne fonctionne que partiellement. Cette information, combinée à la connaissance de la séquence d'amorçage, vous permet de dire jusqu'à quel point la procédure s'est déroulée avant que le problème ne survienne. Il faut alors examiner les fichiers ou les zones du disque auxquels la séquence a accédé au moment de l'erreur. Les messages d'erreur affichés au cours du processus d'amorçage et ceux affichés pendant le fonctionnement normal du système peuvent être difficiles à déchiffrer. Cependant, la première étape du décodage d'un message d'erreur consiste à savoir d'où provient le message, quel programme l'a généré ou affiché. Les logiciels suivants sont capables d'afficher des messages d'erreur pendant le processus d'amorçage :

Logiciels indépendants du système d'exploitation :

- ROM BIOS de la carte mère ;
- extensions de carte de la ROM BIOS ;
- MBR (*Master Boot Record*) ;
- VBR (*Volume Boot Record*).

Logiciels dépendants du système d'exploitation :

- fichiers système ;
- pilotes de périphériques (chargés *via* le fichier CONFIG.SYS ou le fichier SYSTEM.DAT du registre Windows) ;
- programmes exécutés par AUTOEXEC.BAT, le groupe de démarrage de Windows et le registre.

La première portion de la séquence d'amorçage est indépendante du système d'exploitation. Ces étapes sont les mêmes pour tous les PC, quel que soit le système d'exploitation installé. La portion suivante est dépendante du système d'exploitation et les étapes correspondantes varient en fonction du système d'exploitation installé. La section suivante passe en revue la séquence d'amorçage pour sa partie indépendante du système d'exploitation et présente un compte rendu détaillé des nombreux messages d'erreur susceptibles de se produire au cours du processus.

Processus d'amorçage : portion indépendante du système d'exploitation

En cas de problème au démarrage de votre ordinateur, si vous êtes en mesure de déterminer dans cette série d'événements où votre système s'est bloqué, vous savez quels événements se sont déroulés normalement et savez donc qu'ils ne sont pas à l'origine du problème. Les étapes suivantes se produisent lors de l'amorçage d'un ordinateur, quel que soit le système d'exploitation que vous chargez :

1. Mise sous tension de l'ordinateur.
2. L'alimentation effectue un autotest (connu sous le nom de POST). Lorsque toutes les tensions et niveaux de courant sont acceptables, l'alimentation indique que l'énergie fournie est stable et envoie le signal Power_Good à la carte mère. Il s'écoule normalement de 0,1 à 0,5 seconde entre la mise sous tension et l'envoi du signal Power_Good.
3. La puce du timer reçoit le signal Power_Good et arrête d'envoyer un signal de réinitialisation au microprocesseur.

   ✔ Voir la section "Le signal Power_Good", p. 909.

4. Le microprocesseur commence l'exécution du code de la mémoire ROM du BIOS, à partir de l'adresse mémoire FFFF:0000. Comme cette adresse se situe à 16 octets seulement de la fin de

l'espace ROM disponible, elle contient une instruction JMP (jump, ou saut) vers l'adresse de départ de la ROM du BIOS.

✔ Voir la section "BIOS de la carte mère", p. 293.

5. Le ROM BIOS effectue un test du matériel central pour vérifier les fonctionnalités de base du système. Toutes les erreurs qui se produisent sont indiquées par des bips sonores, car le système d'affichage n'a pas encore été initialisé. Si le BIOS est Plug and Play (PnP), les étapes suivantes sont exécutées. Dans le cas contraire, il passe directement à l'étape 10.
6. Le BIOS Plug and Play contrôle la mémoire non volatile (NVRAM), les adresses du port d'entrées/sorties (E/S), les IRQ (demandes d'interruption), les canaux d'accès direct à la mémoire (DMA) ainsi que les autres paramètres nécessaires pour configurer les dispositifs PnP de l'ordinateur.
7. Tous les périphériques Plug and Play trouvés par le BIOS Plug and Play sont désactivés pour éliminer les conflits potentiels.
8. Une carte des ressources utilisées et non utilisées est créée.
9. Les périphériques Plug and Play sont configurés et réactivés l'un après l'autre. Si votre ordinateur ne possède pas un BIOS Plug and Play, les périphériques PnP sont initialisés avec leurs paramètres par défaut. Ces périphériques peuvent être reconfigurés dynamiquement au démarrage de Windows. À ce moment-là, Windows interroge le BIOS Plug and Play pour connaître les périphériques PnP, puis demande à chaque périphérique Plug and Play sa configuration.
10. Le BIOS effectue un scan des emplacements C000:0000 à C780:0000 dans la mémoire ROM vidéo à la recherche de logiciels ROM BIOS graphiques, qu'il s'agisse d'une carte d'extension ou d'un circuit graphique intégré à la carte mère. Si l'analyse détecte un ROM BIOS graphique, il vérifie sa somme de contrôle. Si le BIOS graphique passe le test de contrôle, la mémoire ROM est exécutée. Le code de la ROM graphique initialise la carte graphique et un curseur s'affiche à l'écran. Si le test de la somme de contrôle échoue, le message suivant s'affiche :

    ```
    C000 ROM Error
    ```

11. Si le BIOS ne trouve pas de ROM de carte graphique, il utilise les pilotes graphiques de la ROM de la carte mère pour initialiser le matériel d'affichage graphique, et un curseur apparaît à l'écran.
12. La ROM BIOS de la carte mère scanne les emplacements mémoire C800:0000 à DF80:0000 à la recherche de toute autre ROM située sur d'autres cartes d'extension (comme les adaptateurs SCSI). Si des ROM sont trouvées, leurs sommes de contrôle sont testées puis elles sont exécutées. Ces ROM peuvent modifier les routines du BIOS et en créer de nouvelles.
13. L'échec du test de la somme de contrôle d'une de ces ROM entraîne l'affichage du message suivant :

    ```
    XXXX ROM Error
    ```

    (`XXXX` indique l'adresse du segment du module ROM qui a échoué).

14. Le ROM BIOS vérifie la valeur du mot à l'emplacement 0000:0472 dans la mémoire, afin de voir s'il s'agit d'un démarrage à froid ou à chaud. Une valeur de 1234h indique qu'il s'agit d'un démarrage à chaud, si bien que le POST ne vérifie pas la mémoire. Toute autre valeur de mot à cet endroit indique un démarrage à froid, et le BIOS effectue alors la procédure POST complète. Certains BIOS vous permettent de contrôler divers aspects de la procédure POST; il est ainsi possible de sauter le test de mémoire, par exemple, ce test pouvant être long sur un ordinateur équipé de beaucoup de RAM.

15. Les erreurs constatées pendant le POST sont signalées par des codes sonores audio et l'affichage de messages d'erreur. La réussite du test POST est indiquée par l'émission d'un seul bip (deux bips pour certains ordinateurs Compaq).

16. La ROM BIOS recherche un secteur d'amorçage sur le cylindre 0, tête 0, secteur 1 (le tout premier secteur) du disque d'amorçage par défaut. À une époque, le premier lecteur de disquettes, ou A:, était toujours le disque d'amorçage par défaut. Cependant, le BIOS des ordinateurs actuels permet souvent de sélectionner le périphérique de démarrage par défaut et l'ordre dans lequel le BIOS recherche d'autres périphériques de démarrage si nécessaire (lecteur de disquettes, disque dur, voire même lecteur de CD-ROM). Ce secteur est chargé en mémoire à l'emplacement 0000:7C00 et testé.

    Si un disque se trouve dans le lecteur de démarrage mais que le secteur ne puisse pas être lu, ou si aucun disque n'est présent, le BIOS passe à l'étape 19.

17. Si vous démarrez à partir d'une disquette et que le premier octet du secteur d'amorçage soit inférieur à 06h, ou si le premier octet est supérieur ou égal à 06h et que les neuf premiers mots contiennent le même modèle de données, ce message d'erreur apparaît et le système s'arrête :

    ```
    602-Diskette Boot Record Error
    ```

18. Si le secteur d'amorçage ne peut pas trouver ou charger les fichiers système, ou si un problème est rencontré lors de leur chargement, l'un des messages suivants apparaît :

    ```
    Non-System disk or disk error
    Replace and strike any key when ready
    Non-System disk or disk error
    Replace and press any key when ready
    Invalid system disk_
    Replace the disk, and then press any key
    Disk Boot failure
    Disk I/O Error
    ```

    Tous ces messages proviennent du VBR (*Volume Boot Record*) et concernent le VBR ou les problèmes de système de fichier.

19. Si aucun secteur d'amorçage ne peut être lu sur le lecteur A: (si aucun disque ne se trouve dans le lecteur par exemple), le BIOS recherche alors un MBR (*Master Boot Record*, ou zone

Démarrage depuis un CD, DVD, ou une disquette

Si vous voulez démarrer à partir d'un CD-ROM ou d'un DVD-ROM, assurez-vous que le lecteur CD ou DVD apparaît avant le disque dur dans le menu de sélection des périphériques de démarrage du BIOS. Pour vous assurer que vous pouvez démarrer à partir d'un CD ou d'une disquette en cas d'urgence, nous vous conseillons de configurer le lecteur CD ou DVD comme premier périphérique de démarrage et le lecteur de disquettes comme second. Le disque dur contenant votre système d'exploitation doit être le troisième périphérique de démarrage dans la liste. Tant que vous ne chargez pas de disquette, de CD ou de DVD avant le démarrage de l'ordinateur, le BIOS contourne ces lecteurs et démarre à partir du disque dur.

Notez que tous les CD-ROM contenant le système d'exploitation ne peuvent pas servir de disque de démarrage. Ainsi, vous ne pouvez pas démarrer directement depuis le CD de Windows 95. Microsoft a rendu cette fonctionnalité possible depuis Windows 98/Me, mais uniquement pour les versions OEM (*Original Equipment Manufacturer*). Les versions boîte de Windows 98/Me ne peuvent pas être utilisées comme disque d'amorçage. C'est, en revanche, le cas des CD-ROM Windows NT 4.0, Windows 2000 et Windows XP, qu'il s'agisse des versions OEM, boîte ou des versions mises à jour. Windows Vista est livré sur un DVD de démarrage, mais est également disponible sur CD-ROM de démarrage sur demande spéciale.

Reportez-vous au Chapitre 9, "Le stockage optique", pour savoir comment créer un CD de démarrage.

d'amorce) au cylindre 0, tête 0, secteur 1 (le tout premier secteur) du premier disque dur. Si ce secteur est trouvé, il est chargé dans l'adresse mémoire 0000:7C00 et sa signature testée.

20. Si les deux derniers octets du MBR (la signature) ne sont pas égaux à 55AAh, l'interruption logicielle 18h (Int 18h) est appelée sur la plupart des ordinateurs. Le BIOS affiche alors un message d'erreur qui peut varier selon le BIOS, mais qui est souvent comparable à l'un des messages suivants :

    BIOS IBM :

    ```
    The IBM Personal Computer Basic_
    Version C1.10 Copyright IBM Corp 1981
    62940 Bytes free_
    Ok_
    ```

    La plupart des ordinateurs IBM depuis 1987 affichent un lecteur de disquettes, une disquette 3 pouces 1/2 et des flèches vous invitant à insérer une disquette dans ce lecteur et à presser la touche F1 pour continuer.

    BIOS AMI :

    ```
    NO ROM BASIC - SYSTEM HALTED
    ```

    BIOS Compaq :

```
Non-System disk or disk error
replace and strike any key when ready
```

BIOS Award :

```
DISK BOOT FAILURE, INSERT SYSTEM DISK AND PRESS ENTER
```

BIOS Phoenix :

```
No boot device available -
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

ou :

```
No boot sector on fixed disk -
strike F1 to retry boot, F2 for setup utility
```

Bien que ces messages varient d'un BIOS à l'autre, tous font référence aux octets du MBR, qui est le premier secteur d'un disque dur (cylindre 0, tête 0, secteur 1).

Ce problème concerne un disque qui n'a jamais été partitionné ou dont le MBR est corrompu. Pendant le processus de démarrage, le BIOS vérifie que la valeur des deux derniers octets dans le MBR (premier secteur du disque) portent la signature 55AAh. Si ce n'est pas le cas, une interruption 18h est appelée pour afficher un des messages d'erreur qui précèdent afin de demander à l'utilisateur d'insérer une disquette de démarrage.

Le MBR (y compris les octets de la signature) est écrit sur le disque dur par les programmes FDISK, Disk Management, ou DISKPART. Immédiatement après le formatage de bas niveau d'un disque dur, tous les secteurs sont initialisés avec un modèle d'octets et le premier secteur ne contient pas la signature 55AAh. En d'autres termes, ces messages d'erreur ROM s'affichent lorsqu'on essaie de démarrer depuis un disque dur sur lequel on vient de procéder à un formatage de bas niveau, mais qui n'a pas encore été partitionné, ou lorsque le MBR a été corrompu de telle façon que les octets de signature aient été écrasés.

21. Le MBR recherche dans sa base de données de partition un octet de démarrage indiquant une partition active.
22. Si aucune partition n'est marquée comme étant active, le BIOS appelle l'interruption logicielle 18h, qui affiche un message d'erreur (voir l'étape 20).
23. Si un quelconque octet de démarrage de la base de données de partition du MBR est invalide, ou si plus d'une partition active est signalée, le message suivant est affiché et l'ordinateur s'arrête :

```
Invalid partition table
```

24. Si une partition active est trouvée dans le MBR, le secteur d'amorçage de cette partition active est chargé et testé.
25. Si le secteur d'amorçage de la partition de démarrage ne peut pas être lu depuis la partition active après cinq tentatives, le message suivant s'affiche et l'ordinateur s'arrête :

    ```
    Error loading operating system
    ```

26. Il est ensuite recherché une signature sur le secteur d'amorçage de la partition du disque dur. Si les deux derniers octets du secteur ne portent pas la signature 55AAh, le message suivant s'affiche et l'ordinateur s'arrête :

    ```
    Missing operating system
    ```

27. Le secteur d'amorçage s'exécute comme un programme. Ce programme cherche et charge le noyau du système d'exploitation ou les fichiers système. Si le secteur d'amorçage ne peut pas trouver ou charger les fichiers système, ou si un problème est rencontré lors de leur chargement, l'un des messages suivants apparaît :

    ```
    Non-System disk or disk error
    Replace and strike any key when ready
    Non-System disk or disk error
    Replace and press any key when ready
    Invalid system disk_
    Replace the disk, and then press any key
    Disk Boot failure
    Disk I/O Error
    ```

    Tous ces messages proviennent du VBR (*Volume Boot Record*) et concernent le VBR ou les problèmes de système de fichier.

À partir de ce point, ce qui se passe dépend du système d'exploitation installé. Les procédures de démarrage dépendant du système d'exploitation sont examinées dans les sections suivantes.

Démarrage DOS

Le processus de démarrage de MS-DOS et des systèmes d'exploitation similaires (PC-DOS, DR-DOS et Freedos) est le suivant :

1. Le premier système de fichier (appelé IO.SYS ou IBMBIO.COM) est exécuté.
2. Le code d'initialisation IO.SYS ou IBMBIO.COM se copie dans la plus grande région contiguë de mémoire DOS et transfère le contrôle à cette copie. La copie du code d'initialisation déplace alors MSDOS.SYS sur la portion de IO.SYS dans la mémoire basse qui contient le code d'initialisation, car le code d'initialisation n'a plus besoin de se trouver là.
3. Le code d'initialisation exécute MSDOS.SYS (ou IBMDOS.COM) pour initialiser les pilotes de périphériques de base, déterminer l'état du matériel, réinitialiser le système de disques et les périphériques associés et fixer les paramètres par défaut.

4. Le système de fichiers DOS est actif et le contrôle est rendu au code d'initialisation IO.SYS.
5. Le code d'initialisation IO.SYS lit le fichier CONFIG.SYS à plusieurs reprises.
6. Lors du chargement de CONFIG.SYS, les instructions DEVICE sont d'abord traitées dans l'ordre dans lequel elles apparaissent. Chaque pilote de périphérique nommé dans ces instructions DEVICE est chargé et exécuté. Ensuite, les instructions INSTALL sont traitées en fonction de leur ordre d'apparition et les programmes nommés sont chargés et exécutés. L'instruction SHELL est exécutée et charge la commande indiquée avec les paramètres spécifiés. Si le fichier CONFIG.SYS ne contient pas d'instruction SHELL, l'interpréteur par défaut \COMMAND.COM est chargé avec des paramètres par défaut. Le chargement de l'interpréteur de commandes écrase le code d'initialisation dans la mémoire (car le travail du code d'initialisation est terminé).

   Au cours des dernières lectures de CONFIG.SYS, toutes les autres instructions sont lues et exécutées dans un ordre prédéterminé. Par conséquent, l'ordre des instructions autres que DEVICE, INSTALL et SHELL dans CONFIG.SYS est sans importance.
7. COMMAND.COM charge et exécute le fichier AUTOEXEC.BAT s'il est présent. Une fois que les commandes situées dans AUTOEXEC.BAT ont été exécutées, l'invite DOS apparaît (à moins que AUTOEXEC.BAT n'appelle une application ou un shell quelconque, auquel cas l'utilisateur peut faire fonctionner le système sans avoir jamais vu une invite DOS).
8. Si aucun fichier AUTOEXEC.BAT n'est présent, COMMAND.COM exécute les commandes internes DATE et TIME, affiche un message de copyright, puis affiche l'invite DOS.

Certaines variations mineures de ce scénario sont possibles, en fonction des autres programmes ROM des autres cartes d'extension présentes. De plus, selon les programmes ROM BIOS, certains des messages d'erreur et certaines séquences peuvent être différents. Cependant, un ordinateur suit généralement cette chaîne d'événements lors de son démarrage.

Vous pouvez modifier les procédures de démarrage du système en changeant les fichiers CONFIG.SYS et AUTOEXEC.BAT. Ces fichiers contrôlent la configuration de DOS et permettent d'exécuter des programmes de démarrage particuliers chaque fois que l'ordinateur démarre.

Démarrage de Windows 9x/Me

Il peut être utile de savoir exactement comment Windows 9x et Millenium (Me) se chargent et démarrent pour résoudre leurs problèmes de démarrage. Le processus de démarrage de Windows 9x peut être divisé en trois phases :

- Le fichier IO.SYS est chargé et exécuté (le fichier IO.SYS de Windows 9x combine les fonctions des fichiers IO.SYS et MSDOS.SYS. de DOS).
- La configuration en mode réel se déroule.

- Le fichier WIN.COM est chargé et exécuté.

Le processus de démarrage de Windows Me est comparable, mais il n'effectue pas l'étape de configuration en mode réel.

Étape 1 : Chargement et exécution du fichier IO.SYS

IO.SYS est chargé en premier et effectue les opérations suivantes :

1. Le code d'initialisation initialise la base des pilotes de périphériques, définit l'état du matériel, réinitialise le système de disques et les périphériques associés, et fixe les paramètres par défaut.
2. Le système de fichiers est activé et le contrôle rendu au code d'initialisation IO.SYS.
3. Le message de démarrage de Windows s'affiche à l'écran pendant *n* secondes, ou jusqu'à ce que vous pressiez une touche de fonction Windows. La durée d'affichage de ce message est déterminée par la ligne `BootDelay = <n>` dans le fichier MSDOS.SYS. Sa valeur par défaut est de 2 secondes.
4. Le code d'initialisation IO.SYS lit le fichier de configuration MSDOS.SYS. Si vous disposez de plusieurs profils matériels, vous recevez le message suivant et devez choisir la configuration matérielle à utiliser :

   ```
   Windows cannot determine what configuration your computer is in.
   ```

5. Le fichier LOGO.SYS est chargé et affiche une image de démarrage à l'écran.
6. Si le fichier DRVSPACE.INI ou DBLSPACE.INI existe, il est chargé en mémoire. IO.SYS charge également automatiquement les fichiers HIMEM.SYS, IFSHLP.SYS et SETVER.EXE.
7. Le fichier IO.SYS contrôle les données des fichiers du registre (SYSTEM.DAT et USER.DAT).
8. IO.SYS ouvre le fichier SYSTEM.DAT. Si ce fichier n'est pas trouvé, le fichier SYSTEM.DA0 est utilisé pour le démarrage. Si Windows 9x/Me démarre normalement, le fichier SYSTEM.DA0 est copié dans le fichier SYSTEM.DAT.
9. Le fichier DBLBUFF.SYS est chargé si la ligne `DoubleBuffer = 1` se trouve dans le fichier MSDOS.SYS ou si la mémoire tampon double est activée sous la clé de registre suivante :

   ```
   HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WinBoot\DoubleBuffer
   ```

Windows 9x active automatiquement la mémoire tampon double s'il détecte qu'elle est nécessaire.

10 Si vous disposez de plusieurs profils matériels, le profil matériel que vous avez choisi est chargé depuis le registre.

11. Sous Windows 9x/Me, le système recherche la clé `HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet` dans le registre pour charger les pilotes de périphériques et les autres paramètres spécifiés avant l'exécution du fichier CONFIG.SYS.

Étape 2 : Configuration en mode réel

Certains anciens périphériques et programmes exigent que les pilotes ou les fichiers soient chargés en mode réel (mode 16 bits) pour fonctionner correctement. Pour assurer la compatibilité ascendante, Windows 9x traite les fichiers CONFIG.SYS et AUTOEXEC.BAT s'ils existent (Windows Me n'utilise pas les pilotes en mode réel et saute cette étape).

1. Le fichier CONFIG.SYS est lu s'il existe, et les instructions qu'il contient sont traitées, y compris le chargement des pilotes dans la mémoire. Si le fichier CONFIG.SYS n'existe pas, le fichier IO.SYS charge les pilotes requis suivants :
   - IFSHLP.SYS
   - HIMEM.SYS
   - SETVER.EXE

   IO.SYS obtient l'emplacement de ces fichiers à partir de la ligne du `WinBootDir=` du fichier MSDOS.SYS qui doit être sur le disque dur.
2. Windows réserve tous les blocs de mémoire supérieure (UMB) pour son utilisation ou pour la prise en charge de la mémoire étendue utilisant la spécification EMS (*Expanded Memory Specification*).
3. Le fichier AUTOEXEC.BAT est traité s'il est présent, et tous les programmes résidents (TSR, de l'anglais *Terminate-and-Stay Resident*) qu'il contient sont énumérés et chargés en mémoire.

Étape 3 : Chargement et exécution du fichier WIN.COM

Windows 9x et Windows Me exécutent tous les deux les étapes suivantes :

1. Le fichier WIN.COM est chargé et exécuté.
2. Le fichier WIN.COM accède au fichier VMM32.VXD. Si suffisamment de RAM est disponible, le fichier VMM32.VXD est chargé en mémoire. Dans le cas contraire, son accès s'effectue depuis le disque dur (d'où un temps de démarrage plus lent).
3. Le chargeur de pilote de périphérique virtuel en mode réel contrôle les doublons pilotes de périphériques virtuels (VxD) dans le dossier Windows\SYSTEM\VMM32 et dans le fichier VMM32.VXD. Si un VxD existe à la fois dans le dossier et dans le fichier, le double VxD est "marqué" dans le fichier VMM32.VXD de sorte qu'il n'est pas chargé.
4. Les VxD qui ne sont pas encore chargés par le fichier VMM32.VXD sont chargés depuis la section [386 Enh] du fichier WINDOWS\SYSTEM.INI.
5. Le chargeur de pilote de périphérique virtuel en mode réel vérifie que tous les VxD sont correctement chargés. Si ce n'est pas le cas, il tente de charger de nouveau ces pilotes.

VxD nécessaires

Certains VxD sont requis pour que Windows fonctionne correctement. Ils sont chargés automatiquement et ne nécessitent pas une entrée dans le registre. Windows 9x nécessite les VxD suivants :

BIOSXLAT	CONFIGMG	DYNAPAGE	DOSMGR
EBIOS	IFSMGR	INT13	IOS
PAGESWAP	SHELL	V86MMGR	VCD
VCACHE	VCOMM	VCOND	VDD
VDMAD	VFAT*VKD	VMCPD	VPICD
VTD	VTDAPI	VWIN32	VXDLDR

6. Une fois le chargement du pilote de périphérique virtuel en mode réel effectué, l'initialisation du pilote se produit. Tout VxD qui nécessite une initialisation en mode réel commence à s'exécuter en mode réel.
7. VMM32 bascule le processeur du mode réel au mode protégé.
8. Un processus d'initialisation du VxD en trois étapes se produit : les pilotes sont chargés en fonction de leurs paramètres InitDevice plutôt que selon l'ordre dans lequel ils sont chargés en mémoire.
9. Une fois tous les VxD chargés, les fichiers KRNL32.DLL, GDI.EXE, USER.EXE et EXPLORER.EXE (l'interface par défaut de Windows 9x) sont chargés.
10. Si un réseau est défini, l'environnement réseau et les profils des utilisateurs sont chargés. L'utilisateur est invité à se connecter au réseau installé. Windows 9x/Me permet à plusieurs utilisateurs de sauvegarder leurs paramètres personnalisés de Bureau. Lorsqu'un utilisateur se connecte à Windows, les paramètres de son Bureau sont chargés depuis le registre. Si aucun utilisateur n'est défini, l'ordinateur utilise la configuration du Bureau par défaut.
11. Les programmes du groupe Démarrage et de la clé de registre RunOnce sont gérés au cours de la dernière étape du processus de démarrage. Après le lancement de chaque programme indiqué à la clé de registre RunOnce, le programme est supprimé de la clé.

Démarrage de Windows NT/2000/XP

Lorsque vous démarrez un ordinateur sous Windows NT/2000/XP (toutes ces versions de Windows reposent sur le même jeu de code intégral), le processus d'amorçage est différent de celui de Windows 9x/Me. Au lieu des fichiers IO.SYS et MSDOS.SYS, Windows NT, 2000 et XP utilisent un programme de chargement du système d'exploitation appelé NTLDR qui lance le processus de détection du matériel et vous permet de sélectionner le système d'exploitation à charger.

Voici le déroulement de l'amorçage étape par étape :

1. **Le secteur d'amorçage de partition charge NTLDR.** Il fait ensuite basculer le processeur en mode protégé, lance le système de fichiers et lit le contenu du fichier BOOT.INI. Les informations du fichier BOOT.INI déterminent les options de démarrage ainsi que les sélections du menu de démarrage (possibilité de démarrage à partir de deux systèmes d'exploitation différents, par exemple). Si l'ordinateur a été configuré pour pouvoir démarrer à partir de plusieurs systèmes d'exploitation (multiboot) et qu'un système d'exploitation autre que Windows NT/2000/XP soit sélectionné, le fichier BOOTSEC.DOS est chargé. Si des lecteurs SCSI sont présents, le fichier NTBOOTDD.SYS qui contient les pilotes d'amorçage SCSI est chargé.
2. **NTDETECT.COM** rassemble les informations de configuration sur le matériel et les transmet à NTLDR. Si plusieurs profils matériels sont définis, Windows emploie celui qui correspond à la configuration actuelle. Si le BIOS est conforme au standard ACPI, Windows emploie une ACPI pour énumérer et initialiser les périphériques.
3. **Le noyau (*kernel*) se charge.** NTLDR transmet les informations collectées par NTDETECT.COM à NTOSKRNL.EXE. NTOSKRNL charge ensuite le noyau, la couche d'abstraction matérielle (HAL.DLL) et les informations du registre. Un indicateur situé au bas de l'écran affiche l'état de progression des opérations.
4. **Les pilotes se chargent et l'utilisateur se connecte.** Les composants de réseau (la pile de protocoles TCP/IP, par exemple) se chargent en même temps que les autres services, et l'invite d'ouverture de session apparaît à l'écran. Dès que l'utilisateur entre des informations correctes, Windows met à jour les informations relatives à la dernière configuration connue en fonction de la configuration actuelle.
5. **Le système Plug and Play détecte et configure les nouveaux périphériques.** Si de nouveaux périphériques sont détectés, des ressources leur sont affectées. Windows extrait les fichiers de pilotes nécessaires du fichier DRIVER.CAB. S'il ne trouve pas ces fichiers, l'ordinateur demande à l'utilisateur de fournir les pilotes. La détection des périphériques s'effectue en même temps que l'ouverture de session.

Les fichiers suivants sont traités pendant le démarrage de Windows NT/2000/XP :

- NTLDR ;
- BOOT.INI ;
- BOOTSECT.DOS (sur les ordinateurs configurés en multiboot seulement) ;
- NTBOOTDD.SYS (pour les lecteurs SCSI seulement) ;
- NTDETECT.COM ;
- NTOSKRNL.EXE ;
- HAL.DLL ;
- fichiers du dossier SYSTEMROOT\SYSTEM32\CONFIG (registre) ;
- fichiers du dossier SYSTEMROOT\SYSTEM32\DRIVERS (pilotes).

Infos

Si des messages d'erreur s'affichent au démarrage ou si votre système ne démarre pas correctement, redémarrez le système, appuyez sur la touche F8 (Windows 2000/XP uniquement) pour ouvrir le menu de démarrage et sélectionnez Créer un fichier de démarrage pour créer un fichier nommé `Ntbtlog.txt`*. Ce fichier enregistre les événements au démarrage et peut vous aider à déterminer quels fichiers ou processus ne se chargent pas correctement.*

Différences de démarrage de Windows Vista

Bien que Microsoft Windows Vista, comme Windows 2000 et Windows XP, tire son origine de Windows NT 4.0, son processus de démarrage est différent à certains égards. Windows Vista utilise trois composants différents pour remplacer NTLDR :

- bootmgr.exe : Windows Boot Manager (gestionnaire de démarrage Windows);
- winload.exe : le chargeur du système d'exploitation Windows;
- winresume.exe : restauration de Windows.

De même, le fichier texte de configuration boot.ini traditionnel utilisé dans les précédentes versions de Windows basées sur NT est désormais remplacé par les données de configuration de démarrage de la clé BCD (*Boot Configuration Data*). L'utilisation de BCD offre une interface commune aux ordinateurs qui utilisent le BIOS traditionnel ou les méthodes de configuration plus récentes EFI (*Extensible Firmware Interface*). Les options de configuration de BCD se modifient avec l'utilitaire BCDEdit, un programme protégé par l'UAC (*User Account Control*, ou contrôle du compte de l'utilisateur).

bootmgr.exe lance winload.exe, qui charge Windows Vista si aucun autre système d'exploitation n'est présent, en utilisant les paramètres de la ruche BCD. Toutefois, si une double configuration de démarrage a été créée en installant Windows Vista et une version antérieure de Windows, Windows Boot Manager affiche un menu de sélection permettant de sélectionner les différentes versions de Windows installées. Par exemple, si Windows Vista cohabite avec Windows XP et que vous sélectionniez ce dernier, Windows Boot Manager charge le fichier NTLDR de Windows XP comme indiqué dans la section précédente. Si par contre Windows Vista est sélectionné, winload.exe démarre le système en utilisant les paramètres de la ruche BCD.

Lorsqu'un ordinateur exécutant Windows Vista est mis en veille prolongée, BCD stocke des informations sur l'état de l'ordinateur. Lorsque l'ordinateur quitte la mise en veille, le programme `winresume.exe` est alors utilisé pour redémarrer Windows, en utilisant les informations stockées dans la ruche BCD et le contenu du fichier hiberfil.sys.

Outils de maintenance

Pour dépanner et réparer correctement un ordinateur, vous avez besoin de quelques outils. Bien sûr, il en existe également de nombreux autres spécialisés, à usage professionnel, mais les outils que devrait posséder chaque utilisateur sont les suivants :

- Quelques outils de base pour le démontage et le remontage des éléments, comme une lame plate, des tournevis Phillips de différentes tailles, une pince à épiler ou une pince hémostatique. La plupart de ces outils sont disponibles dans les magasins d'informatique.

- Des outils de diagnostic logiciels et matériels pour tester les composants.
- Un multimètre qui fournit des mesures précises de la tension et de la résistance, ainsi qu'un testeur de câble et des interrupteurs.
- Des produits chimiques (pour nettoyer les contacts par exemple) et des bombes d'air comprimé pour nettoyer le système.
- Des attaches en nylon pour attacher les câbles ensemble.

Si vous disposez du budget suffisant, les périphériques suivants peuvent également être utiles, même s'ils ne servent que dans certains cas :

- des testeurs de mémoire permettant d'évaluer le fonctionnement des modules de mémoire SIMM ou DIMM;
- des connecteurs loopback pour tester les ports série et parallèles;
- un scanner de câble réseau (si vos ordinateurs sont en réseau);
- un périphérique série de sortie (pour les ordinateurs qui fonctionnent sur les câbles série, comme les terminaux Unix);
- une carte POST (pour les ordinateurs sous DOS ou d'autres systèmes d'exploitation que Windows, vous pouvez utiliser une carte POST qui affiche les IRQ et DMA en cours d'utilisation).

En outre, un dépanneur expérimenté peut avoir besoin de différents outils pour assembler et démonter les câbles série.

Outillage

Généralement, le capot du châssis, les cartes d'extension, les disques dur et l'alimentation sont fixés par des vis cruciformes. Certains constructeurs remplacent les vis cruciformes par des vis à tête plate. Dans ce cas, remplacez-les par des vis cruciformes ou Torx (de préférence) car elles empêchent le tournevis de glisser de la tête de la vis. Il est primordial de ne jamais utiliser de vis à tête plate sur ou à proximité d'une carte mère pour minimiser les risques.

Attention

Lorsque vous travaillez dans un environnement étroit comme l'intérieur d'un ordinateur, un tournevis aimanté peut se révéler très pratique, en particulier pour récupérer les vis qui tombent dans le châssis. Cependant, le champ magnétique peut causer des dommages aux périphériques de stockage magnétiques comme les lecteurs de disquettes en cas de contact. Les disques durs sont protégés par un étui en métal, les lecteurs de CD ou de DVD ne sont pas touchés, car il s'agit de lecteurs optiques, de la mémoire, et les autres puces ne sont pas affectées par les champs magnétiques aussi peu puissants.

Les pinces à épiler et les pinces préhensiles vous permettent d'attraper toutes les petites vis et les cavaliers plus facilement qu'à la main. La pince préhensile est particulièrement utile pour saisir une petite pièce tombée à l'intérieur de l'unité centrale sans devoir démonter complètement l'ordinateur (voir Figure 19.2).

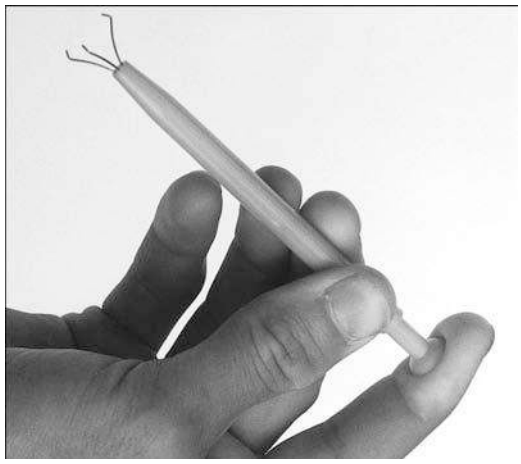


Figure 19.2
La pince préhensile dispose de trois petites broches métalliques extensibles permettant de saisir un élément.

Enfin, les vis Torx en forme d'étoile (voir Figure 19.3) présentent un net avantage sur les autres types de vis car elles offrent une meilleure adhérence. Avec les vis à tête plate, il est en effet fréquent que le tournevis glisse et raye ou endommage la carte mère. Nous vous conseillons d'enlever toutes les vis à tête plate à l'intérieur de l'unité centrale. Il existe également des vis Torx plus résistantes au bourrage. Les vis Torx existent dans différents formats, mais les plus utilisées sont les tailles T 10 (2,74 mm) et T 15 (3,27 mm).

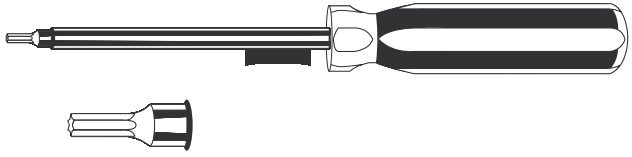


Figure 19.3
Tournevis et douille Torx.

Bien que cet ensemble de base soit utile, vous pouvez également vous procurer les outils suivants :

- **Un kit de protection contre les décharges électrostatiques.** Ce kit se compose d'un bracelet et d'un tapis conducteur munis tous deux d'une liaison à la terre. Ces deux éléments peuvent également être achetés séparément. Si vous habitez une région où le taux d'humidité de l'air est faible, les décharges électrostatiques sont beaucoup plus susceptibles de se produire. La Figure 19.4 illustre un bracelet antistatique.
- **Des pinces courbées et hémostatiques.** Très pratiques pour saisir les petits objets et les cavaliers, redresser des broches pliées, et ainsi de suite.
- **Un tournevis électrique.** Muni de douilles standard, cruciformes et Torx interchangeables, cet outil facilite le montage et le démontage des pièces.
- **Une lampe de poche.** Permet de voir à l'intérieur de l'unité centrale.
- **Une pince coupante et à dénuder.** Très utile pour préparer ou réparer des câbles ou des fils.

- **Des marqueurs, stylos, blocs-notes.** Utilisez-les pour prendre des notes, marquer les câbles, etc.
- **Une disquette de démarrage Windows 98/98SE ou Me.** Ces disquettes intègrent des pilotes DOS 7.1 ou 8.0 de CD-ROM et DVD en mode réel qui peuvent être utilisés pour tester le démarrage de l'ordinateur et éventuellement charger d'autres logiciels.
- **Le CD de démarrage original de Windows 2000 ou XP.** Ce CD peut être utilisé pour tester le démarrage de l'ordinateur depuis le lecteur optique, tenter une récupération du système, installer le système d'exploitation ou exécuter d'autres logiciels. Microsoft propose également de télécharger une série de disquettes (six pour Windows XP), à l'adresse suivante : **http://support.microsoft.com/**. Toutefois, la plupart des systèmes capables d'exécuter Windows 2000 ou XP sont en mesure de démarrer à partir du CD.
- **Le DVD de démarrage original de Windows Vista.** Ce DVD peut être utilisé pour tester le démarrage de l'ordinateur, installer (ou réinstaller) le système d'exploitation ou exécuter d'autres programmes. Dans le cas d'une défaillance du système, vous pouvez utiliser Windows Recovery Environment ou Sauvegarde complète du PC (Édition Entreprise et Édition Ultimate uniquement) pour accéder à l'utilitaire de restauration du système, à un ensemble complet d'invites de commande, à des utilitaires de diagnostic de la mémoire ainsi qu'à d'autres options.
- **Un logiciel de diagnostic.** Ce logiciel peut être utilisé pour tester et vérifier le matériel du PC.
- **Une carte POST.** Cette carte (comme la carte Post Probe disponible sur le site **www.micro2000.com**) permet d'afficher les codes de diagnostic POST en cas d'erreur fatale.
- **Des colliers de serrage en plastique.** Ils s'utilisent pour regrouper les câbles, ce qui contribue à améliorer la circulation de l'air dans le système.
- **Un multimètre numérique de poche.** Il permet de contrôler les tensions de l'alimentation, les connecteurs et les câbles.
- **Des tampons de nettoyage, une bombe d'air comprimé et des produits chimiques pour nettoyer les contacts.**
- **Des câbles et des adaptateurs de transfert de données.** Ils s'utilisent pour connecter rapidement deux ordinateurs et ainsi transférer les données de l'un à l'autre. Il peut s'agir de câbles série et parallèle (souvent appelés câbles Laplink, Interlink, ou de connexion directe par câble), de câbles Ethernet croisés ou d'adaptateurs plus spécialisés USB-Ethernet, USB-USB, USB-parallèle. Il est conseillé d'utiliser des câbles USB-USB ou USB-Ethernet pour un transfert plus rapide et d'employer uniquement les câbles série et parallèle sur les ordinateurs qui ne prennent pas en charge d'autres types d'interfaces.
- **Des câbles et adaptateurs ATA 2 pouces 1/2.** Ils permettent de connecter les disques ATA 2 pouces 1/2 à un ordinateur portable ou un ordinateur de bureau, afin de transférer ou récupérer les données. Il peut s'agir de nappes disposant d'adaptateurs ATA de 44 broches (2 pouces 1/2)

à 40 broches (3 pouces 1/2), d'adaptateurs ATA-USB ou ATA-FireWire à 44 broches, et d'adaptateurs de disque dur externe USB-FireWire 2 pouces 1/2.

- **Un boîtier de disque dur de 3 pouces 1/2 équipé d'un port USB 2.0.** Il permet de récupérer les données d'un disque dur si le système hôte ne fonctionne plus. Certains boîtiers ne prennent en charge que les lecteurs ATA, mais certains modèles récents prennent également en charge les disques durs SATA.
- **Un adaptateur PS/2 en Y pour souris et clavier externes.** Cet adaptateur en Y permet d'utiliser un ordinateur dont le clavier ou le dispositif de pointage est défectueux. Il est nécessaire pour pouvoir utiliser un clavier PS/2 externe ou une souris PS/2 sur la plupart des ordinateurs portables.
- **Un hub USB autoalimenté et un câble adaptateur USB-FireWire.** Cela permet de connecter des périphériques USB externes, en particulier un clavier, une souris ou des disques externes USB. Ces câbles adaptateurs et prises mâle/femelle sont recommandés pour connecter différents types de périphériques USB et FireWire.
- **Des vis et des cavaliers de rechange.** Ces éléments sont très utiles si certaines de ces pièces sont manquantes.
- **Des piles boutons CR-2032 au lithium de rechange.** Ces piles étant utilisées pour la batterie CMOS RAM dans la plupart des ordinateurs, il peut être utile d'en posséder une ou deux de rechange. Bien que plusieurs types de piles CR20xx soient disponibles, la plupart des ordinateurs utilisent la pile CR2032.

Sécurité

Avant de travailler sur un système, vous devez suivre certaines procédures de sécurité. Certaines sont destinées à vous protéger, tandis que d'autres protègent l'ordinateur sur lequel vous travaillez.

D'un point de vue sécurité personnelle, il n'est pas vraiment dangereux de travailler sur un PC, même lorsque le capot est ouvert et l'alimentation branchée, car les PC utilisent des tensions de 3,3, 5 et 12 V seulement. Toutefois, certaines tensions dans l'alimentation et l'écran représentent un danger. Certaines parties de la plupart des alimentations présentent des tensions de 400 V tandis que les moniteurs CRT peuvent présenter des tensions comprises entre 50 000 et 100 000 V ! C'est pourquoi il est conseillé de remplacer l'alimentation et l'écran plutôt que de tenter de les réparer.

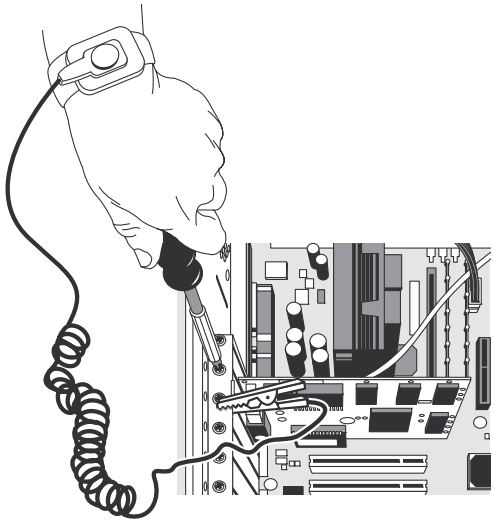
Avant toute chose, vous devez débrancher l'alimentation du secteur, pas tant pour vous protéger que pour protéger l'ordinateur lui-même. Un ordinateur de type ATX est toujours en partie alimenté tant qu'il est branché, même s'il est éteint. Pour éviter d'endommager la carte mère, la carte graphique et les autres cartes, il est essentiel que l'ordinateur soit complètement débranché. Dans le cas contraire, si vous retirez ou ajoutez une carte, vous pouvez griller cette carte ou la carte mère.

Vous devez également prêter attention aux décharges électrostatiques. Lorsque vous travaillez sur un PC, nous vous conseillons de porter un bracelet antistatique relié au châssis de la machine (voir Figure 19.4). Cela évite que l'électricité statique n'endommage les éléments du système lorsque

vous les touchez. Contrairement à ce que pensent certaines personnes, il est fortement déconseillé de brancher le système pour qu'il dispose d'une liaison à la terre. Nous vous conseillons d'acheter le bracelet antistatique plutôt que de le fabriquer, car les bracelets antistatiques du commerce disposent d'une résistance interne d'un mégaohm conçue pour vous protéger.

Figure 19.4

Bracelet antistatique relié à une partie non peinte du châssis.



Lorsque vous enlevez des composants de l'ordinateur, il est conseillé de les placer sur un tapis antistatique relié lui aussi par un fil au châssis de l'ordinateur. Tous les éléments, en particulier le processeur, la carte mère, les disques durs, etc., doivent être posés sur ce tapis. La connexion entre vous, le tapis et le châssis évitera qu'une décharge d'électricité statique n'endommage ces composants.

Infos

Il est possible (bien que cela ne soit pas recommandé) de travailler sans kit de protection antistatique à condition d'être attentif. Vous pouvez alors vous décharger de l'électricité statique en touchant une partie métallique du châssis ou du boîtier.

Un mot sur le matériel

Cette section traite de certains problèmes que vous pourriez rencontrer avec le matériel (vis, écrous, boulons, etc.) utilisé lors du montage de l'ordinateur.

Types de matériels

Lorsque vous utilisez plusieurs ordinateurs, les différences de matériel, de conception de chaque unité centrale représentent un problème assez important.

Ainsi, la plupart des ordinateurs utilisent des vis qui correspondent à un quart ou à 3/16 de pouce. Ces vis étaient utilisées dans les ordinateurs PC, XT et AT d'IBM, si bien qu'elles sont devenues un

standard pour la majorité des autres constructeurs. Par contre, de nombreux ordinateurs Compaq utilisent principalement des vis Torx. Une vis Torx est en forme d'étoile et existe dans différentes tailles, portant les appellations suivantes : T 8, T 9, T 10, T 15, T 20, T 25, T 30 et T 40.

La vis Torx Plus, une variante de la vis Torx, notamment utilisée dans les alimentations, les écrans, les disques durs, se distingue par son trou central. Ce trou empêche d'utiliser un tournevis Torx standard et nécessite un tournevis spécial. Un périphérique fixé par des vis Torx Plus est généralement considéré comme une unité qui doit rarement être ouverte ; il est donc préférable de le remplacer.

Attention

Les périphériques fermés par des vis Torx Plus contiennent souvent des éléments internes dangereux ou sous haute tension. Autrement dit, il n'est pas conseillé d'essayer d'enlever ces vis. Ouvrez uniquement les moniteurs et les alimentations si vous connaissez le fonctionnement de ces périphériques.

De nombreux fabricants utilisent aussi les vis à tête fendue ou cruciforme (Phillips). Les vis à tête fendue ne doivent jamais être utilisées dans un ordinateur, car la pointe du tournevis peut très facilement glisser de la tête de la vis et endommager une carte, l'engagement du tournevis n'étant pas aussi bon qu'avec une vis cruciforme ou Torx. En outre, il est fréquent que de petits éclats métalliques se séparent des vis à tête fendue bon marché, ce qui représente un danger supplémentaire pour la carte mère. Évitez autant que possible d'employer des vis bon marché, vous éviterez bien des soucis.

Certains constructeurs d'ordinateurs utilisent maintenant des châssis qui s'assemblent sans vis. Ces "châssis sans vis" permettent d'enlever le capot et d'accéder aux principaux composants sans utiliser d'outil.

Pour convertir un châssis en châssis sans vis, vous pouvez remplacer les vis par des attaches plastiques. En revanche, les composants internes, comme les cartes, les disques durs, les alimentations et la carte mère, doivent toujours être fixés par des vis métalliques car ces dernières fournissent une liaison à la masse pour ces éléments.

Mesures anglo-saxonnes et métriques

L'existence des systèmes de mesure anglo-saxons et métriques est un autre problème. En effet, les ordinateurs d'IBM utilisaient principalement des fixations anglo-saxonnes mais de nombreux constructeurs préfèrent la norme métrique.

La différence entre les deux systèmes de mesure est particulièrement évidente pour les disques durs. Les filetages des disques durs d'origine américaine utilisent généralement une fixation anglo-saxonne, tandis que les disques fabriqués dans les pays asiatiques (comme cela est le cas de la plupart des disques durs actuels) utilisent le système métrique. Heureusement, de nombreux fabricants de disque dur fournissent tous les composants nécessaires à l'installation de leur produit.

Astuces

Avant de jeter un ordinateur obsolète, retirez les vis et les autres pièces réutilisables, comme les caches des baies de lecteurs et de baies d'expansion, les cavaliers, les rails de lecteur, et ainsi de suite. Étiquetez le sac contenant ces éléments avec le nom et le modèle de l'ordinateur afin de savoir sur quel autre ordinateur vous pouvez utiliser les pièces plus tard.

Même si la majorité des disques durs récents se fixe avec des vis métriques, vérifiez dans la documentation du disque quel type de vis doit être employé.

Attention

La longueur de certaines vis revêt une importance capitale, en particulier pour la fixation des disques durs. Vous pouvez détruire certains disques durs en utilisant une vis trop longue. Lorsque vous installez un nouveau disque, vérifiez toujours que les vis n'interfèrent pas avec les composants internes du disque dur. En cas de doute, reportez-vous à la documentation du disque. La plupart des disques vendus au détail sont fournis avec des vis de fixation de la bonne longueur, mais ce n'est pas le cas de certains lecteurs OEM.

Équipement de test

Dans certains cas, vous devez utiliser des périphériques spécialisés pour tester une carte ou un composant. Ce matériel de test n'est ni coûteux ni difficile à utiliser et peut grandement vous aider à dépanner votre ordinateur.

Équipement de test électrique

Un voltmètre est nécessaire pour effectuer correctement des tests. Un multimètre peut servir à de nombreuses fins, y compris à vérifier les signaux électriques à différents endroits dans l'ordinateur, à tester la sortie de l'alimentation, à contrôler et à assurer la continuité dans un circuit ou dans un câble. Un testeur de prise est très précieux pour vérifier le câblage d'une prise électrique, ce qui est très utile si vous pensez que le problème se situe hors du système informatique.

Connecteurs loopback

Pour réaliser un diagnostic des ports série et parallèles, vous devez utiliser des connecteurs loopback pour diffuser en boucle les signaux (voir Figure 19.5). Ces adaptateurs permettent au port série, parallèle ou USB de s'envoyer des données à lui-même à des fins de diagnostic.

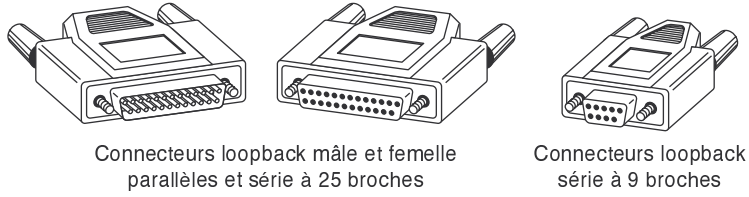


Figure 19.5
Connecteurs loopback mâle et femelle série à 25 et à 9 broches et connecteur loopback parallèle à 9 broches.

Différents types de connecteurs loopback sont disponibles. Pour pouvoir tester tous les ports, vous avez besoin d'un connecteur loopback pour le port série à 25 broches, pour le port série à neuf broches, pour le port parallèle à 25 broches et pour les ports USB 2.0/1.1. De nombreuses entreprises, dont IBM, vendent des connecteurs séparément, mais sachez que vous avez également besoin d'un logiciel de diagnostic pour les utiliser. Certains produits logiciels de diagnostic, comme MicroScope de Micro 2000, sont fournis avec des connecteurs loopback. Notez qu'il existe différentes

formes de connecteurs loopback et que toutes ces versions ne fonctionnent pas correctement avec tous les logiciels de diagnostic. Vous devez donc utiliser les connecteurs loopback recommandés par le logiciel de diagnostic que vous utilisez.

IBM vend une prise spéciale qui regroupe les trois types de connecteurs et coûte environ le même prix que l'ensemble des connecteurs achetés séparément. Vous pouvez même réaliser vos connecteurs loopback. Vous trouverez les schémas de câblage des trois types de connecteurs ainsi qu'un examen détaillé des ports série et parallèles au Chapitre 13 de cet ouvrage.

Infos

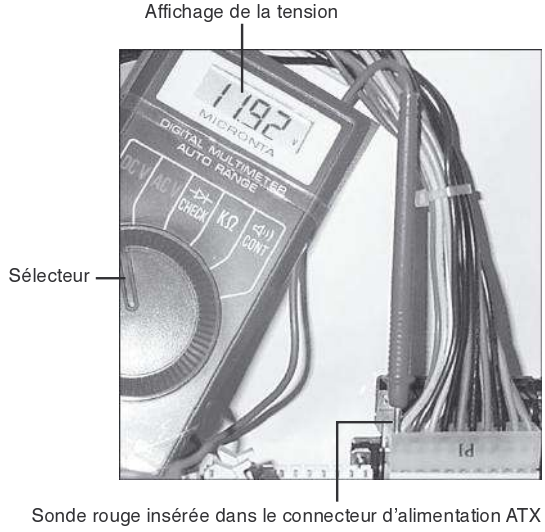
Des connecteurs loopback USB bouchons et les logiciels de test sont disponibles auprès de PassMark Software (**www.passmark.com**).

Appareils de mesure électrique

Certaines procédures de dépannage exigent que vous mesuriez la tension et la résistance du courant électrique. Pour ce faire, vous pouvez utiliser un multimètre numérique de poche (également appelé contrôleur universel). L'affichage peut être analogique (une aiguille) ou numérique (par cristaux liquides). Le multimètre dispose de deux cordons munis de sondes qui se raccordent à l'élément testé afin d'obtenir des mesures. Selon la configuration du multimètre, la sonde mesure la résistance électrique, la tension du courant continu ou du courant alternatif. La Figure 19.6 illustre le test du circuit +12 V sur une carte mère ATX à l'aide d'un multimètre numérique.

Figure 19.6

Test du circuit +12 V d'une carte mère avec un multimètre numérique.



Habituellement, chaque échelle de mesure peut être calibrée de différentes façons. La tension du courant alternatif peut être exprimée selon plusieurs calibres (ou échelles de mesure). Chaque calibre correspond à une tension maximale : 200 millivolts (mV), 2 V, 20 V, 200 V et 1000 V. Comme les ordinateurs utilisent à la fois du courant +5 V et +12 V pour diverses opérations, vous devrez utiliser le calibre dont le maximum est 20 V pour effectuer vos mesures. En utilisant le calibre 200 mV

ou 2 V, vous pouvez endommager le multimètre car la tension serait beaucoup plus élevée que prévu. Si vous utilisiez les calibres 200 V ou 1000 V, les mesures des courants 5 et 12 V seraient si éloignées de la valeur maximale que la précision des résultats serait faible.

Si vous prenez une mesure et n'êtes pas sûr de la tension du circuit, commencez par utiliser la plus grande échelle de mesure puis diminuez le calibre. Les meilleurs multimètres choisissent automatiquement le bon calibre, ce qui facilite grandement leur utilisation. Il suffit en effet de choisir le type de mesure qu'on souhaite réaliser, comme la tension du courant alternatif, et de placer les sondes sur la source du signal. L'appareil sélectionne la bonne échelle de mesure de la tension et affiche la valeur mesurée. En raison de leur conception, ces multimètres disposent toujours d'un affichage numérique plutôt que d'un affichage analogique par aiguille.

Attention

Chaque fois que vous utilisez un multimètre pour tester une tension potentiellement supérieure à 50 V, voire plus (sur une prise murale du secteur), utilisez toujours une seule main et non deux. Pour cela, vous pouvez soit attacher une sonde à une des sources et effectuer la mesure avec l'autre sonde, soit tenir les deux sondes dans la même main.

Si vous tenez une sonde dans chaque main et que vous glissiez accidentellement, votre corps peut très facilement former un circuit et devenir conducteur du courant. Le chemin emprunté par l'électricité pour passer d'un bras à l'autre passe directement par le cœur. Or le muscle cardiaque a tendance à cesser de fonctionner lorsqu'il est soumis à de fortes tensions.

Les petits multimètres à affichage numérique coûtent à peine plus cher que les modèles à affichage analogique, sont extrêmement précis et plus sûrs pour les circuits numériques. Certains de ces contrôleurs ne sont guère plus grands qu'une cassette audio et tiennent dans la poche de chemise.

Attention

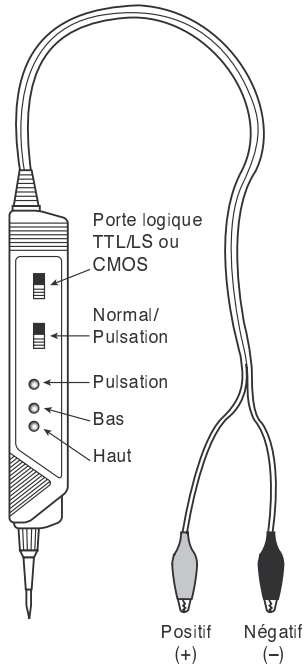
Vous devez être conscient que de nombreux multimètres analogiques peuvent être dangereux pour les circuits numériques. Ces contrôleurs sont alimentés par une pile de 9 V pour mesurer la résistance des circuits. Ils peuvent donc endommager certains circuits numériques, car ils injectent du courant de 9 V dans le circuit. Les multimètres numériques fonctionnent tous sur 3 V, 5 V, voire moins.

Sondes logiques et émetteurs logiques

Une sonde logique peut être utile pour diagnostiquer les problèmes dans des circuits numériques (voir Figure 19.7). Dans un circuit numérique, un signal peut avoir un état haut (+5 V) ou bas (0 V). Étant donné que ces signaux ne sont présents que peu de temps (mesuré en millionièmes de seconde) ou changent très rapidement d'état, un simple voltmètre ne sert à rien. Une sonde logique est conçue pour afficher facilement ces variations du signal.

Les sondes logiques sont particulièrement utiles pour dépanner un ordinateur mort. En utilisant la sonde, vous pouvez savoir si le circuit de l'horloge de base fonctionne et si d'autres signaux nécessaires au fonctionnement du système sont présents. Dans certains cas, une sonde peut vous aider à vérifier les signaux sur chaque broche d'une puce de circuit intégré. Vous pouvez comparer les signaux présents à chaque broche avec les signaux d'une puce du même type fonctionnant correctement; vous pouvez ainsi isoler ou non un élément en panne. Les sondes logiques peuvent

Figure 19.7
Exemple de sonde logique.



également servir à dépanner des problèmes de disque dur en vous permettant de tester les signaux présents sur le câble d'interface ou la carte du lecteur logique.

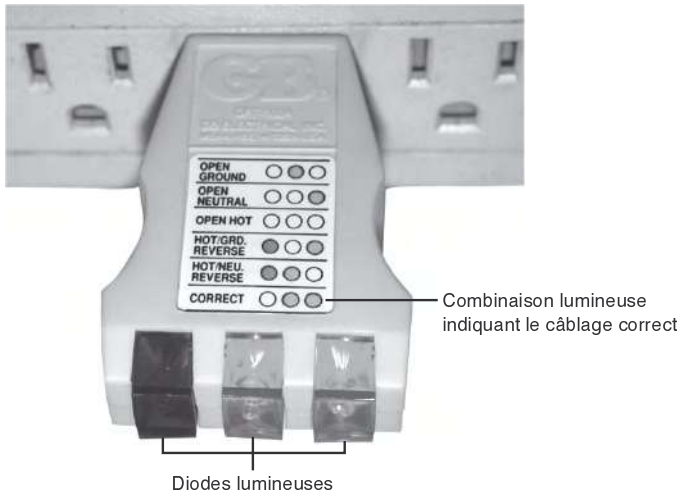
La sonde logique s'accompagne d'un émetteur logique, conçu pour tester la réaction d'un circuit en émettant une impulsion logique haute (+5 V) dans le circuit pendant 1,5 à 10 millionièmes de seconde. La réaction du circuit est ensuite comparée avec la réaction d'un circuit fonctionnel. Ce type de dispositif s'utilise beaucoup moins fréquemment que les sondes logiques, mais il peut être utile dans certains cas pour tester un circuit. Attention cependant, car l'injection d'une impulsion de 5 V dans un circuit conçu pour supporter une tension de 3,3 V ou moins peut éventuellement causer des dommages.

Testeurs de prise

Les testeurs de prise sont des outils de test très utiles, simples et peu coûteux. Il suffit de brancher l'appareil, et trois voyants s'allument et indiquent si le câblage de la prise est correct (voir Figure 19.8).

Contrairement à ce que l'on pourrait croire, il n'est pas rare que les prises électriques soient mal câblées. La plupart du temps, le problème vient du fil de liaison à la terre. Une prise mal câblée peut rendre instable un ordinateur et provoquer des erreurs de parité, voire des blocages aléatoires. Avec une mauvaise liaison à la terre, les courants peuvent traverser les circuits électriques reliés à la masse dans l'ordinateur. Comme ce dernier utilise la tension des circuits reliés à la masse comme un signal pour comparer l'état des bits (0 ou 1), cela peut provoquer des erreurs de données.

Figure 19.8
Exemple de testeur de prise.



Attention

Même si vous utilisez un régulateur de tension, celui-ci ne protège pas votre ordinateur si la prise du secteur est mal câblée. Par conséquent, vous devez utiliser un testeur de prise pour vous assurer que la prise alimente correctement votre ordinateur.

Une mauvaise liaison à la terre dans le câblage électrique peut également entraîner des décharges électriques lorsque vous touchez le boîtier ou le châssis de l'ordinateur. Ces chocs indiquent que le courant circule là où il ne devrait pas. Ce problème peut également être causé par des liaisons à la masse mauvaises ou incorrectes dans l'ordinateur. En utilisant le testeur de prise, vous pouvez simplement et rapidement savoir si le problème vient de la prise ou non.

Si vous recevez une décharge lorsque vous vous approchez d'un ordinateur, il est probable qu'il s'agisse d'une décharge d'électricité statique. Touchez de nouveau le châssis sans bouger les pieds. Si vous recevez un autre choc, un courant circule dans le fil de terre. Vous devez alors vérifier la prise et, si le test échoue, il vous faut appeler un électricien professionnel pour qu'il vérifie immédiatement la prise. Si le test ne décèle aucune anomalie, la faute incombe alors probablement à l'alimentation du PC (même si le système semble fonctionner normalement par ailleurs) qui doit être remplacée.

Nous vous recommandons d'utiliser un testeur de prise, mais si vous n'en disposez pas, vous pouvez tester une prise à l'aide d'un multimètre. Tout d'abord, n'oubliez pas de tenir les deux sondes d'une seule main. Testez la tension entre neutre et phase. Vous devriez obtenir une mesure entre 220 V et 230 V. Vérifiez ensuite la tension entre terre et phase, puis la tension entre terre et neutre. La première de ces deux mesures doit être à peu près identique à celle effectuée entre neutre et phase, tandis que la dernière doit être inférieure à 0,5 V.

Le neutre et la terre sont censés être reliés ensemble au panneau électrique; or, une différence importante entre ces mesures indique que ce n'est pas le cas. Toutefois, de petites différences peuvent provenir du courant des autres prises sur la ligne qui circule sur le neutre, alors qu'il n'y a aucun courant sur la terre.

Si vous n'obtenez pas les résultats que vous attendez, appelez un électricien pour tester les prises pour vous. De nombreux problèmes informatiques étranges sont, plus souvent qu'on ne le croit, causés par une mauvaise liaison à la terre ou d'autres problèmes d'alimentation.

Tester la mémoire

Les testeurs de mémoire dédiés sont beaucoup plus efficaces et performants que les logiciels de test de la mémoire, mais ils sont très chers et donc réservés aux ateliers et aux services de maintenance des entreprises qui ont besoin de tester rapidement et avec précision une grande quantité de modules de mémoire.

Sans un de ces testeurs, vous en êtes réduit à exécuter un programme de diagnostic sur le PC pour essayer les modules de mémoire déjà installés. Le test peut être très problématique, car ces programmes de diagnostic ne peuvent tester que la lecture et l'écriture de la mémoire. En revanche, un testeur de mémoire dédié peut procéder à des tests beaucoup plus poussés, par exemple :

- identifier le type de mémoire;
- identifier la vitesse de la mémoire;
- identifier si la mémoire est à parité;
- faire varier la fréquence de rafraîchissement et la vitesse d'accès;
- repérer les erreurs au niveau du bit;
- détecter les erreurs liées à l'alimentation et au bruit de ligne;
- détecter les soudures défectueuses et les courts-circuits en émulant les erreurs de parité;
- isoler les défaillances liées au temps d'accès;
- détecter les erreurs de conservation des données.

Aucun logiciel de diagnostic de la mémoire conventionnelle ne peut effectuer ces procédures, car il s'appuie sur les paramètres d'accès fixe définis par le contrôleur de mémoire du chipset de la carte mère. Cela empêche le logiciel de modifier la fréquence et les méthodes d'accès à la mémoire. Un module de mémoire peut fonctionner sur un ordinateur et non sur un autre, mais ce type de problème intermittent est presque impossible à détecter avec les logiciels de diagnostic.

En conclusion, il est impossible de tester la mémoire avec précision lorsqu'elle est installée dans un PC. Seul un testeur de mémoire permet d'obtenir des résultats complets et exacts. Le prix d'un testeur de mémoire peut donc se justifier pour un magasin d'informatique qui teste beaucoup de PC étant donné que de nombreuses mises à jour logicielles et matérielles nécessitent actuellement d'ajouter une nouvelle barrette de mémoire. Vu l'augmentation de la quantité de mémoire dans les ordinateurs actuels et les exigences strictes des nouveaux modèles de cartes mères en termes de

temps d'accès, il est devenu encore plus important de pouvoir identifier si la mémoire provoque des défaillances de l'ordinateur. CST (**www.simmtester.com**) et Tanisys (**www.tanisys.com**) sont deux exemples de sociétés qui commercialisent des testeurs de mémoire.

Pour les petites entreprises, les ateliers de réparation et les particuliers, un testeur de mémoire dédié est beaucoup trop cher pour que son achat soit justifié. Il faut donc se tourner vers un des deux logiciels suivants pour tester les modules de mémoire :

- **Microsoft Windows Mémoire de diagnostic.** Ce programme, inclus dans Windows Vista, est disponible à l'adresse suivante : **http://oca.microsoft.com/en/windiag.asp**.
- **Memtest86.** Ce logiciel est disponible à l'adresse suivante : **http://www.memtest86.com**.

Ces deux programmes peuvent être téléchargés gratuitement et doivent être gravés sur un CD-ROM de démarrage. Ils offrent un ensemble complet de tests de la mémoire (la version Windows Vista de Microsoft Windows Mémoire de diagnostic peut être exécutée à partir du DVD de démarrage de Windows Vista ou configurée pour s'exécuter au prochain démarrage de l'ordinateur). Autrement dit, il n'est pas nécessaire d'installer un quelconque logiciel sur le PC à tester ; il suffit de démarrer depuis le CD de test et de lancer le diagnostic. Ce dispositif signifie également que les tests peuvent s'effectuer sans que les protections de Windows ou de tout autre système d'exploitation n'interfèrent, ce qui améliore la précision des tests.

✔ Voir le Chapitre 5 pour plus d'informations sur la mémoire en général.

Maintenance préventive

La maintenance préventive est essentielle pour que l'ordinateur fonctionne sans problème pendant des années et permet de réduire les pertes de données, les pannes de composants et de prolonger la durée de vie de votre système. La maintenance peut également augmenter la valeur de votre ordinateur lorsque vous le revendez, car il conserve un aspect agréable et fonctionne mieux.

Toute personne qui utilise ou gère des PC doit développer un programme de maintenance préventive. Il existe deux types de procédures de maintenance préventive : la maintenance active et la maintenance passive.

La maintenance passive consiste à prendre des mesures préventives pour protéger l'ordinateur de son environnement, en utilisant des dispositifs de protection de l'alimentation, en conservant un environnement propre, en contrôlant la température et les vibrations excessives. En d'autres termes, la maintenance passive consiste à traiter votre ordinateur avec soin.

Un programme de maintenance active comprend des procédures qui prolongent la durée de vie de votre PC. Ce type de maintenance préventive consiste principalement à nettoyer régulièrement l'ordinateur et ses composants, à effectuer des sauvegardes, à utiliser des programmes antivirus et antispyware. Les sections suivantes décrivent plusieurs procédures de maintenance active.

Procédures de maintenance active

La régularité à laquelle vous devez effectuer les procédures de maintenance active dépend de l'environnement de l'ordinateur et de la qualité de ses composants. Si l'ordinateur est dans un environnement sale, dans un atelier de mécanique ou une station-service par exemple, un nettoyage peut se révéler nécessaire tous les trois mois, voire plus souvent. S'il se trouve dans un bureau, ce nettoyage peut être effectué une ou deux fois par an seulement. Toutefois, si l'ordinateur contient beaucoup de poussière lorsque vous l'ouvrez, vous devez le nettoyer plus souvent.

Pour le disque dur, la maintenance préventive active consiste à procéder à des sauvegardes périodiques des données. Selon le système d'exploitation et le système de fichiers utilisés, vous devez également défragmenter les disques durs au moins une fois par mois pour qu'ils restent efficaces et rapides.

Voici une liste de procédures à réaliser chaque semaine :

- Sauvegardez toutes les données ou les fichiers importants. L'utilitaire de sauvegarde des fichiers et des répertoires de Windows Vista, l'utilitaire NTBackup de Windows XP et de nombreux programmes tiers peuvent être configurés pour exécuter automatiquement cette étape à intervalles réguliers.
- Exécutez un scan complet du système complet avec un antivirus et un programme antispyware. Avant de lancer ces scans, assurez-vous d'installer les mises à jour de ces logiciels si elles existent. La plupart de ces programmes intègrent des routines de mise à jour qui vérifient automatiquement chaque semaine ou chaque mois la disponibilité de mises à jour.
- Exécutez l'utilitaire Nettoyage de disque de Windows pour trouver les fichiers que vous pouvez supprimer sans risque, comme :
  - les fichiers dans la corbeille ;
  - les fichiers Internet temporaires ;
  - les fichiers temporaires de Windows ;
  - les programmes d'installation des programmes téléchargés et installés ;
  - les points de restauration, sauf le plus récent ;
  - les composants optionnels de Windows que vous n'utilisez pas ;
  - les programmes que vous n'utilisez plus.
- Enfin, lancez le programme de défragmentation du disque. Les programmes de défragmentation s'exécutent automatiquement sous Windows Vista, mais vous pouvez utiliser un programme tiers comme VOPT pour une défragmentation plus approfondie.

Voici une liste de procédures à réaliser chaque mois :

- Créez un disque de démarrage du système d'exploitation si vous ne disposez pas du CD de démarrage du système d'exploitation. La fonctionnalité Sauvegarde complète du PC de l'Édition Entreprise et de l'Édition Ultimate de Windows Vista permet de créer une image complète du

À propos de la restauration du système

La restauration du système est un service automatique de Windows Me, XP et Windows Vista qui crée périodiquement des points de restauration, autrement dit des instantanés du registre et de certains autres fichiers système. Ces points de restauration ne contiennent aucune donnée ou programme de l'utilisateur et ne doivent donc pas être confondus ou utilisés en remplacement des procédures de sauvegarde normales des données. Le programme de restauration du système (qui se trouve dans le menu Programmes > Accessoires > Outils système) peut être utilisé manuellement pour revenir à un point de restauration précédemment créé ou pour créer manuellement un nouveau point de restauration. Vous n'avez généralement pas besoin de créer manuellement les points de restauration, car ils sont créés automatiquement chaque fois que vous installez une application, que vous effectuez une mise à jour automatique du système d'exploitation ou *via* Windows Update, que vous installez un pilote non certifié mais également toutes les 24 heures lors de la mise sous tension ou si la création du dernier point de restauration remonte à plus de 24 heures.

Même si vous n'avez généralement pas besoin de créer des points de restauration manuellement, nous vous conseillons de le faire avant de modifier le registre afin de créer une sauvegarde de ce dernier et d'être ainsi en mesure de le restaurer si cette modification pose problème.

Le programme de restauration du système de Windows Vista, contrairement à celui de ses prédécesseurs, peut être exécuté sans ouvrir le Bureau de Windows. Vous pouvez exécuter Windows Recovery Environment à partir du DVD de Windows Vista pour restaurer le système à un état antérieur.

système d'exploitation, qui peut ensuite être restaurée. Il existe également des programmes tiers qui fournissent les mêmes options.

- Vérifiez s'il existe des mises à jour des pilotes des cartes graphiques, cartes son, modems et des autres périphériques, et installez-les le cas échéant.
- Installez toutes les mises à jour disponibles du système d'exploitation. Si l'option Mises à jour automatiques (recommandé) est activée, cela s'effectue automatiquement.
- Nettoyez le système, y compris l'écran, le clavier, les lecteurs optiques, le lecteur de disquettes, la souris, et ainsi de suite.
- Vérifiez que tous les ventilateurs de l'ordinateur fonctionnent correctement. Vous pouvez utiliser les données du BIOS pour vérifier rapidement leur vitesse de rotation. Certaines cartes mères et certains ordinateurs disposent d'utilitaires qui permettent d'afficher ces informations dans Windows. Ouvrez le châssis afin d'examiner les ventilateurs qui ne fonctionnent pas ou dont le rythme est plus lent que la normale.

Sauvegardes

La sauvegarde régulière est une des procédures les plus importantes de la maintenance préventive. En effet, le matériel peut toujours être réparé ou remplacé, mais les données ne le peuvent pas.

Beaucoup de procédures de dépannage du disque dur exigent par exemple de repartitionner ou de reformater le disque, ce qui écrase toutes les données existantes.

La capacité des disques durs a augmenté à tel point que les disquettes ne représentent plus une solution de sauvegarde viable. Les solutions de sauvegarde sur disquettes, comme le logiciel de sauvegarde DOS, sont insuffisantes et trop coûteuses pour effectuer des sauvegardes des disques durs actuels. Le Tableau 19.8 indique le nombre d'unités de stockage nécessaires à la sauvegarde du contenu d'un disque de 80 Go sur différents supports.

Tableau 19.8 : Quantité et coût de différents supports requis pour une sauvegarde complète d'un disque de 80 Go

Type de support	Nombre requis	Coût unitaire	Coût total
Disquettes de 1,44 Mo	54883	0,1 €	5488,5 €
Disques CD-R 80-minutes/700 Mo	109	0,15 €	16,5 €
DVD+/-R	18	0,30 €	5,5 €
DVD+/-R double couche	11	1,3 €	14,5 €
DAT DDS-4	4	6 €	20 €
DAT DDS-4 (données compressées)	2	6 €	10 €
DAT72	3	10 €	30 €
DAT72 (données compressées)	2	10 €	20 €

En supposant que le disque dur de 80 Go soit plein, il faudrait 54883 disquettes de 1,44 Mo, par exemple ! L'achat des disquettes représenterait un coût de 5488,5 €, sans parler du temps nécessaire pour procéder à la sauvegarde. Comme vous pouvez le voir, 109 cd seraient nécessaires, ce qui est beaucoup trop. En revanche, cette sauvegarde pourrait être réalisée avec 18 DVD enregistrables seulement (un peu plus de la moitié en utilisant des disques double couche), ce qui serait toujours assez long mais déjà plus acceptable. La sauvegarde sur bande semble être la meilleure solution car seules deux cassettes DAT DDS-4 ou DAT72 seraient nécessaires, ce qui signifie qu'il ne faudrait changer qu'une seule fois de bandes.

Bien que les CD-RW soient très bon marché, il faut un grand nombre de disques pour sauvegarder un disque dur contenant plusieurs gigaoctets de données, sans compter que le processus serait assez peu pratique et inapproprié pour une sauvegarde régulière. Les DVD réinscriptibles peuvent stocker 4,7 Go de données (non compressées) pour 1 € environ l'unité. Le coût global de la sauvegarde sur DVD réinscriptible est à peu près le même qu'en utilisant des CD-RW, mais la quantité de disques nécessaires est considérablement plus réduite. Toutefois, l'utilisateur doit toujours changer périodiquement les disques dans le lecteur lorsque la sauvegarde porte sur plus de 4,7 Go de données.

Bien que les bandes ou les disques optiques semblent constituer un bon choix à première vue, la taille des disques durs dépasse largement les capacités de ces supports. À l'heure actuelle, un disque

dur de 80 Go est considéré comme un disque de petite taille, étant donné que des disques de 1 To ou plus sont disponibles. Aucun système de sauvegarde ne semble approprié, hormis un autre disque dur de grande capacité. Étant donné le coût relativement faible des disques durs à l'heure actuelle, cette solution est économique, rapide et efficace, mais en cas de catastrophe (vol ou incendie) vous pouvez tout de même facilement tout perdre. En outre, une seule sauvegarde ne suffit pas, car si celle-ci est mauvaise vous n'avez plus de solutions de rechange. Nous vous conseillons donc de créer au moins deux ou trois copies de sauvegarde des données importantes, ce qui nécessite habituellement de nombreux autres disques durs.

Une matrice RAID 1 reflète automatiquement le contenu d'un disque à un autre (voir le Chapitre 6, "L'interface ATA", pour plus de détails), et de nombreuses cartes mères intègrent maintenant des adaptateurs RAID SATA. Cependant, le système RAID n'est pas une sauvegarde. Le RAID offre la redondance mais les sauvegardes restent importantes. Avec une matrice RAID 5, si l'un des disques durs tombe en panne, toutes les données sont encore disponibles, mais la matrice est en péril; en effet, si un autre lecteur tombe en panne, alors toutes les données sont perdues.

Vu l'augmentation significative de la capacité des disques durs au cours des dernières années, l'utilisation d'un ou plusieurs disques durs externes constitue souvent la meilleure forme de sauvegarde. Les disques durs externes permettent de sauvegarder le contenu de plusieurs disques durs, leur capacité pouvant atteindre 1 To. De plus, la sauvegarde peut être réalisée sur un seul disque. Certains modèles disposent même d'un bouton pour lancer la sauvegarde. Vous pouvez assembler de petits serveurs de stockage capables d'accueillir plusieurs téra-octets de données. Cependant, vous pouviez encore vouloir stocker les données de façon définitive sur un CD, DVD ou une bande DAT. Les prix des disques durs ont tellement baissé que la sauvegarde de disque à disque est souvent la meilleure alternative d'un point de vue financier, compte tenu de la capacité et de la vitesse de transfert qu'offre ce support par rapport aux autres. Dans la plupart des cas, vous pouvez utiliser deux disques externes de capacité égale ou supérieure à celle du disque principal. De cette façon, vous pouvez déplacer les disques externes dans un autre endroit entre deux sauvegardes, ce qui protège les données d'une catastrophe éventuelle.

Quelle que soit la solution que vous adoptez, la sauvegarde est inutile si vous ne pouvez pas restaurer vos données depuis le support de stockage. Vous devez tester votre système de sauvegarde en effectuant des restaurations de fichiers aléatoires à intervalles réguliers afin de vous assurer de la viabilité de vos données.

Nettoyage de l'ordinateur

Le nettoyage complet du système à intervalles réguliers est une des opérations les plus importantes à réaliser dans un bon programme de maintenance préventive. L'accumulation de poussière sur les composants internes peut en effet entraîner plusieurs problèmes. Tout d'abord, la poussière agit comme un isolant thermique et empêche le refroidissement de s'effectuer correctement. Une chaleur excessive réduit la durée de vie des composants et aggrave les conséquences des chocs thermiques lors de la mise sous tension et l'arrêt de l'ordinateur. En outre, la poussière peut contenir des

éléments conducteurs pouvant causer des courts-circuits partiels. D'autres éléments dans la poussière et la saleté peuvent accélérer la corrosion des contacts électriques et entraîner de mauvaises connexions. En résumé, la suppression régulière de la poussière et des débris à l'intérieur d'un ordinateur lui profite à long terme.

Astuces

La fumée de cigarette contient des produits chimiques pouvant agir comme des conducteurs électriques et corroder l'ensemble de l'ordinateur, des contacts électriques et des composants sensibles, comme les têtes de lecture et d'écriture du lecteur de disquettes et la lentille du lecteur optique. C'est pourquoi vous devriez éviter de fumer à proximité du matériel informatique.

Les lecteurs de disquettes sont particulièrement vulnérables aux effets de la saleté et de la poussière. Un lecteur de disquettes est essentiellement un grand "trou" dans la façade du châssis à travers lequel l'air circule. Par conséquent, ces lecteurs accumulent une grande quantité de poussière en un court laps de temps. Les disques durs, en revanche, ne présentent pas tout à fait le même problème. Comme la tête de lecture du disque (HDA) se trouve dans une unité scellée, la saleté ou la poussière ne peut pas entrer sans passer par le filtre de ventilation barométrique. Ainsi, il suffit de souffler cette poussière située autour du lecteur pour le nettoyer. Aucun nettoyage intérieur n'est nécessaire.

Outils de démontage et de nettoyage

Le nettoyage de l'ordinateur et de toutes les cartes nécessite certains outils et produits en complément de ceux utilisés pour démonter l'unité :

- une solution de nettoyage des contacts;
- une bombe d'air comprimé;
- une petite brosse;
- des tampons de nettoyage qui ne peluchent pas;
- un bracelet antistatique.

Vous pouvez également acquérir un chiffon en peau de chamois, du lubrifiant au silicone et un aspirateur. Ces outils de nettoyage et ces solutions chimiques vous permettent d'effectuer la plupart des tâches les plus courantes de maintenance préventive.

Produits chimiques

Les produits chimiques peuvent être utilisés pour nettoyer, dépanner, voire même réparer un ordinateur. Vous pouvez utiliser plusieurs types de solutions de nettoyage d'ordinateurs et de composants électroniques.

Astuces

La composition de nombreux produits chimiques conseillés pour le nettoyage des composants électroniques a changé, car bon nombre des produits chimiques utilisés auparavant sont maintenant considérés comme dangereux pour l'environnement. Il s'agit principalement des gaz fluorés (CFC) et des solvants chlorés qui détruisent les molécules d'ozone et sont en partie responsable du trou dans la couche d'ozone. Les produits chimiques plus sûrs, utilisés actuellement, ont pour inconvénients d'être souvent plus chers et moins efficaces que ceux qu'ils ont remplacés.

Produits de nettoyage standard

Les produits de nettoyage des connecteurs électriques et des contacts les plus élémentaires sont à base d'alcool isopropylique pur ou d'acétone. Récemment, de nouveaux nettoyants biodégradables à base d'agrumes (pelures d'orange) ou de pins ont fait leur apparition. Dans de nombreux cas, ils se révèlent plus efficaces et plus économiques pour le nettoyage des circuits imprimés et des contacts que les autres solutions. Vous devez cependant être prudent si vous utilisez ces produits, car ils peuvent provoquer un gonflement de certaines matières plastiques, en particulier le caoutchouc et le PVC.

Vous devez vous assurer que votre solution de nettoyage est conçue pour nettoyer les ordinateurs ou les composants électroniques. Dans la plupart des cas, cela signifie que cette solution doit être chimiquement pure et exempte de contaminants ou d'autres substances indésirables. Ces solutions doivent de préférence se présenter sous forme liquide et non dans un pulvérisateur, afin d'éviter tout gaspillage du produit. En outre, vous ne devez pratiquement jamais appliquer le nettoyant directement sur les composants mais utiliser un tampon ou une peau de chamois pour nettoyer et essuyer le composant. Ces solutions de nettoyage sont disponibles dans tout bon magasin d'électronique.

Produits de nettoyage des contacts et lubrifiants

Ces produits chimiques sont comparables aux produits de nettoyage standard, mais contiennent un lubrifiant qui facilite le branchement et le débranchement des câbles et des connecteurs, ce qui réduit ainsi la pression exercée sur ces périphériques. Le revêtement lubrifiant agit également comme un protecteur qui isole les contacts de la corrosion. Ces produits chimiques peuvent prolonger considérablement la vie d'un système en empêchant les mauvais contacts.

Le meilleur produit disponible sur le marché est le Stabilant 22. Ce produit chimique semi-conducteur liquide à base de polymères, disponible sous plusieurs formes, se comporte comme du métal liquide et est un excellent conducteur électrique. Le Stabilant 22 est très cher, mais il est beaucoup plus efficace que les produits de nettoyage des contacts ou les lubrifiants conventionnels (la NASA l'utilise sur les composants électroniques des engins spatiaux) et peut protéger vos composants pour une durée de 16 ans, selon son fabricant, DW Electrochemicals.

Air comprimé

Les gaz comprimés sont souvent utilisés en complément du nettoyage. Ils permettent de souffler la poussière et les débris hors de l'ordinateur. Soyez prudent lorsque vous utilisez ces appareils, car certains d'entre eux peuvent générer une charge statique lorsque le gaz comprimé quitte le vaporisateur. Assurez-vous que le produit peut être utilisé pour nettoyer du matériel informatique, et portez un bracelet antistatique par mesure de précaution. Le type d'air comprimé utilisé pour le nettoyage des appareils photo peut parfois différer de celui utilisé pour le nettoyage des composants informatiques sensibles à l'électricité statique.

Lors de l'utilisation de ces produits d'air comprimé, tenez le vaporisateur en position verticale de sorte que seul le gaz soit éjecté de la buse. Vous ne devez utiliser le gaz comprimé qu'après avoir coupé l'alimentation afin de réduire au minimum les risques de courts-circuits.

Aspirateurs

Certains préfèrent utiliser un aspirateur au lieu du gaz comprimé pour dépoussiérer les ordinateurs. Le gaz comprimé est plus pratique pour nettoyer de petites zones, tandis que l'aspirateur est plus utile si vous nettoyez un ordinateur très sale et très poussiéreux. Il permet également d'aspirer la poussière et des débris au lieu de simplement les souffler sur les autres composants, ce qui se produit parfois avec le gaz comprimé. Il existe de petits aspirateurs destinés au nettoyage des composants électroniques spécialement conçus pour minimiser les risques de décharges électrostatiques.

Brosses et tampons

Vous pouvez utiliser un petit tampon de maquillage, une brosse de nettoyage des objectifs d'appareils photo ou un pinceau pour brosser délicatement la poussière accumulée à l'intérieur d'un PC avant d'utiliser une bombe d'air comprimé ou un aspirateur. Là encore, faites attention aux décharges d'électricité statique. Dans la plupart des cas, vous ne devez pas utiliser le pinceau directement sur les circuits imprimés, mais uniquement sur l'intérieur du châssis et les pales du ventilateur, les entrées d'air et le clavier. Portez un bracelet antistatique si vous brossez une zone à proximité d'une carte, et procédez lentement et délicatement pour empêcher les décharges d'électricité statique.

Utilisez des tampons de nettoyage pour essuyer les contacts électriques et les connecteurs, les têtes du lecteur de disquettes ou des lecteurs à bandes, ainsi que d'autres zones sensibles. Les tampons doivent être en peau de chamois ou en matière synthétique et ne pas laisser de peluches ou de résidus de poussière. N'utilisez pas de tampons en coton, car ils laissent des fibres de coton sur toutes les zones avec lesquelles ils entrent en contact. Les fibres de coton sont conductrices d'électricité dans certains cas et peuvent rester sur les têtes des disques, ce qui peut rayer les disques.

Attention

N'utilisez jamais de gomme à effacer pour nettoyer les contacts. Beaucoup de personnes conseillent d'utiliser une gomme douce pour le nettoyage des contacts des circuits imprimés. Les tests ont prouvé qu'il s'agissait d'un très mauvais conseil, car le nettoyage abrasif des contacts électriques génère un frottement et de l'électricité statique pouvant durablement endommager les cartes et les autres composants, en particulier les périphériques récents utilisant une faible tension. Ces périphériques sont particulièrement sensibles aux décharges d'électricité statique et le nettoyage des contacts à sec n'est pas recommandé. En outre, la gomme enlève le revêtement en or sur de nombreux contacts, ce qui accélère leur corrosion.

Lubrifiants au silicone

Vous pouvez utiliser un lubrifiant au silicone sur le volet du lecteur de disquettes et sur toute autre partie du système qui nécessite un nettoyage propre et sans huile, comme les rails de disques durs voire les têtes d'impression de l'imprimante. Utilisez toujours le silicone avec parcimonie.

Démontage et procédures de nettoyage

Pour bien nettoyer votre système, vous devez le démonter au moins partiellement. Certaines personnes vont même jusqu'à retirer la carte mère, ce qui permet d'accéder de la meilleure façon possible à tous les recoins du châssis. Pour gagner du temps, il vous suffit de démonter tous les composants de l'ordinateur qui masquent en partie la carte mère.

À cet effet, enlevez toutes les cartes d'extension et les disques durs. Reportez-vous au Chapitre 17 pour la procédure d'assemblage et de démontage complète. Bien que vous puissiez nettoyer la tête du lecteur de disquettes sans ouvrir l'unité à l'aide d'une disquette de nettoyage, vous pouvez procéder à un nettoyage plus approfondi. Outre les têtes du lecteur, il est conseillé de nettoyer et de lubrifier le mécanisme du volet ainsi que les circuits imprimés et les connecteurs du lecteur. Cette procédure nécessite habituellement d'enlever le lecteur. Avec des lecteurs de sauvegarde à bandes, vous pouvez utiliser la cartouche de nettoyage recommandée par le constructeur avant d'effectuer une sauvegarde.

Ensuite, répétez la même opération sur les disques durs. Nettoyez les circuits imprimés et les connecteurs. Pour ce faire, vous devez retirer le disque dur. Par mesure de précaution, sauvegardez vos données au préalable.

Nettoyage des cartes

Une fois que vous avez replacé les périphériques mal enfichés sur leur support (voir la section "Technical Reference" sur le CD qui accompagne cet ouvrage pour plus de détails), la prochaine étape consiste à nettoyer les cartes et tous les connecteurs. Pour cette étape, utilisez les produits de nettoyage et des tampons qui ne peluchent pas comme indiqué précédemment.

Tout d'abord, nettoyez la poussière et les débris, puis nettoyez les connecteurs de la carte. Utilisez une bombe d'air comprimé ou un aspirateur spécialement conçu pour les composants électroniques. Enlevez également toute la poussière de l'alimentation, en particulier autour du ventilateur. Pour ce faire, il est inutile d'enlever le bloc d'alimentation; un chiffon et une bombe d'air comprimé pour souffler la poussière à travers l'orifice du ventilateur feront l'affaire. Vous enlèverez ainsi la poussière des pales du ventilateur et de la grille, ce qui assurera une meilleure circulation de l'air.

Nettoyage des connecteurs et des contacts

Le nettoyage des connecteurs et des contacts favorise les connexions entre les périphériques. Sur la carte mère, vous devez nettoyer les fentes des connecteurs, les connecteurs d'alimentation, les connecteurs de clavier, de la souris et des haut-parleurs.

Accordez une attention particulière aux connecteurs femelles. N'hésitez pas à utiliser beaucoup de produit de nettoyage et nettoyez vigoureusement les connecteurs. Ne vous inquiétez pas si quelques gouttes de liquide se répandent sur la surface de la carte mère. Les produits employés ne risquent pas d'endommager les composants. Nettoyez également les contacts dorés dans la fente des connecteurs, puis nettoyez les autres connecteurs de la carte, les points de fixation de la carte au châssis et le connecteur de la batterie.

Si vous nettoyez une carte d'extension, accordez une attention particulière au connecteur qui s'enfiche sur la carte mère. Évitez de toucher les contacts dorés sur ces connecteurs, car les traces grasses que laissent vos doigts peuvent provoquer de mauvais contacts.

Nettoyage du clavier et de la souris

Les claviers et les souris à boule sont connus pour amasser toute sorte de saleté. Si vous ouvrez un vieux clavier, vous serez surpris de ce que vous trouverez à l'intérieur. Pour éviter les problèmes, vous devez nettoyer régulièrement le clavier avec un aspirateur. Vous pouvez également retourner le clavier et pulvériser de l'air comprimé afin de souffler les débris qui se sont accumulés entre les touches.

Lorsqu'une touche se bloque ou ne fait plus contact par intermittence, démontez la touche puis vaporisez du produit de nettoyage sur le contact. Il n'est généralement pas nécessaire de démonter entièrement le clavier. L'utilisation régulière de l'aspirateur ou de la bombe d'air comprimé évite les problèmes de touches coincées.

La plupart des souris à boule sont faciles à nettoyer. Dans la plupart des cas, la boule est maintenue dans le corps de la souris par un loquet de verrouillage pivotant. Après avoir retiré la boule, vous devez la nettoyer avec un produit de nettoyage destiné aux composants électroniques. Nous vous conseillons d'employer un produit pur et non un lubrifiant. Nettoyez ensuite les rouleaux dans le corps avec un tampon.

Pour garder une souris optique ou laser propre, il suffit de vérifier sous la souris qu'aucune poussière ou débris n'obture la lumière ou détecteur. Utilisez la bombe d'air comprimé pour enlever la poussière ou les autres corps étrangers.

Nettoyer chaque mois la souris de cette manière élimine ou évite les mouvements erratiques. Il est également conseillé d'utiliser un tapis de souris pour la plupart des souris à boule, afin d'éviter qu'elles n'amassent les débris présents sur votre bureau.

Les autres dispositifs de pointage, comme le périphérique TrackPoint conçu par IBM, ne nécessitent pas ou peu de maintenance. Ces périphériques sont totalement fermés et utilisent des transducteurs de pression pour contrôler le mouvement du pointeur. Les souris optiques qui n'utilisent pas de boule nécessitent également peu d'entretien. Le nettoyage ne doit être effectué que sur la surface extérieure et se résume simplement à essuyer le périphérique avec une solution de nettoyage pour enlever les dépôts gras qui se sont accumulés en le manipulant.

Entretien du disque dur

Certaines procédures de maintenance préventive protègent et garantissent le bon fonctionnement du disque dur. Certaines de ces procédures minimisent en fait l'usure du disque, ce qui prolonge sa durée de vie. En outre, vous pouvez efficacement protéger vos données en exécutant régulièrement des commandes simples. Ces commandes concernent la sauvegarde (et la restauration éventuelle) des zones critiques du disque dur qui, si elles sont endommagées, empêchent l'accès à tous les fichiers.

La défragmentation des fichiers

Au fur et à mesure que vous supprimez et enregistrez des fichiers sur un disque dur, les fichiers se fragmentent. En d'autres termes, ils sont répartis dans de nombreuses zones non contiguës sur le disque. Une des meilleures protections du disque dur et des données consiste à défragmenter régu-

lièrement les fichiers sur le disque. La défragmentation remplit deux objectifs : en veillant à ce que tous les fichiers soient stockés dans des secteurs contigus sur le disque, les mouvements de la tête sont moindres, ce qui réduit son usure au minimum. En outre, cela diminue le temps d'accès aux fichiers car la tête a moins besoin de se déplacer sur la surface du disque.

Le second avantage de la défragmentation est peut-être le plus important : si le système de fichier est sévèrement endommagé, les données sur le disque peuvent généralement être récupérées si les fichiers sont contigus. En revanche, si les fichiers sont divisés en plusieurs parties dans de nombreuses zones sur le lecteur, il est difficile, voire quasiment impossible, de savoir quelles portions de données appartiennent à quels fichiers lorsque le système de fichiers n'est plus intact. Il est donc conseillé de défragmenter les disques durs une fois par mois afin de conserver l'intégrité des données et de les protéger.

La plupart des programmes de défragmentation proposent les trois fonctions suivantes :

- défragmentation des fichiers;
- regroupement des fichiers (consolidation de l'espace libre);
- tri des fichiers;

La défragmentation est la fonction de base, mais la plupart des programmes permettent également de regrouper les fichiers. Cette fonctionnalité est en option sur certains programmes, car sa réalisation nécessite plus de temps. Cette fonction regroupe les fichiers au début du disque et tout l'espace libre à la fin du disque, ce qui réduit la fragmentation des fichiers par la suite. Comme tout l'espace libre est contigu, les nouveaux fichiers écrits sur le disque sont susceptibles d'être écrits de manière contiguë sans fragmentation.

La dernière fonction, le tri des fichiers (parfois appelé optimisation), n'est généralement pas nécessaire et est proposée en option par de nombreux programmes de défragmentation. Cette fonction allonge énormément le processus de défragmentation; en effet, celui-ci déplace les fichiers en fonction de leur fréquence d'utilisation, même s'ils ne sont pas fragmentés. Les performances peuvent s'en trouver améliorées dans la mesure où l'accès aux fichiers stockés vers le début du disque est plus rapide que l'accès de ceux qui sont stockés vers le milieu ou la fin. Cela peut aussi faciliter la récupération des données en cas de catastrophe, car vous aurez une idée de l'emplacement des fichiers. Tous les programmes de défragmentation ne disposent pas de cette option de tri, et les avantages qu'elle procure ne contrebalancent pas obligatoirement le temps supplémentaire nécessaire à son exécution. D'autres programmes permettent de trier l'ordre dans lequel les fichiers apparaissent dans les dossiers, ce qui se révèle beaucoup plus rapide et plus simple comparé au tri des fichiers sur le disque.

Windows 9x/Me/2000/XP et Vista intègrent un programme de défragmentation de disque que vous pouvez utiliser sur n'importe quel système de fichiers que le système d'exploitation prend en charge (l'utilitaire de défragmentation de Vista s'exécute automatiquement). Sous DOS, Windows 3.x et

certaines versions de NT, vous devez acheter un programme de défragmentation tiers, comme celui de la suite Norton Utilities.

Si vous choisissez d'utiliser un produit tiers sous Windows 9x/Me/2000/XP/Vista, assurez-vous qu'il prenne en charge le système de fichiers que vous utilisez sur vos disques. Exécuter un programme de défragmentation FAT16 sur un lecteur FAT32 peut provoquer de graves problèmes. VOPT, de Golden Bow, est un excellent programme de défragmentation tiers qui fonctionne sur tous les systèmes. Pour de plus amples renseignements sur ces programmes, consultez la liste de fournisseurs dans la section "Vendor List" sur le CD-ROM qui accompagne cet ouvrage.

Avant de défragmenter vos disques, vous devez lancer un programme de vérification et de réparation du disque, comme ScanDisk ou Norton Disk Doctor, même si vous n'avez aucun problème. Cette opération garantit que les lecteurs sont en bon état de fonctionnement avant de commencer le processus de défragmentation.

Assistant Tâche planifiée

Windows 98 et les versions ultérieures disposent d'un planificateur de tâches grâce auquel programmer l'exécution automatique des programmes. L'assistant Tâche planifiée vous aide à planifier la défragmentation ou la vérification régulière des disques et la suppression des fichiers inutiles. Vous pouvez programmer ces processus pour qu'ils s'exécutent en dehors des heures de travail afin de ne pas perturber vos activités.

Les virus et les logiciels espions

Les virus et les logiciels espions (spywares) représentent un danger pour tous les ordinateurs, si bien qu'il est conseillé de procéder régulièrement à des scans à l'aide de programmes antivirus et antispyware. Beaucoup d'utilitaires sont disponibles pour effectuer ces tâches, mais quel que soit le programme que vous utilisez, vous devez effectuer un scan périodiquement et avant toute sauvegarde du disque dur afin d'éviter une catastrophe majeure. Choisissez des programmes antivirus et antispyware qui sont régulièrement mis à jour, car de nouveaux virus et logiciels espions apparaissent constamment.

Astuces

Les virus et les logiciels espions sont plus dangereux et plus nombreux que jamais. Activez le pare-feu de votre système d'exploitation et les options de mise à jour automatique qu'offrent la plupart des programmes récents afin que votre protection reste à jour. Ces téléchargements ne prennent que quelques minutes par jour, même avec une connexion par modem. Si vous avez une connexion haut débit, la protection la plus récente est téléchargée en quelques instants. L'utilisation du pare-feu empêche de nombreux types de virus et logiciels espions d'attaquer votre système.

Procédures de maintenance préventive passive

La maintenance préventive passive implique d'offrir à l'ordinateur les meilleures conditions possibles pour son fonctionnement du système, tant au plan physique (température ambiante, choc thermique à l'arrêt et au démarrage, poussière, fumée, chocs et vibrations) qu'électrique (décharges

électrostatiques, bruit des lignes d'alimentation et interférences radio). Chacun de ces sujets est abordé dans les sections suivantes.

Examen de l'environnement

La protection du matériel est un des aspects de la maintenance préventive les plus négligés, ce qui est curieux vu que ce même matériel représente souvent un investissement financier important. Les ordinateurs sont relativement tolérants et sont généralement en sécurité dans un environnement qui convient aux personnes humaines. Par contre, les ordinateurs sont souvent traités avec aussi peu de respect que les calculatrices de bureau, ce qui entraîne de nombreuses défaillances.

Avant d'assembler un nouveau PC, réfléchissez à son emplacement. L'ordinateur ne doit pas être exposé à la fumée ou à d'autres sources de pollution dans l'air. Ne le placez pas en face d'une fenêtre, car il ne doit pas être exposé directement à la lumière du soleil ou à des variations de température. La température ambiante doit être aussi constante que possible. L'alimentation doit disposer d'une prise reliée à la terre, être stable et exempte de bruit électrique. L'ordinateur doit être éloigné de tout émetteur radio ou d'autres sources de fréquence radio.

Infos

Nous vous déconseillons également les bureaux dans lesquels l'unité centrale prend place dans une niche fermée, car elle risque de surchauffer.

Refroidissement

Les variations de la température ambiante provoquent la dilatation et la contraction des composants et peuvent entraîner de graves problèmes. Il est donc important de maintenir une température constante dans la pièce afin que l'ordinateur fonctionne correctement. En cas de variation brutale de la température, les puces peuvent en souffrir, les circuits imprimés des cartes se craqueler, les soudures lâcher et les contacts se corroder rapidement.

Les variations de température peuvent causer des ravages avec les disques durs. Sur certains lecteurs, l'écriture sur une disquette à différentes températures ambiantes se fera à des positions différentes, ce qui pourra causer des problèmes ultérieurs de lecture ou d'écriture.

Pour vous assurer que l'ordinateur fonctionne à la bonne température ambiante, vous devez d'abord connaître la température minimale et maximale à laquelle il peut fonctionner. La plupart des constructeurs fournissent ces données. Ils indiquent parfois la température acceptable lors du fonctionnement de l'ordinateur et lorsqu'il est à l'arrêt. IBM préconise par exemple les températures suivantes :

- ordinateur allumé : de 15 à 32 ˚C;
- ordinateur éteint : de 10 à 43 ˚C.

Pour la sécurité du disque et des données qu'il contient, évitez les changements brutaux de température ambiante. Si cela se produit (un nouveau disque dur est livré pendant l'hiver), laissez le lecteur s'acclimater à la température ambiante de la pièce avant de l'utiliser. Dans les cas extrêmes, de la

condensation peut se former sur les plateaux du lecteur, ce qui est désastreux pour le disque si vous l'allumez avant que la condensation ne s'évapore. La plupart des constructeurs indiquent le temps nécessaire à l'acclimatation du disque dur avant de pouvoir l'utiliser. Vous devez généralement attendre plusieurs heures, voire un jour après sa livraison s'il a été stocké dans un environnement froid. Les constructeurs conseillent généralement de laisser le lecteur dans son emballage jusqu'à ce qu'il se soit acclimaté. Hors de l'emballage, le risque que de la condensation se forme au fur et à mesure que le disque se réchauffe est plus important.

Mises sous tension et arrêts répétés

Comme vous venez de le voir, les variations de température représentent un grand danger pour l'intégrité physique des composants. Cependant, les plus grandes variations de température rencontrées par un ordinateur sont celles qui se produisent lorsqu'on l'allume ou qu'on l'éteint. Si vous voulez que votre ordinateur fonctionne pendant de longues années sans problème, vous devez limiter ces variations de température. Vous pouvez limiter les écarts de température simplement, soit en laissant l'ordinateur constamment allumé ou éteint. La seconde de ces options n'est évidemment guère envisageable. Laisser l'ordinateur sous tension est le meilleur moyen de le rendre fiable. Si la longévité de l'ordinateur est votre seule préoccupation, il vous suffit de maintenir l'unité sous tension (ou hors tension !) en permanence. En pratique, plus de variables entrent en compte, comme le coût de l'électricité, le risque d'incendie que représente le fonctionnement du matériel sans surveillance, etc.

Si vous réfléchissez à la manière dont les ampoules électriques grillent en général, vous comprenez à quel point les chocs thermiques cycliques peuvent être dangereux. Les ampoules brûlent le plus souvent lorsque vous les allumez car leur filament subit un choc thermique incroyable en moins d'une seconde, en passant de la température ambiante à plusieurs milliers de degrés. Une ampoule qui reste en permanence allumée aura une durée de vie plus longue qu'une autre allumée et éteinte à plusieurs reprises.

L'alimentation est l'élément le plus susceptible de connaître des problèmes lors de la mise sous tension. La charge de courant au démarrage du système est très élevée pendant les premières secondes par rapport à la charge normale de fonctionnement. Comme le courant doit provenir de l'alimentation, celle-ci exige une charge très importante durant les premières secondes, en particulier si plusieurs disques durs doivent être alimentés, car les moteurs des disques exigent une très forte charge. Cette demande provoque souvent une surcharge d'un circuit marginal ou d'un composant de l'alimentation et entraîne une panne brutale. Là encore, il est préférable de limiter le nombre de démarrages de l'alimentation et donc de laisser l'ordinateur allumé constamment.

Cependant, il n'est pas conseillé non plus de laisser un ordinateur allumé 24 heures sur 24, en raison notamment des risques d'incendie. Si les ventilateurs de refroidissement de l'écran tombent en panne, il peut se produire un court-circuit qui entraîne la surchauffe de l'alimentation et de l'ensemble du système. En outre, laisser un ordinateur constamment sous tension représente un gaspillage de l'énergie électrique qui va à l'encontre des mesures prises par de nombreuses entreprises. La con-

sommation d'énergie de certains ordinateurs peut être assez élevée. Enfin, un ordinateur fonctionnant sans surveillance représente un plus grand risque en termes de sécurité que si celui-ci est éteint.

Par conséquent, vous devez chercher un compromis en n'allumant l'ordinateur qu'une fois par jour. Ce conseil est souvent ignoré, en particulier lorsque plusieurs utilisateurs partagent le même ordinateur car chacun allume le PC pour effectuer des travaux, puis l'éteint. Les composants de ces ordinateurs connaissent généralement beaucoup plus de défaillances.

Infos

Si vous utilisez un programme d'accès à distance à un ordinateur hôte, l'hôte distant doit fonctionner constamment. Pour économiser de l'énergie, éteignez son moniteur et configurez sa mise en veille afin de ralentir le processeur et les autres composants lorsqu'il n'est pas sollicité. Pour cela, utilisez les options d'alimentation du panneau de configuration de Windows ou modifiez les paramètres du BIOS.

Vous devez également configurer les systèmes hôtes qui utilisent des sessions pour qu'ils n'installent pas automatiquement les mises à jour Windows, car certaines mises à jour entraînent le redémarrage de l'ordinateur, si bien que celui-ci n'est alors plus disponible pour les connexions à distance jusqu'à ce qu'un utilisateur lance une nouvelle session. Pour ces systèmes, assurez-vous de planifier le téléchargement des mises à jour pour garantir que le système reste disponible tout en étant autant à jour que possible.

Les immeubles dont le chauffage est régulé par un thermostat programmable sont un autre sujet de préoccupation pour les disques durs. Certains de ces thermostats sont programmés pour couper le chauffage du bâtiment durant la nuit ou le week-end et pour accroître rapidement la température juste avant l'heure d'ouverture. En hiver, si la température extérieure est négative, la température à l'intérieur de l'immeuble peut descendre à un niveau très faible au cours du week-end. Lorsque vous arrivez le lundi matin, le chauffage ne fonctionne que depuis une heure, si bien que la température des plateaux des disques durs peut être inférieure à 15 °C lorsque vous allumez l'ordinateur. Durant les 20 premières minutes de fonctionnement, la température des plateaux des disques durs augmente rapidement pour atteindre 50 °C voire plus. Si vous commencez à écrire sur le disque, vous risquez de connaître quelques difficultés.

Astuces

Après un démarrage à froid, laissez au moins 15 minutes voire plus à l'ordinateur pour qu'il atteigne sa température normale de fonctionnement avant d'écrire sur le disque dur. Cette pratique augmente grandement la fiabilité des disques durs.

Si vous laissez votre ordinateur allumé sans l'utiliser pendant de longues périodes, assurez-vous que l'écran est vide ou affiche une image aléatoire. Le phosphore sur le tube peut brûler et endommager l'écran si la même image fixe reste continuellement affichée.

Infos

Si vous connectez votre PC à un écran plasma TVHD (home cinéma ou salles de réunion), utilisez un économiseur d'écran et éteignez l'écran lorsqu'il n'est pas utilisé pour éviter d'endommager un périphérique aussi coûteux.

Les fonctionnalités d'économie d'énergie de la plupart des écrans modernes leur permettent de se mettre automatiquement en veille. Si votre ordinateur dispose de ces fonctions, activez-les car elles contribuent non seulement à économiser de l'énergie mais également à préserver l'écran.

Électricité statique

L'électricité statique ou les décharges électrostatiques (ESD) peuvent causer de nombreux problèmes. Ces problèmes apparaissent généralement pendant les mois d'hiver lorsque l'humidité est faible ou dans les pays où le climat génère une faible humidité toute l'année. Dans ce cas, vous pouvez devoir prendre des précautions particulières pour vous assurer que votre PC n'est pas endommagé. Reportez-vous aux Chapitres 16 et 17 pour de plus amples renseignements sur les décharges électrostatiques.

Les décharges d'électricité statique en dehors du châssis ne provoquent que rarement des problèmes permanents. Habituellement, une décharge d'électricité statique sur le châssis, sur le clavier ou sur un élément proche de l'ordinateur a pour pire effet de provoquer une erreur de parité (mémoire) ou un blocage de l'ordinateur. La plupart de ces problèmes sont causés par une mauvaise liaison de l'alimentation à la terre. Assurez-vous de toujours utiliser un cordon d'alimentation branché à une prise correctement mise à la terre. En cas de doute, vous pouvez acheter un testeur de prise dans un magasin de pièces électroniques.

Chaque fois que vous ouvrez une unité ou que vous touchez des circuits, vous devez être beaucoup plus prudent. Une décharge d'électricité statique peut endommager un composant lorsqu'elle n'est pas acheminée vers la terre. Nous vous conseillons de saisir d'abord les cartes par un point de la terre comme leur support de fixation afin de réduire les risques.

Le meilleur moyen de se prémunir contre les décharges électrostatiques consiste à empêcher la charge statique de pénétrer dans l'ordinateur. Pour ce faire, il est extrêmement important que l'alimentation soit correctement reliée à la terre. La liaison à la terre du châssis protège l'ordinateur en redirigeant la charge statique vers le sol. Pour que la liaison à la terre soit bonne, le système doit être branché sur une prise de terre à trois fils.

En cas de problème électrostatique majeur, vous pouvez recourir à d'autres mesures. La première consiste à utiliser un tapis de terre statique sous l'ordinateur. Touchez le tapis avant de toucher l'ordinateur pour vous assurer que toutes les charges électrostatiques sont acheminées à la terre et à l'extérieur de l'unité centrale. Si les problèmes persistent, vérifiez l'installation électrique. Il arrive parfois que les prises comprennent trois fils mais que le fil de terre soit absent.

Bruit de la ligne d'alimentation

Pour fonctionner correctement, un système informatique a besoin d'être alimenté de façon régulière et sans bruit de ligne sur l'alimentation. Il arrive parfois que la ligne électrique desservant l'ordinateur alimente également des équipements lourds dont la mise en marche et l'arrêt provoquent des variations de tension pouvant causer des problèmes sur l'ordinateur. Certains appareils sur la même ligne électrique peuvent aussi provoquer des pics de tension brefs (des signaux transitoires pouvant atteindre 1000 V voire plus) capables d'endommager physiquement un ordinateur. Bien que ces

pointes soient rares, elles peuvent être rédhibitoires. Même un circuit électrique dédié utilisé par un seul ordinateur peut connaître des pics et des chutes de tension, en fonction de la qualité de la puissance fournie au bâtiment ou au circuit d'alimentation.

Pour garantir une alimentation régulière lorsque vous préparez l'installation d'un ordinateur, vous devez tenir compte des points suivants :

- Si possible, le système informatique doit disposer de son propre circuit et de son propre disjoncteur. Cette configuration n'empêche pas toute interférence mais elle contribue à réduire ce risque.
- Vérifiez la liaison à la terre, la qualité et la tension de la ligne ainsi que l'absence d'interférences et de chutes de tension sur la ligne.
- Un circuit à trois fils est nécessaire. Il ne suffit pas de remplacer les prises à deux fils par des prises à trois fils ou d'utiliser des adaptateurs. Cela est même déconseillé. La liaison à la terre existe pour une bonne raison.
- Le bruit sur les lignes d'alimentation augmente avec la résistance du circuit, qui dépend du diamètre et de la longueur du fil. Pour diminuer la résistance, utilisez des rallonges uniquement si cela est absolument nécessaire et choisissez alors des rallonges capables de supporter la charge.
- Déterminez à l'avance quels équipements supplémentaires vous risquez de brancher par la suite, afin d'éviter de connecter trop d'éléments sur une seule prise. Dans la mesure du possible, utilisez un circuit d'alimentation séparé pour les appareils sans relation avec le matériel informatique.

Les climatiseurs, cafetières, photocopieurs, imprimantes laser, appareils de chauffage, aspirateurs peuvent corrompre l'alimentation d'un PC. Un de ces éléments peut en effet solliciter une quantité excessive de courant et faire des ravages sur un PC utilisant le même circuit électrique. Essayez de faire en sorte que les photocopieurs et les imprimantes laser ne soient pas installés sur le même circuit que d'autres équipements informatiques, car ces périphériques sollicitent une charge électrique importante.

Si vous suivez les directives de cette section, votre ordinateur sera correctement alimenté et fonctionnera sans problème.

Radiofréquences

Les radiofréquences (RF) sont facilement négligées. Les interférences sont causées par toute source de transmission d'onde radio située à proximité d'un système informatique. Il n'est pas obligatoire de vivre à proximité d'un émetteur d'une station radio de 50 000 W pour connaître des problèmes d'interférences, car les émetteurs moins puissants peuvent également perturber le bon fonctionnement d'un ordinateur. Dans certains cas, les téléphones sans fil engendrent la frappe sporadique de certains caractères, comme si une entité invisible utilisait le clavier. Les radiofréquences peuvent également bloquer un ordinateur. Les problèmes de radiofréquences sont difficiles à identifier étant

donné que chaque cas est particulier. Il suffit parfois de déplacer le système pour éliminer le problème car les signaux radio sont directionnels par nature. Dans d'autres cas, vous devez investir dans des câbles blindés pour les périphériques externes comme le clavier et le moniteur. Si le clavier ou la souris est sans fil, les radiofréquences peuvent être particulièrement problématiques. La seule solution peut alors consister à essayer une autre marque ou un autre modèle qui fonctionne sur une fréquence différente.

Une autre solution aux problèmes de radiofréquences s'offre à vous : faire passer le câble dans un tore métallique, qui supprime à la fois la réception et la transmission des interférences électromagnétiques. Cet élément est souvent présent sur le câble qui relie le moniteur à l'ordinateur. Si les interférences se limitent à un seul câble, cette solution se révèle efficace. Comme le câble doit passer à l'intérieur du tore, il est malheureusement souvent difficile voire impossible de l'ajouter lorsque le câble est déjà équipé de connecteurs à chacune de ses extrémités.

Le meilleur moyen d'éliminer les interférences consiste à corriger la source. Il est fort peu probable que vous parveniez à convaincre une station de radio commerciale située à proximité de votre bureau de cesser ses émissions, mais il suffit parfois d'ajouter un filtre aux émetteurs – alors moins puissants – pour supprimer les émissions d'interférences. Cela ne résout malheureusement pas toujours le problème.

Infos

Si vous utilisez une connexion réseau Wi-Fi, n'oubliez pas que la bande de fréquences de 2,4 GHz utilisée par les réseaux 802.11b, 802.11g et 802.11n est la même bande de fréquences qu'utilisent la norme Bluetooth et les téléphones sans fil 2,4 GHz, de sorte que les risques d'interférences sont nombreux.

Pour éviter les interférences provenant d'autres réseaux 802.11, adoptez un programme comme Network Stumbler (**www.netstumbler.com**) pour visualiser les fréquences utilisées par d'autres réseaux 802.11 à proximité, puis choisissez le moins utilisé des trois canaux 1, 6 ou 11 (les autres canaux se chevauchent considérablement les uns avec les autres). Pour éviter les conflits avec les téléphones sans fil, remplacez le téléphone par un modèle à 5,8 ou 6 GHz.

Poussière et polluants

La saleté, la fumée, la poussière et les autres polluants sont néfastes pour votre système. Le ventilateur de l'alimentation véhicule les particules en suspension dans l'air dans l'unité centrale où elles s'amassent. Si vous utilisez votre ordinateur dans des conditions très difficiles, vous devrez peut-être vous tourner vers des solutions spécialement conçues pour fonctionner dans ce type d'environnement.

De nombreuses entreprises se spécialisent dans la fabrication d'ordinateurs spécialement étudiés pour fonctionner dans des conditions difficiles. Ils utilisent généralement un système de refroidissement différent de celui présent dans les PC ordinaires. Un grand ventilateur de refroidissement est utilisé pour pressuriser l'intérieur du châssis plutôt que de le dépressuriser. L'air injecté dans le châssis passe à travers un filtre qui doit être nettoyé et changé régulièrement. Le système est pressurisé afin qu'aucun air contaminé ne puisse pénétrer. L'air ne peut entrer que par le ventilateur et le système de filtration.

Ces systèmes peuvent également disposer de claviers spéciaux imperméables aux liquides et à la saleté. Certains claviers plats à membrane sont difficiles à utiliser mais sont extrêmement robustes ; d'autres ressemblent aux claviers standard, mais toutes les touches sont recouvertes d'une mince membrane en plastique. Vous pouvez ajouter cette membrane à un clavier standard pour le protéger de son environnement.

Certains humidificateurs récents utilisant des ultrasons pour produire une brume d'eau pulvérisée dans l'air peuvent également poser des problèmes au matériel informatique. L'humidité supplémentaire résout les problèmes d'électricité statique résultant d'un climat sec, mais les contaminants de l'eau en suspension dans l'air peuvent entraîner l'apparition d'un dépôt blanc sur les composants. Ce dépôt est formé par les minéraux abrasifs et corrosifs en suspension dans l'eau vaporisée. Si ces dépôts s'accumulent sur les composants du système, ils peuvent engendrer toutes sortes de problèmes. Si vous possédez un humidificateur, assurez-vous qu'il ne génère pas ces dépôts et utilisez de l'eau distillée.

Si vous suivez ces directives, votre ordinateur fonctionnera mieux et plus longtemps. De plus, vous n'aurez pas à ouvrir votre unité aussi fréquemment pour la nettoyer.

Trucs et astuces de dépannage

Réparer un PC peut sembler une tâche impressionnante pour le non-initié, mais en réalité c'est une opération beaucoup plus simple qu'il n'y paraît. La plupart des problèmes peuvent être diagnostiqués et corrigés avec un outillage spécial des plus restreints et l'opération est à la portée de n'importe qui capable de raisonner par déduction et de réfléchir avec un minimum de logique. Les PC sont devenus à la fois beaucoup plus complexes et beaucoup plus simples. L'augmentation du nombre des composants internes génère potentiellement un risque accru de problèmes, mais les composants complexes d'aujourd'hui sont intégrés dans un nombre toujours plus limité de cartes, avec de moins en moins de puces sur ces cartes et plus d'interconnexions série utilisant un minimum de broches (et donc de fils). Cette consolidation interne signifie également qu'isoler un composant remplaçable en panne est beaucoup plus facile qu'auparavant. La compréhension des bases du fonctionnement du PC associée à quelques outils très simples, quelques astuces de réparation, une pensée logique et un bon sens commun vous permettront de diagnostiquer et de réparer efficacement votre système, évitant par la même occasion des frais de réparation importants. Dans certains cas, vous économiserez suffisamment d'argent pour financer éventuellement un nouveau système. Le principe de base de la réparation du PC est qu'il existe une solution à tous les problèmes : pour la trouver, il suffit d'appliquer quelques pratiques simples et de raisonner par déduction.

Les PC modernes : plus complexes et plus fiables

Réfléchissez à ceci : le PC moderne est un incroyable assemblage de composants matériels et logiciels. Sur le seul plan matériel, un processeur moderne regroupe entre 50 et plus de 400 millions de transistors. De plus, 1 Go de RAM correspond à près de 8,6 milliards de transistors, le chipset de la

carte mère, le processeur graphique et la RAM graphique à des centaines de millions de transistors, et des millions d'autres sont rassemblés dans les cartes d'extension et les cartes logiques. Chacun de ces milliards de transistors interconnectés doit non seulement fonctionner correctement, mais aussi travailler en respectant les fenêtres temporelles, dont certaines sont mesurées en picosecondes (millionièmes de millionième de seconde). Lorsque vous réalisez que votre PC sera "planté" ou en panne si un seul de ces transistors est défaillant ou ne fonctionne plus correctement ou à la bonne vitesse et/ou si un des milliards de chemins de circuits et d'interconnexions entre les transistors, ou périphériques les contenant, est rompu, vous admettrez que c'est un véritable miracle qu'un PC puisse fonctionner.

À chaque démarrage de nos machines, nous ne pouvons qu'être éblouis en pensant aux milliards de composants et d'instructions de programmes dont dépend le bon fonctionnement de l'ordinateur. Comme vous le constatez, les sources de problèmes potentiels sont nombreuses !

Bien que la complexité des PC modernes ait augmenté exponentiellement par rapport à leurs prédécesseurs, ils sont aussi devenus bizarrement plus simples et plus fiables. Si vous réfléchissez à la complexité d'un PC moderne, vous ne serez pas surpris de la survenance occasionnelle de quelques problèmes. Néanmoins, la conception et les techniques de fabrication actuelles ont rendu les PC plus fiables et plus faciles à utiliser en dépit de leur énorme complexité. Paradoxalement, les systèmes d'aujourd'hui sont constitués d'un nombre de plus en plus réduit de composants et de pièces remplaçables. La vérité nous oblige donc à reconnaître que, parallèlement à l'augmentation de leur complexité, les PC sont devenus, par bien des côtés, plus simples et plus faciles à utiliser.

Composants remplaçables standard

L'emploi de composants conformes aux standards industriels est l'une des caractéristiques clés d'un PC. Cela signifie que théoriquement tous les composants constituant le système sont, d'une certaine manière, interchangeables avec d'autres systèmes. Cela signifie aussi que les pièces détachées sont abondantes, peu onéreuses et en général très faciles à installer. Un PC contient généralement les composants remplaçables suivants, dont la plupart sont conformes de par leurs dimensions et leur conception aux standards de l'industrie :

- carte mère ;
- processeur ;
- radiateur/ventilateur de processeur ;
- RAM ;
- batterie CMOS ;
- châssis avec éventuellement un autre ventilateur ;
- bloc d'alimentation électrique ;
- carte graphique[1] ;
- moniteur ;

1. Ces éléments peuvent être intégrés à la carte mère sur certains ordinateurs.

- carte son[1];
- haut-parleurs;
- carte réseau[1];
- disque dur;
- lecteur de CD-ROM/RW;
- lecteur de DVD-ROM/+RW;
- lecteur de disquettes;
- câblage des lecteurs;
- clavier;
- souris.

Bien que certains systèmes particulièrement bien équipés puissent compter d'autres composants que ceux listés précédemment, vous constaterez néanmoins que la plupart des PC ne contiennent pas plus de 20 éléments "remplaçables". Certains n'en comptent même que 10 ou 15, en fonction des options présentes et de la manière dont elles sont intégrées. Il se peut que l'un de ces composants soit incorrectement installé (configuration) ou défectueux. Dans la première hypothèse, le composant peut être réparé tout simplement en le réinstallant ou en reconfigurant ses propriétés. S'il est véritablement défectueux, il suffit de le remplacer. Lorsqu'un PC est désassemblé et que ses composants sont démontés, vous constatez que l'ensemble n'est pas aussi compliqué qu'il y paraît, d'où l'intérêt de savoir réaliser correctement les réparations et les mises à jour de vos systèmes, voire de construire un nouveau PC de toutes pièces.

Réinstaller ou réparer?

En cas de problème matériel, la première chose à comprendre est qu'il n'y a en principe rien à *réparer*, vous vous contenterez de *réinstaller* ou de *remplacer*. Le plus souvent, vous procéderez à une réinstallation, car la majorité des problèmes matériels est causée par un composant précis qui a été mal installé ou configuré. IBM a ainsi constaté, il y a de nombreuses années, que près de 60 % des problèmes soumis à ses services techniques étaient dus à une installation ou une configuration incorrecte, le matériel n'étant nullement défectueux. C'est ce qui a véritablement donné l'élan à la révolution du Plug and Play, qui a éliminé la nécessité de configurer manuellement des cavaliers ou des commutateurs sur la plupart des périphériques. Le Plug and Play a également réduit l'expertise nécessaire pour installer des matériels correctement ainsi que tous les problèmes d'installation, de configuration et de conflits de ressources. Il est vrai aussi que certains ont affublé le Plug and Play de la dénomination *Plug and Pray* parce qu'il n'a pas toujours fonctionné parfaitement et nécessitait parfois une intervention manuelle.

On procède au remplacement plutôt qu'à la réparation des composants pour des raisons économiques liées au matériel informatique. Le principe veut qu'il soit financièrement plus avantageux de

remplacer une carte défectueuse par une nouvelle carte que de la réparer. À titre d'exemple, vous pouvez acheter une nouvelle carte mère pour environ 100 €, alors que la réparation de la carte mère défectueuse coûte beaucoup plus. Les cartes modernes utilisent des puces dont l'espacement des broches se calcule en centièmes de centimètre, nécessitant de ce fait un équipement coûteux et sophistiqué pour les soudures. Même si vous arrivez à déterminer la puce défectueuse de la carte et que vous disposiez du composant de remplacement, les puces proprement dites sont en principe vendues par quantités d'un millier ou plus, alors que les puces plus anciennes ne sont plus disponibles. La conséquence de tout cela est qu'un composant aussi largement répandu que votre carte mère est remplacé plutôt que réparé.

Dépannage lors du remplacement de composants

Il est possible de dépanner un PC de diverses manières mais, au final, l'opération se solde souvent par une réinstallation ou un remplacement d'un composant. C'est pourquoi nous utilisons normalement un "système D" ne nécessitant que peu d'outils spéciaux ou de diagnostics sophistiqués. Admettons que vous disposiez de deux PC identiques placés côte à côte. L'un des deux a un problème matériel. Dans cet exemple, supposons que le module de mémoire (DIMM) est défectueux. En fonction du type de défaut et de sa localisation, le problème peut se manifester par des symptômes allant d'un système complètement inutilisable à un système acceptant de démarrer normalement mais qui plante lors de l'exécution de Windows ou d'une application. Vous remarquez que le système de gauche présente le problème alors que celui de droite fonctionne parfaitement bien. Cela mis à part, ils sont tous deux absolument identiques. La technique la plus simple pour localiser le problème pourrait consister à échanger un à un les composants des deux machines et à répéter le test après chaque échange. Après l'échange des DIMM, le démarrage et le test (qui consiste uniquement à allumer les deux PC et à exécuter quelques applications), vous réaliserez que le problème a migré de la machine posant initialement le problème à l'autre. Fort de cette constatation et sachant que le dernier composant échangé a été le module DIMM, vous venez d'identifier la source de votre problème ! Et cela, sans coûteuse machine de test de DIMM (plus de 2000 €) ou logiciel de diagnostic. Comme les composants tels que les DIMM sont très chers à réparer, le remplacement de la DIMM défectueuse sera la solution finalement adoptée.

Malgré le côté simpliste de cet exemple, c'est souvent la technique la plus simple et la plus rapide pour localiser le composant à problème, plutôt que de tester et de diagnostiquer chaque composant individuellement. Au lieu de disposer d'une machine identique placée à côté de celle qui pose problème et dont il est possible de récupérer les pièces, beaucoup de techniciens disposent d'un stock de "pièces détachées fiables". Il s'agit de pièces utilisées précédemment, dont le bon fonctionnement a déjà été vérifié, et servant à remplacer les pièces du système soupçonnées d'être à l'origine de la panne. Néanmoins, cette technique diffère de l'emploi de pièces détachées neuves car, lorsque vous ouvrez la boîte d'un composant neuf, vous n'avez pas l'assurance à 100 % qu'il est fonctionnel. Il arrive qu'un composant neuf, sorti pour la première fois de son emballage, soit défectueux, avec pour conséquence la persistance du problème. Ce genre de situation cause en général des pertes de temps considérables à vérifier d'autres composants qui, eux, fonctionnent parfaitement. Cette technique est également efficace du fait que les PC ne sont composés que d'un nombre restreint de

pièces détachées et que les pièces "fiables" utilisées pour le remplacement n'ont pas obligation d'être exactement les mêmes que celles en place dans le PC d'origine (une carte graphique bas de gamme peut remplacer votre carte le temps de vérifier que le problème vient bien de ce composant).

Dépannage par l'approche de démarrage

Une autre variante sur ce sujet est l'approche dite "de démarrage". Elle est particulièrement utile dans le cas d'un système "mort", refusant tout service. Elle consiste à démonter le système et à ne conserver que le strict minimum permettant de démarrer et de tester le démarrage. Vous pourrez par exemple réduire le système au châssis et au bloc d'alimentation, à la carte mère, au processeur (avec radiateur), à un module de mémoire RAM et une carte graphique reliée au moniteur. Mettez l'ensemble sous tension et vérifiez si le système fonctionne. Dans cette configuration, vous devriez en principe assister au POST et ainsi vérifier le bon fonctionnement de la carte mère, du processeur, de la carte graphique et du moniteur. Si un clavier est connecté, vous constaterez le clignotement des trois diodes (verrouillage majuscule, verrouillage du clavier numérique et verrouillage du défilement) quelques secondes après la mise sous tension. C'est le signe que le processeur et la carte mère fonctionnent, car les routines de POST testent le clavier. Après réduction du système à un nombre minimal de composants fonctionnels, réinstallez, l'un après l'autre, les autres composants en testant le système après chaque ajout. Vous reconstruirez ainsi le système pièce par pièce et n'aurez aucun mal à déterminer le composant défectueux.

Souvent, les problèmes trouvent leur origine dans la corrosion des contacts ou des connecteurs, et dans ce cas le démontage et le remontage font souvent merveille. Au fil des années, nous avons démonté, testé et remonté des dizaines de systèmes uniquement pour constater qu'après le remontage tout fonctionnait parfaitement bien. Comment un démontage/remontage peut-il réparer un système ? Bien que rien n'ait changé dans la configuration de départ et que tout ait été réinstallé exactement comme avant, le seul fait de débrancher puis de rebrancher les composants ravive les contacts et les connecteurs : c'est souvent le seul remède dont le système ait besoin ! Voici quelques autres astuces de dépannages souvent bien pratiques :

- Éliminez les variables ou les composants qui ne sont pas indispensables à la résolution du problème.
- Réinstallez, reconfigurez ou remplacez un seul composant à la fois.
- Testez après chaque modification de la configuration.
- Gardez des traces écrites et détaillées de toutes les opérations entreprises.
- N'abandonnez jamais ! Chaque problème a une solution.
- Si l'espoir vous quitte, faites une pause ou attaquez un autre problème. Une approche "fraîche" le lendemain révèle souvent des choses que vous aviez omises la veille.
- Ne passez pas à côté des solutions les plus simples ou les plus évidentes. Testez, retestez et testez encore l'installation et la configuration de chaque composant.

- Rappelez-vous que le bloc d'alimentation est l'un des composants les plus sujets à des pannes dans un PC, et c'est pourtant un composant souvent omis. Une bonne alimentation de remplacement "fiable" est hautement recommandée pour les systèmes suspects.
- Les câbles et les connexions sont également des sources majeures de problèmes, conservez tous les types à portée de main.

Avant que vous ne commenciez un dépannage, quelques étapes de base sont indispensables pour garantir un point de départ correct et isoler le composant défectueux :

1. Coupez le système et tous les périphériques. Débranchez tous les périphériques externes de l'unité centrale, à l'exception du clavier et du moniteur.
2. Assurez-vous que l'unité centrale est branchée sur une prise dûment munie d'une terre.
3. Vérifiez que le clavier et le moniteur sont connectés au système. Allumez le moniteur puis jouez du réglage de contraste et de luminosité pour les régler au minimum aux deux tiers de la position maximale. Certains moniteurs disposent de contrôles à l'écran : consultez le manuel pour de plus amples renseignements sur le réglage de ces paramètres. Si vous n'avez aucun affichage mais si le système semble fonctionner, essayez de déplacer la carte graphique dans un autre connecteur (opération impossible avec des cartes graphiques AGP) ou essayez une autre carte graphique ou un autre moniteur.
4. Pour permettre au système de démarrer à partir du disque dur, vérifiez qu'aucune disquette n'est en place dans le lecteur de disquettes. Ou insérez une disquette de démarrage contenant le système DOS et les diagnostics en guise de test. Sur les ordinateurs non équipés de lecteur de disquettes, utilisez un CD-ROM ou un DVD-ROM de démarrage.
5. Mettez le système sous tension. Observez l'alimentation, le ventilateur du châssis (s'il y en a un) et les diodes sur l'avant de l'unité centrale ou l'alimentation. Si le ventilateur ne tourne pas et si les diodes ne s'allument pas, le problème vient à coup sûr de l'alimentation ou de la carte mère.
6. Observez le POST (I). Si aucune erreur n'est signalée, le système émet un bip et démarre. Les erreurs affichées à l'écran (les erreurs non fatales) et qui ne bloquent pas le système font apparaître à l'écran un texte variant selon le type et la version du BIOS. Notez tous les messages d'erreur et vérifiez ces codes à partir d'une référence des codes d'erreur correspondant à votre BIOS. Les erreurs qui bloquent le système (erreurs fatales) sont indiquées par une série de bips. Là encore, reportez-vous aux codes d'erreur sonores de votre BIOS.
7. Vérifiez que le système d'exploitation est chargé correctement.

Problèmes durant le POST

Les problèmes survenant durant le POST sont généralement causés par des configurations ou des installations matérielles incorrectes. Une véritable panne matérielle est relativement rare. En cas d'erreur durant le POST, vérifiez les points suivants :

- Tous les câbles sont-ils correctement branchés et sécurisés ?

- Les paramètres de configuration sont-ils corrects pour les périphériques que vous venez d'installer ? Vérifiez en particulier les paramètres du processeur, de la mémoire et du disque dur.
- Les pilotes corrects sont-ils installés ?
- Les commutateurs et les cavaliers sur la carte mère sont-ils corrects ?
- Tous les paramètres de ressources sur les cartes d'extension et les périphériques sont-ils définis de manière à ne pas créer de conflits, par exemple deux cartes partageant la même IRQ ?
- L'alimentation est-elle paramétrée pour le bon voltage (110 V-120 V ou 220 V-240 V) ?
- Les cartes adaptatrices et les disques sont-ils installés correctement ?
- Le clavier est-il connecté ?
- Un disque de démarrage est-il en place (avec un partitionnement et un formatage corrects) ?
- Le BIOS prend-il en charge le lecteur installé et, si oui, les paramètres sont-ils définis correctement ?
- Une disquette d'amorçage est-elle insérée dans le lecteur A: ?
- Tous les modules de mémoire SIMM et DIMM sont-ils bien en place ? Essayez de les extraire et de les remettre en place.
- Le système d'exploitation est-il correctement installé ?

Problèmes matériels après le démarrage

En cas de problème après le démarrage du système et sans que vous ayez entrepris un quelconque changement matériel ou logiciel, une panne matérielle est envisageable. Vérifiez les points suivants :

- Essayez de réinstaller le logiciel à l'origine du problème ou refusant de fonctionner.
- Essayez d'effacer la CMOS RAM et exécutez le Setup.
- Vérifiez les connexions, les blocs d'alimentation externes et autres composants aléatoires.
- Un pic électrique temporaire ou une baisse de tension peuvent être intervenus. Parmi les symptômes les plus fréquents : le scintillement de l'écran, un redémarrage sauvage du système ou le blocage du système. Rechargez le logiciel et réessayez.
- Essayez d'extraire et de remettre en place les modules de mémoire (SIMM, DIMM ou RIMM).

Problème dans l'exécution des logiciels

Les problèmes survenant lors de l'exécution de certaines applications logicielles (et en particulier les logiciels neufs) sont généralement causés par le logiciel lui-même ou liés à ce dernier, ou à son incompatibilité avec votre système. Vérifiez les points suivants :

- Le système est-il conforme aux exigences matérielles minimales du logiciel ? Vérifiez ce point dans la documentation du logiciel.
- Le logiciel est-il correctement installé ? Au besoin réinstallez-le.
- Les pilotes les plus récents sont-ils installés ?
- Vérifiez le système à la recherche de virus, en faisant appel à la version la plus récente du fichier de définition de virus.

Problèmes avec les cartes d'extension

Les problèmes de cartes d'extension sont généralement liés à une installation incorrecte de la carte ou à des conflits de ressources (IRQ, DMA ou adresse E/S). Le Chapitre 3 aborde en détail les ressources système, à quoi elles correspondent, comment les configurer et comment éviter les conflits. Vérifiez également les versions des pilotes et assurez-vous que la carte soit bien compatible avec votre système et la version de système d'exploitation utilisée.

Il arrive parfois que les cartes nécessitent un certain type de connecteur dans lequel elles peuvent être installées. Bien qu'une carte PCI ou ISA soit techniquement capable de fonctionner dans n'importe quel connecteur adéquat, des écarts mineurs de temps d'accès ou de signaux sont parfois relevés d'un connecteur à l'autre. Le seul fait de déplacer la carte dans un autre connecteur résout bien souvent le problème. Un nettoyage des contacts, en déplaçant la carte dans un autre connecteur, peut parfois remédier au problème. Essayez cette opération. Certaines cartes mères partagent une IRQ unique entre deux connecteurs PCI, entre un connecteur PCI et un connecteur AGP ou entre un connecteur PCI et un connecteur PCI-Express ; dans ce cas, le simple déplacement de la carte peut faire des miracles.

Attention

Notez que les cartes PCI deviennent spécifiques à un connecteur une fois que les pilotes sont installés. Autrement dit, si vous déplacez la carte dans un autre connecteur, le gestionnaire de ressources Plug and Play considère que la carte initiale a été retirée du système et qu'une nouvelle carte vient d'être installée. Il vous faut donc réinstaller les pilotes. Ne déplacez pas une carte PCI sans avoir préparé au préalable les pilotes requis pour l'installation. Les cartes ISA ne procèdent pas de la sorte, car le système ne connaît pas le connecteur dans lequel une carte ISA est installée.

Pannes les plus fréquentes

Voici quelques réponses aux pannes les plus fréquentes :

Lorsque je mets l'ordinateur sous tension, le voyant d'alimentation s'allume et les ventilateurs tournent, mais rien d'autre ne se produit

Le fait que les LED s'allument et que les ventilateurs tournent indique que l'alimentation fonctionne en partie, mais cela n'exclut pas qu'elle soit défectueuse. Cette panne classique peut être due à une défection de la quasi-totalité des composants matériels. Par expérience, il s'agit le plus souvent de l'alimentation, si bien que nous vous conseillons de mesurer les tensions de sortie des connecteurs de l'alimentation à l'aide d'un multimètre et de vous assurer que ces mesures se situent dans une plage de 5 % par rapport à leur tension nominale. Si les mesures sont correctes, vous devez tout de

même la remplacer par une alimentation puissante. Si cela ne résout pas le problème, vous devez enlever tous les éléments matériels pour ne conserver que l'alimentation du châssis, la carte mère, le processeur et son dissipateur thermique, un module de mémoire RAM (DIMM) et une carte graphique. Si la carte mère démarre normalement, vous pouvez alors commencer à ajouter un composant à la fois, en procédant à un nouveau test de démarrage après chaque modification. Si les symptômes persistent, utilisez une carte POST (si vous en possédez une) pour voir si la carte mère est en partie fonctionnelle et où elle s'arrête. Essayez également de remplacer la carte graphique, la RAM, le processeur, puis la carte mère. Vérifiez enfin le processeur et (surtout) l'installation du dissipateur thermique.

Le système émet un bip quand je l'allume, mais rien ne s'affiche à l'écran

Le bip sonore indique un défaut détecté par les routines ROM POST. Cherchez le code sonore dans le tableau correspondant à la version de la ROM de votre carte mère. Ce tableau se trouve généralement dans le manuel de la carte mère, mais vous pouvez également vous reporter aux codes sonores des BIOS AMI, Award et Phoenix plus haut dans ce chapitre.

Un message STOP ou STOP ERROR s'affiche sous Windows NT/2000/XP ou Vista

Les erreurs STOP de Windows peuvent avoir des causes multiples, y compris les fichiers corrompus, les virus, une mauvaise configuration du matériel ou une panne matérielle. La base de connaissances en ligne de Microsoft (*Microsoft Knowledgebase*, ou MSKB), disponible à l'adresse suivante : **http://support.microsoft.com/**, constitue la ressource la plus précieuse pour tous les messages d'erreur affichés par Windows. Elle contient plus de 250 000 articles concernant tous les produits Microsoft. Vous pouvez utiliser l'outil de recherche pour obtenir des informations sur votre problème en particulier. Ainsi, pour l'erreur Stop 0x0000007B sous Windows XP, si vous entrez "erreur 7B Windows XP" dans le champ de recherche du site web, deux articles vous sont indiqués. Le second porte le numéro 324103 et est "Comment faire pour corriger les erreurs 'Stop 0x0000007B' dans Windows XP". En cliquant sur ce lien, vous obtenez la page **http://support.microsoft.com/kb/324103/fr**, qui contient une description complète du problème et des solutions. L'article précise que cette erreur a pu être provoquée par les éléments suivants :

- virus du secteur de démarrage ;
- problèmes de pilotes de périphériques ;
- problèmes matériels ;
- autres problèmes.

Cet article explique chaque problème et propose des solutions détaillées. La base de connaissances est très précieuse pour traiter tous les problèmes liés ou signalés par n'importe quelle version de Windows ou de tout autre logiciel Microsoft.

Le message Erreurs d'exception fatale sous Windows 95/98/Me

Il s'agit de l'équivalent de l'erreur STOP sous Windows NT/2000/XP ou Vista. Comme indiqué dans la réponse précédente, elle peut être provoquée aussi bien par le matériel que par les logiciels. Pour trouver des solutions adaptées, visitez la base de connaissances Microsoft (MSKB) à l'adresse suivante : **http://support.microsoft.com**.

L'ordinateur ne permet pas l'arrêt de Windows

Là encore, la base de connaissances Microsoft peut vous aider. En recherchant les problèmes liés à l'arrêt de Windows XP (remplacez par la version de Windows que vous utilisez), vous trouverez rapidement plusieurs articles pouvant vous aider à remédier à ce type de problème. Cette erreur est provoquée par un bogue dans la mémoire ROM de la carte mère (essayez de mettre à niveau la ROM de la carte mère), par des bogues dans les différentes versions de Windows (visitez le site web **www.windowsupdate.com** et installez les derniers correctifs et packs), ou dans certains cas par un ou des problèmes matériels ou de configuration. Pour des explications plus complètes, reportez-vous à la base de connaissances Microsoft.

Le bouton d'alimentation ne permet pas d'éteindre l'ordinateur

Les ordinateurs de bureau construits depuis 1996 utilisent le plus souvent les facteurs d'encombrement ATX ou BTX, sur lesquels l'interrupteur d'alimentation est connecté à la carte mère et non pas directement à l'alimentation. Cela permet à la carte mère et au système d'exploitation de contrôler l'arrêt de l'ordinateur, d'empêcher qu'une chute inopinée de la tension n'entraîne une perte de données ou la corruption du système de fichiers. Toutefois, si le système connaît un problème et se bloque, il est possible que la carte mère ne réponde pas à l'interrupteur d'alimentation et n'envoie donc pas le signal d'arrêt à l'alimentation. Plutôt que de débrancher la prise, vous pouvez heureusement utiliser l'interrupteur d'arrêt forcé pour éteindre le système. Il vous suffit de maintenir enfoncé le bouton d'alimentation (situé en général sur la façade avant du boîtier) pendant 4 secondes pour que l'ordinateur s'éteigne. Ce type d'arrêt forcé étant sous le contrôle de la carte mère ou du système d'exploitation, il peut provoquer la perte des données non enregistrées et une corruption du système de fichiers. Vous devez donc exécuter ScanDisk (situé dans le menu Accessoires > Outils système) dans Windows 95/98/Me/NT/2000 ou chkdsk sous Windows XP et Vista pour vérifier et corriger les problèmes du système de fichiers après un arrêt forcé.

Le modem ne fonctionne pas

Commencez par vérifier que la ligne téléphonique fonctionne et que vous avez une tonalité. Vérifiez ensuite le câble téléphonique du modem à la prise murale et remplacez-le si nécessaire. Si le modem est intégré à la carte mère, vérifiez la configuration du BIOS et assurez-vous que le modem est activé. Essayez d'effacer l'option de ESCD (*Enhanced System Configuration Data*) dans le BIOS. Cela oblige les routines Plug and Play à reconfigurer le système, ce qui peut résoudre les conflits. Si le modem est interne et que vous n'utilisiez pas les ports série COM1 et COM2 intégrés à la carte mère (comme cela serait le cas avec un modem externe), essayez de désactiver ces ports série pour libérer des ressources système supplémentaires. Essayez aussi de supprimer et de réinstaller les pilotes du modem afin d'utiliser les pilotes les plus récents. Si cela ne produit aucun effet, démontez

et réinstallez le modem. Si le modem est interne, installez-le sur un autre emplacement. Si le modem est externe, assurez-vous qu'il est alimenté et correctement connecté au port série ou USB sur le PC. Essayez de remplacer le câble d'alimentation et le câble série ou USB du modem. Enfin, si cela ne fonctionne toujours pas, essayez de remplacer le modem, puis la carte mère.

Il est à noter que les modems sont très sensibles aux dommages causés par la foudre tombée à proximité. Envisagez l'ajout d'un régulateur de tension et d'un parafoudre sur la ligne téléphonique utilisée par le modem, et débranchez le modem durant les orages. Si le modem tombe en panne après un orage, vous pouvez être à peu près certain qu'il a été endommagé par la foudre. Cette dernière peut également avoir endommagé le port série ou la carte mère. Vous devrez probablement remplacer tous les éléments endommagés par la foudre.

Le clavier ne fonctionne pas

Un clavier se connecte à un PC par le port clavier standard (habituellement appelé le port PS/2) ou par un port USB. Certains anciens systèmes qui disposent de ports USB ne peuvent pas utiliser un clavier USB, car la prise en charge de l'USB est assurée par le système d'exploitation si l'ordinateur n'intègre pas la fonctionnalité "USB Legacy Support" dans le BIOS. Or cette prise en charge des claviers USB (et de la souris) n'était pas courante dans les ordinateurs avant 1998. De plus, de nombreux ordinateurs qui proposent cette prise en charge dans le BIOS ont toujours eu des problèmes à l'implémenter en raison de bogues dans le code. Si vous rencontrez des problèmes avec un clavier USB, vérifiez que l'option USB Legacy Support est activée dans le BIOS. Si les problèmes persistent, assurez-vous d'avoir installé le dernier BIOS pour votre carte mère et les dernières mises à jour de Windows. Si votre ordinateur fait partie des anciens ordinateurs incapables d'utiliser correctement un clavier USB, vous devez utiliser un clavier PS/2. Certains claviers intègrent les deux interfaces USB et PS/2, ce qui leur permet de se connecter à pratiquement tous les ordinateurs.

Lorsque le clavier pose problème, le moyen le plus rapide de vérifier si l'erreur provient du clavier ou de la carte mère consiste tout simplement à remplacer le clavier par un autre. En d'autres termes, empruntez le clavier d'un autre ordinateur et essayez-le. Si cela ne fonctionne toujours pas, il est probable que l'interface sur la carte mère soit défectueuse, ce qui signifie malheureusement que la carte mère doit être remplacée. Si le clavier de rechange fonctionne, le problème tenait alors évidemment au clavier d'origine.

Les haut-parleurs ne produisent aucun son

Aussi évident que cela puisse paraître, les haut-parleurs peuvent tout simplement être débranchés, branchés dans de mauvaises prises ou éteints. Vérifiez que ce n'est pas le cas avant toute chose. Assurez-vous également que les contrôles de volume de Windows ou de votre application sont activés et correctement réglés. Lorsque vous êtes sûr que le volume est correct, que les haut-parleurs sont alimentés, branchés et correctement identifiés dans Windows (certaines cartes audio utilisent un contrôle propriétaire), vous devez vérifier si le problème est lié aux haut-parleurs ou à la carte son. Pour réaliser cela le plus efficacement possible, remplacez les haut-parleurs par d'autres. Si ces

derniers ne fonctionnent pas, le problème vient de toute évidence de la carte son. La configuration de la carte peut être incorrecte ou la carte elle-même être défectueuse. Commencez par effacer les routines de configuration Plug and Play ESCD dans le BIOS afin de forcer la reconfiguration de l'ordinateur, ce qui peut résoudre les conflits. Si cela ne fonctionne pas, essayez de supprimer et de réinstaller les pilotes de la carte son. Enfin, si cela n'a toujours aucun effet, enlevez et remplacez la carte de l'ordinateur. Vous pouvez essayer de placer la carte de remplacement sur le même connecteur, puis dans un autre emplacement car les connecteurs peuvent parfois présenter des différences de temps d'accès. Si le son est géré par une puce intégrée à la carte mère, essayez tout d'abord de réinitialiser les routines ESCD et de réinstaller le pilote ; si cela ne fonctionne pas, désactivez le son intégré et installez une carte son ou remplacez la carte mère.

Si le problème se produit uniquement lors de la lecture des CD audio, vérifiez s'il y a un câble entre la carte son et le lecteur optique. Si ce n'est pas le cas, vérifiez que l'option Activer la lecture numérique de CD audio est activée dans le gestionnaire de périphériques de Windows. Dans le cas contraire, activez-la. Si votre ordinateur ne permet pas l'activation de cette option, elle n'est pas prise en charge et vous devez installer un câble analogique entre la carte son et le lecteur.

L'affichage est complètement brouillé ou illisible

Le brouillage de l'affichage est souvent provoqué par l'utilisation de paramètres de rafraîchissement, de résolution et de profondeur de couleur incorrects ou non pris en charge, voire par des pilotes inappropriés. Pour contrôler la configuration de la carte, vous devez tout d'abord mettre sous tension l'ordinateur et vérifier si vous pouvez voir le POST ou l'écran de démarrage et entrer dans le BIOS. Si l'affichage est bon durant le POST mais se détériore lorsque Windows commence à se charger, les paramètres de configuration de la carte sont certainement mauvais. Pour résoudre ce problème, ouvrez le menu de démarrage spécial et sélectionnez Mode sans échec (maintenez enfoncée la touche de fonction F8 lorsque Windows commence à se charger pour afficher ce menu).

Cela contourne le pilote graphique actuel et les paramètres d'affichage, afin que l'ordinateur utilise le mode VGA par défaut pris en charge par le BIOS de la carte graphique. Lorsque le bureau Windows apparaît, cliquez du bouton droit sur le Bureau, sélectionnez Propriétés, puis reconfigurez les paramètres d'affichage ou remplacez les pilotes si nécessaire.

Infos

Certaines cartes mères (comme certains modèles ASUS) utilisent la touche F8 pour afficher un menu de démarrage. Dans ce cas, attendez que ce menu de démarrage disparaisse avant d'appuyer sur la touche F8.

Si le problème survient dès que vous allumez l'ordinateur, même si vous démarrez depuis une disquette DOS (comme la disquette de démarrage de Windows 98), le problème est matériel. Il peut s'agir de la carte graphique, d'un câble ou de l'écran. Tout d'abord, remplacez le moniteur par un autre, et le câble du moniteur si celui-ci est détachable. Si cela ne résout pas le problème, la carte graphique est probablement défectueuse. Remplacez la carte ou, s'il s'agit d'une carte PCI, déplacez-la sur un autre connecteur. S'il s'agit d'un circuit intégré à la carte mère, vous devez ajouter une carte d'extension ou remplacer la carte mère.

L'image est déformée, clignote ou ondule

Ces problèmes découlent souvent d'interférences sur la ligne électrique provoquées par un moteur électrique, une climatisation, un réfrigérateur, un four à micro-ondes, etc. Essayez de remplacer le cordon d'alimentation, de brancher le moniteur et/ou l'ordinateur sur une autre prise, ou de le déplacer. Si le moniteur est un écran CRT et que l'image soit courbée et décolorée, l'écran peut être magnétisé. Pour le démagnétiser, vous pouvez allumer et éteindre le moniteur à plusieurs reprises pour forcer la bobine située autour du périmètre du tube cathodique à s'activer pour tenter de démagnétiser l'écran. Certains CRT intègrent une fonction degauss (démagnétiser) dans leurs menus, qu'il est préférable d'utiliser. Si la démagnétisation semble ne fonctionner que partiellement, vous devrez peut-être acquérir une bobine de démagnétisation dans un magasin d'électronique. Si les problèmes persistent, remplacez le câble du moniteur, essayez un autre moniteur et, enfin, remplacez la carte graphique.

La nouvelle carte graphique ne s'adapte pas au connecteur

La plupart des cartes graphiques sont conçues pour se conformer aux spécifications AGP 4×, AGP 8× ou PCI-Express x16. Il est pratiquement impossible d'installer une carte PCI-Express x16 dans un autre type de connecteur, mais des problèmes peuvent survenir avec les cartes AGP installées sur d'anciens ordinateurs AGP.

Les cartes AGP 4× et AGP 8× sont conçues pour fonctionner uniquement à une tension de 1,5 V.

La plupart des anciennes cartes mères disposant de connecteurs AGP 2× sont conçues pour n'accepter que les cartes fonctionnant à 3,3 V. Si vous branchez une carte de 1,5 V dans un connecteur 3,3 V, la carte et la carte mère peuvent être endommagées. Des détrompeurs ont donc été intégrés dans la spécification AGP pour empêcher de telles catastrophes. En outre, certains connecteurs universels acceptent les cartes 1,5 V et 3,3 V. Le brochage des cartes AGP et des connecteurs est dicté par la norme AGP comme le montre la Figure 19.9.

Comme vous pouvez le voir à la Figure 19.9, les cartes AGP 4× ou 8× (1,5 V) peuvent uniquement se brancher sur les connecteurs 1,5 V ou universels (3,3 V ou 1,5 V). En raison de la conception du connecteur et de la carte, une carte 1,5 V ne peut pas être insérée dans un connecteur 3,3 V. Le fait que votre nouvelle carte AGP ne se place pas dans le connecteur d'extension AGP de votre carte mère est donc plutôt une bonne nouvelle, car si vous étiez en mesure de l'y insérer, la carte d'extension et la carte mère auraient grillé ! Dans un cas comme celui-ci, vous devez continuer à utiliser la carte 4×/8× ou acheter une nouvelle carte mère qui prenne en charge les cartes 4×/8× (1,5 V).

Mon nouveau processeur ne fonctionne pas

Tout d'abord, assurez-vous que la carte mère prenne en charge le processeur installé. Assurez-vous aussi d'utiliser la dernière version du BIOS de la carte mère. Vérifiez si des mises à jour sont disponibles sur le site web du fabricant de la carte mère et installez-les si c'est le cas. Vérifiez la position des cavaliers (anciennes cartes mères) ou les écrans de configuration du BIOS pour vous assurer que

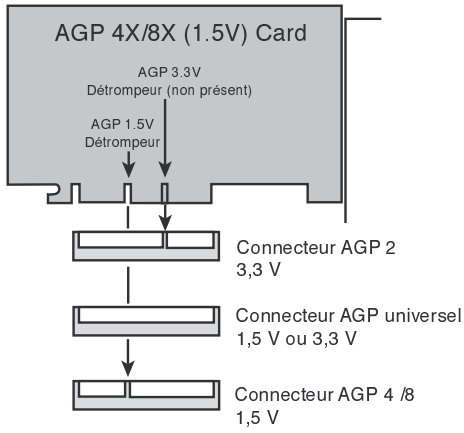


Figure 19.9
Carte AGP 4×/8× (1,5 V) et connecteurs AGP 3,3 V, universel, et 1,5 V.

le processeur est correctement identifié et que la vitesse de bus du processeur, la fréquence d'horloge et les paramètres de tension sont correctement configurés. Sur certains systèmes, vous devez appuyer sur Ctrl+F1 ou une autre combinaison de touches dans le BIOS du système pour afficher les écrans de configuration du processeur et des temps d'accès à la mémoire.

Assurez-vous que le processeur est configuré pour fonctionner à sa vitesse nominale et n'est pas overclocké. Si l'un des paramètres du processeur est en mode manuel dans la configuration du BIOS, mettez-le en automatique. Réinitialisez ensuite le processeur dans son support. Assurez-vous que le dissipateur thermique est correctement installé et que vous avez utilisé de la pâte thermique entre le processeur et le dissipateur thermique.

Il ne suffit pas qu'un processeur s'adapte au socle (ou au connecteur) de la carte mère pour qu'il fonctionne. Pour qu'un processeur fonctionne, les éléments suivants sont nécessaires :

- **Le processeur doit s'intégrer dans le connecteur.** Reportez-vous au Chapitre 2, pour un guide complet sur les différents types de connecteurs de processeur et pour savoir quels processeurs sont compatibles avec quels connecteurs.
- **La carte mère doit supporter la tension requise par le processeur.** Les cartes mères modernes définissent les tensions en lisant les broches de tension (VID) sur le processeur, puis configurent le module de régulateur (VRM) intégré en fonction de ces paramètres. Les cartes mères anciennes peuvent ne pas prendre encharge les tensions généralement plus faibles exigées par les nouveaux processeurs.
- **La ROM BIOS de la carte mère doit prendre en charge le processeur.** Les cartes mères modernes détectent également la vitesse du bus du processeur et sa fréquence d'horloge. Les paramètres de cache et d'initialisation varient beaucoup d'un processeur à l'autre.
- **Le chipset de carte mère doit prendre en charge le processeur.** Dans certains cas, certains modèles de chipsets sont nécessaires pour que le processeur soit pris en charge.

Avant d'acheter un nouveau processeur, vous devez d'abord vérifier si votre carte mère le prendra en charge. Pour qu'il en soit ainsi, elle doit répondre à toutes les conditions énumérées précédemment. Souvent, la mise à jour du BIOS permet aux anciennes cartes mères de prendre en charge les nouveaux processeurs, contrairement à ce qui est indiqué dans le manuel de la carte. Pour en être sûr, cherchez si le site web du constructeur de la carte mère contient des informations actualisées sur la prise en charge des processeurs par votre carte mère.

À titre d'exemple, il existe des versions du Pentium 4 qui ont un seul noyau, d'autres qui prennent en charge la technologie Hyper-Threading (HT) avec laquelle le processeur fonctionne comme s'il s'agissait de deux processeurs, et d'autres encore qui intègrent effectivement deux cœurs (dual-core). Tous s'adaptent physiquement au même connecteur. Si votre ordinateur utilise le Pentium 4 simple cœur original, l'achat d'un processeur HT ou double cœur semble être une bonne idée. Malheureusement, de nombreuses cartes mères n'acceptent pas ces versions, quand bien même elles peuvent être installées physiquement.

Si votre carte mère accepte un nouveau processeur à condition de procéder à une mise à jour du BIOS, pensez à réaliser cette mise à jour avant d'installer le processeur, car il sera difficile de le faire si votre ordinateur ne démarre pas.

Pour résumer, nous vous conseillons de vérifier que votre carte mère accepte et prenne en charge le nouveau processeur et de procéder à la mise à jour du BIOS avant de remplacer le processeur.

Quelques cartes mères anciennes sont capables de prendre en charge un nouveau processeur après une mise à jour du BIOS, mais de nombreuses autres ne répondent pas aux exigences du processeur en termes de tension et de vitesse du bus. Dans ce cas, vous avez besoin d'un nouveau processeur, d'une nouvelle carte mère et, selon toute probabilité, de nouveaux modules de mémoire. Veillez alors à comparer le coût de ces nouveaux composants avec le coût d'un nouvel ordinateur. Il serait en effet peut-être plus logique de remplacer tout le système.

L'ordinateur fonctionne bien pendant quelques minutes, mais se bloque ensuite

Ce symptôme est classique d'un ordinateur qui surchauffe. Il s'agit très probablement du processeur, mais d'autres éléments comme la carte graphique ou le chipset de la carte mère peuvent aussi surchauffer. Si l'ordinateur est nouveau ou assemblé par vous-même, son refroidissement peut être insuffisant si bien que l'ajout de dissipateurs thermiques et de plusieurs ventilateurs peut être nécessaire. Si le système présente ce défaut alors qu'il fonctionnait bien auparavant, vérifiez si le problème s'est manifesté depuis que vous avez apporté des modifications récentes. Dans ce cas, ces modifications peuvent être la cause du problème. Si vous n'avez procédé à aucune modification, un ventilateur de refroidissement est probablement en panne ou défaillant.

Les systèmes modernes doivent avoir plusieurs ventilateurs : un dans l'alimentation, un sur le processeur (ou positionné pour souffler de l'air sur le processeur) voire d'autres pour le châssis. Vérifiez que tous les ventilateurs sont correctement installés et fonctionnent. Ils ne doivent pas produire

de grincement car ce son indique généralement une défaillance. De nombreux systèmes plus récents disposent de ventilateurs régulés par un thermostat. Il est alors normal que la vitesse de rotation change avec la température. Assurez-vous que le châssis se trouve à plusieurs centimètres des murs et que les ports du ventilateur sont dégagés. Essayez d'enlever et de réinitialiser le processeur, puis réinstallez le dissipateur thermique du processeur en remplaçant la pâte thermique. Vérifiez que l'alimentation fournit suffisamment de puissance (300 W ou plus généralement). Utilisez un multimètre numérique pour vérifier la tension de sortie de l'alimentation, qui doit être à plus ou moins 5 % de la tension nominale sur chaque broche. Essayez de remplacer l'alimentation par un modèle de très bonne qualité.

Le disque dur connaît des problèmes intermittents

Beaucoup de systèmes utilisent des interfaces ATA (plus connues sous le nom IDE) composées d'un disque, d'un contrôleur intégré, d'une nappe et d'un circuit adaptateur sur la carte mère. En règle générale, les dysfonctionnements intermittents sont causés par la nappe et le lecteur (il est beaucoup plus rare que l'adaptateur hôte tombe en panne). De nombreux problèmes se produisent avec les câbles. Les lecteurs ATA utilisent des nappes souples comprenant 40 ou 80 fils et un connecteur de 40 broches à chaque extrémité (voire éventuellement un connecteur au milieu). Les disques qui prennent en charge des taux de transfert supérieurs à 33 Mo/s (ATA-33 ou Ultra-DMA Mode 2) doivent utiliser des nappes de 80 fils. Vérifiez que la nappe n'est pas coupée ou endommagée, puis essayez de la débrancher et de la rebrancher dans le lecteur et sur la carte mère. Assurez-vous que la longueur de la nappe n'excède pas 46 cm, car il s'agit du maximum autorisé par la spécification ATA. Cela est particulièrement important lorsque vous utilisez les taux de transfert plus rapides ATA-100 ou ATA-133. Essayez de remplacer la nappe par un modèle de 46 cm à 80 fils.

Si le remplacement du câble ne produit aucun effet, remplacez le disque dur, installez un système d'exploitation et vérifiez si le problème demeure. Dans ce cas, le problème est lié à la carte mère, qui a probablement besoin d'être remplacée. Vous pouvez également essayer d'ajouter une carte PCI ATA-133 et de brancher les lecteurs sur celle-ci, mais le plus souvent une nouvelle carte mère offre de meilleures performances.

Si le problème disparaît, il est probablement dû au disque dur original. Vous pouvez tout simplement remplacer ce dernier, le tester ou essayer de le formater et de le réinstaller pour voir s'il peut être réparé. Pour ce faire, vous devez utiliser le logiciel de test ou de formatage de bas niveau fourni par le fabricant du disque dur. Pour en savoir plus à ce sujet, reportez-vous au Chapitre 10.

Si votre ordinateur utilise des disques durs Serial ATA (SATA), souvenez-vous que le câble et le connecteur utilisés par certaines cartes mères et certains disques durs SATA ne disposent pas de mécanisme de verrouillage. Le câble peut être déconnecté de la carte mère ou du disque dur. Les câbles SATA peuvent également provoquer des pannes s'ils sont pliés ou coupés. Remplacez les câbles endommagés et assurez-vous que le câble est connecté au lecteur et à la carte mère, voire à la carte d'extension hôte.

L'ordinateur ne démarre pas et m'indique que le système d'exploitation est manquant

Lorsque votre système démarre, il lit le premier secteur du disque dur appelé le MBR (*Master Boot Record*) et exécute le code indiqué dans ce secteur. Le code MBR lit ensuite la table de partition (également dans le MBR) afin de déterminer quelle est la partition d'amorçage à utiliser. Il charge ensuite le premier secteur de cette partition, appelé le VBR (*Volume Boot Record*), qui contient le code de démarrage spécifique au système d'exploitation. Toutefois, avant d'exécuter le VBR, le MBR vérifie que les octets de fin du VBR portent la signature 55AAh. Dans le cas contraire, le MBR affiche le message "Système d'exploitation manquant".

Plusieurs raisons peuvent expliquer ce problème, dont les suivantes :

- **Les paramètres du disque dur entrés dans la configuration du BIOS sont incorrects ou endommagés.** Il s'agit des paramètres qui définissent votre disque dur, que vous avez entrés dans la configuration du BIOS et qui sont stockés sur une puce CMOS RAM alimentée par une batterie de votre carte mère. Si ces paramètres sont incorrects, le programme MBR lit le mauvais secteur VBR, ce qui explique pourquoi il indique que le système d'exploitation est manquant. Ce message peut également apparaître lorsque la batterie CMOS est morte car elle perd ou corrompt la traduction des données stockées sur le disque et les paramètres de transfert. En fait, la cause la plus probable de cette erreur est une batterie déchargée. Pour réparer, vérifier et remplacer la batterie CMOS, exécutez le BIOS, allez sur l'écran de paramétrage du disque dur et entrez les bons paramètres. Notez que la plupart des paramètres du disque doivent être réglés sur Automatique ou Détection automatique.
- **Le disque dur n'est pas encore partitionné et formaté.** Il s'agit d'une erreur normale si vous essayez de démarrer l'ordinateur à partir du disque dur avant que l'installation du système d'exploitation ne soit terminée. Démarrez à partir du disque de démarrage du système d'exploitation (disquette ou CD) et lancez le programme d'installation, qui vous invitera à procéder au formatage au cours de l'installation du système d'exploitation.
- **Le MBR et/ou les tables de partition sont corrompus.** Un virus destructeur des secteurs d'amorçage peut en être la cause, entre autres choses. Pour réparer cela, effectuez un démarrage à froid (mise hors tension, puis mise sous tension) à partir d'une disquette ou d'un CD-ROM d'amorçage non infecté et protégé en écriture, qui contient le programme FDISK (la version de Windows 98 ou plus tard de préférence). Entrez `FDISK/MBR` à l'invite de commande pour recopier le code MBR sans modifier la table de partition. Puis redémarrez votre ordinateur. Si le message persiste et que vous ayez besoin de récupérer les données sur le disque, vous devez alors entièrement reconstruire les tables de partition à l'aide d'un utilitaire tiers comme le programme DISKEDIT fourni avec la suite Symantec Norton Utilities ou engager un spécialiste de la récupération des données. Si vous n'avez pas besoin de récupérer les données sur le disque, il suffit de réinstaller le système d'exploitation, qui vous aidera à partitionner et à formater le disque.
- **Le VBR est corrompu.** Pour réparer avec Windows 95/98/Me, utilisez une disquette de démarrage créée par la même version du système d'exploitation que celle installée sur le disque dur et

qui contienne la commande SYS de ce système d'exploitation. Exécutez SYS C: pour recopier une version fonctionnelle du VBR et du système de fichiers sur le disque dur. Pour Windows NT/2000/XP, vous pouvez utiliser la console de restauration ou les utilitaires DiskProbe (qui se trouvent sur le CD-ROM de démarrage du système d'exploitation). Pour Vista, vous pouvez utiliser Windows Recovery Environment, l'équivalent de la console de restauration des versions antérieures de Windows.

L'ordinateur connaît des erreurs de mémoire intermittentes

Si vous avez récemment ajouté de la mémoire ou effectué une autre modification, vous devez revenir en arrière pour voir s'il s'agit de la cause du problème. Si ce n'est pas le cas, réinitialisez et enlevez tous les modules de mémoire. Si les contacts semblent corrodés, nettoyez-les avec un produit adéquat. Vérifiez les paramètres de la mémoire dans le BIOS ; généralement, tous les paramètres doivent être configurés sur Automatique. Mettez ensuite à jour le BIOS de la carte mère et supprimez tous les modules de mémoire, sauf un. Effectuez ensuite plusieurs démarrages de l'ordinateur, en déplaçant ce seul module de mémoire dans le deuxième puis le troisième connecteur. Un connecteur peut poser problème et la plupart des cartes mères n'exigent pas que les connecteurs soient occupés dans l'ordre. Remplacez le module restant par un de ceux que vous avez supprimés ou par un nouveau module.

Si le problème persiste encore, il est fort probable que la carte mère ou l'alimentation, voire un autre composant, soit responsable. Retirez les autres composants de l'ordinateur afin de voir s'ils créent des problèmes. Réinitialisez le processeur et remplacez l'alimentation par un bloc de bonne qualité. Enfin, essayez de remplacer la carte mère.

Le système se bloque souvent et redémarre parfois de lui-même

Il s'agit d'un symptôme classique d'une défaillance de l'alimentation. L'alimentation est conçue pour envoyer un signal Power_Good à la carte mère une fois qu'elle a réalisé ses propres tests internes et que sa sortie est stable. Si ce signal connaît une chute, même très courte, l'ordinateur se réinitialise. Un problème sur le signal Power_Good entraîne donc le blocage et le redémarrage du système. Une mauvaise alimentation électrique de la prise murale peut également provoquer ce problème. Vérifiez la sortie de l'alimentation avec un multimètre numérique (toutes les sorties doivent être à plus ou moins 5 % de la tension nominale). Utilisez un testeur de prise afin de vous assurer que le câblage de la prise murale est correct et que sa tension est proche de 220 V. Remplacez le cordon d'alimentation ou le bloc multiprise situé entre l'alimentation et la prise murale.

Malheureusement, ce problème est difficile à résoudre en raison de sa nature intermittente. Si le problème ne vient pas de la prise murale, la meilleure solution est de remplacer l'alimentation par un modèle de très bonne qualité suffisamment puissant pour gérer l'ordinateur (une alimentation de 300 W ou plus est recommandée). Si cela ne fonctionne pas, réinitialisez le processeur et réinstallez le dissipateur thermique en remplaçant la pâte thermique. Réinitialisez les modules de mémoire, testez-les. Finalement, remplacez la carte mère.

Seuls 8,4 Go des 60 Go de mon disque dur sont reconnus

Au cours des années, le ROM BIOS des cartes mères a été mise à jour afin de prendre en charge les capacités grandissantes des disques durs. Les BIOS antérieurs à août 1994 sont généralement limités à des disques durs de 528 Mo maximum, tandis que les BIOS antérieurs à janvier 1998 sont limités à 8,4 Go et que les BIOS antérieurs à septembre 2002 sont limités à 137 Go. Les BIOS plus récents prennent en charge les disques durs de plus de 137 Go. Ces indications sont uniquement générales; pour connaître avec exactitude la capacité maximale qu'un ordinateur peut gérer, vous devez vérifier les informations du constructeur de la carte mère. Vous pouvez également utiliser l'utilitaire de BIOS disponible à l'adresse suivante : **http://www.unicore.com/bioswiz/index2.html** pour connaître la date du BIOS de votre ordinateur et savoir en particulier s'il prend en charge la spécification *Enhanced Hard Disk Drive* et peut gérer des disques durs de plus de 8,4 Go.

Si votre BIOS ne prend pas en charge les disques durs de plus de 8,4 Go, les trois solutions suivantes s'offrent à vous :

- Mettez à jour le BIOS de votre carte mère pour une version postérieure à 1998 ou plus récente.
- Installez une carte de mise à jour du BIOS, comme les cartes Ultra-ATA de **www.siig.com**.
- Installez un logiciel correctif.

La première solution est la meilleure car elle est généralement gratuite. Rendez-vous sur le site web du fabricant de la carte mère pour voir si de nouveaux BIOS capables de prendre en charge les disques durs de grande capacité sont disponibles pour celle-ci. Si ce n'est pas le cas, la meilleure solution consiste alors à utiliser une carte de mise à jour comme les cartes Ultra-ATA de SIIG. Nous ne conseillons pas l'utilisation d'un logiciel correctif car celui-ci se borne à installer un pilote spécial dans le secteur de démarrage du disque dur, ce qui peut provoquer de nombreux problèmes si vous démarrez alternativement depuis différents lecteurs, si vous installez de nouveaux disques durs ou lors de la restauration des données.

La limite de 137 Go est plus difficile à franchir car non seulement le BIOS mais aussi le système d'exploitation et les pilotes du chipset de la carte hôte ATA sont impliqués. L'accès aux disques de plus de 137 Go s'effectue en utilisant les chiffres des blocs d'adresse logique (*Logical Block Address*, ou LBA) à 48 bits, ce qui requiert une prise en charge du BIOS, du pilote du chipset et du système d'exploitation. En règle générale, vous devez disposer d'un BIOS postérieur à septembre 2002, le dernier pilote de chipset (comme l'*Intel Application Accelerator* disponible à l'adresse **http://www.intel.com/support/chipsets/iaa/** pour les cartes mères utilisant les chipsets Intel) et Windows XP avec Service Pack 1 (ou plus). Si le BIOS de la carte mère ne fournit pas la prise en charge nécessaire, une des cartes Ultra-ATA de SIIG permet de l'obtenir. La version originale de XP, ainsi que Windows 2000/NT ou Windows 95/98/Me, ne fournit pas la prise en charge native des disques durs de plus de 137 Go.

Si votre BIOS ne prend pas en charge les disques durs de très grande capacité, cherchez une mise à jour auprès du constructeur de la carte mère (ou utilisez une carte avec BIOS intégré). Si votre carte

mère n'utilise pas un chipset Intel, consultez le manuel de la carte mère ou le site web du constructeur pour trouver des mises à jour des pilotes.

Le lecteur optique ne fonctionne pas

Les lecteurs de CD et de DVD sont parmi les composants des PC les plus sujets à des défaillances. Il n'est pas rare que ces lecteurs tombent subitement en panne après une année d'utilisation.

Si vous rencontrez des problèmes avec un lecteur nouvellement installé, vérifiez l'installation et la configuration du lecteur. Vérifiez la position du cavalier sur le lecteur. Si vous utilisez une nappe de 80 fils, le cavalier doit être sur la position Cable Select. Si vous utilisez une nappe de 40 fils, le lecteur doit être réglé en maître ou en esclave (selon qu'il est ou non le seul lecteur sur la nappe). Vérifiez que la nappe n'est pas entaillée ou coupée et que sa longueur ne dépasse pas 46 cm (la longueur maximale autorisée par la spécification ATA). Remplacez la nappe, en utilisant de préférence une nappe de 80 fils. Assurez-vous que le lecteur est alimenté et vérifiez l'alimentation sur le connecteur à l'aide d'un multimètre numérique. Assurez-vous également que le lecteur est correctement configuré dans le BIOS et vérifiez que le lecteur est détecté pendant le processus de démarrage. Enfin, essayez de remplacer le lecteur et, le cas échéant, la carte mère.

Si le disque a déjà été installé et fonctionnait auparavant, essayez plusieurs disques, en sélectionnant de préférence des disques vendus dans le commerce plutôt que des disques inscriptibles ou réinscriptibles.

Si vous utilisez un lecteur de DVD SATA sous Windows Vista, vous devrez peut-être configurer l'adaptateur hôte SATA utilisé par le lecteur pour qu'il émule le mode PATA plutôt que de fonctionner en mode AHCI natif ou d'installer un correctif (voir l'article 928253 de la base de connaissances Microsoft).

Le port ou le périphérique USB ne fonctionne pas

Assurez-vous que vous avez activé les ports USB dans le BIOS. Assurez-vous également que votre système d'exploitation prend en charge l'USB (ce n'est pas le cas de Windows 95 et NT par exemple). Techniquement, les dernières versions de Windows 95 (appelées 95B et 95C) prenaient en charge l'USB, mais de façon très limitée et problématique. La prise en charge de l'USB n'est disponible que depuis Windows 98. Essayez de supprimer tous les hubs et branchez le périphérique qui pose problème directement sur le hub principal de l'ordinateur. Essayez de remplacer le câble. De nombreux périphériques USB nécessitant un surcroît de puissance, assurez-vous que le périphérique est muni d'une alimentation externe si cela est nécessaire.

Si le périphérique nécessite une prise en charge de l'USB 2.0, assurez-vous que les ports sont configurés pour fonctionner en mode USB 2.0 (Hi-Speed USB). De nombreux ordinateurs ne permettent que le mode USB 1.1. Si l'appareil est alimenté par le bus, essayez de remplacer le bloc d'alimentation ; une alimentation surchargée peut ne pas offrir la puissance suffisante aux ports USB.

Le module de mémoire supplémentaire n'est pas reconnu

Vérifiez que la mémoire est compatible avec votre carte mère. Les variations entre les différents types de mémoires sont assez subtiles, si bien que les modules peuvent sembler identiques à l'œil. Il ne suffit pas que le module se glisse dans le connecteur pour que la mémoire fonctionne correctement sur votre ordinateur. Consultez le manuel de la carte mère pour connaître le type de mémoire à employer, voire éventuellement la liste des modules pris en charge. Vous pouvez consulter l'utilitaire Memory Advisor Tool du site web **www.crucial.com** pour déterminer le type exact de mémoire qui convient à un ordinateur ou une carte mère en particulier. Il convient également de noter que toutes les cartes mères prennent en charge une quantité de mémoire limitée, et que de nombreuses cartes récentes ne permettent pas d'installer plus de 512 Mo ou 1 Go de mémoire. Une fois de plus, consultez le manuel de la carte mère ou le fabricant pour obtenir des renseignements sur les limites de la carte mère.

Si vous êtes sûr de disposer du bon type de mémoire, suivez les étapes énumérées dans la section consacrée aux erreurs de mémoire intermittentes plus tôt dans ce chapitre.

Le nouveau disque dur ne fonctionne pas et sa DEL reste allumée

Il s'agit du symptôme classique d'un câble branché à l'envers. Les lecteurs ATA et les lecteurs de disquettes sont normalement tous deux munis de détrompeurs, mais certaines nappes n'en disposent pas et peuvent donc facilement être installées à l'envers. Lorsque la nappe est installée à l'envers sur la carte mère ou le lecteur, la DEL du lecteur reste allumée et le lecteur ne fonctionne pas. Dans certains cas, cela peut aussi entraîner le blocage de l'ensemble du système. Vérifiez que les nappes sont correctement branchées aux deux extrémités (la bande de couleur indique l'emplacement de la broche 1). Sur le lecteur, la broche 1 est généralement orientée vers le connecteur d'alimentation. Sur la carte mère, regardez les marques sérigraphiées sur la carte ou observez l'orientation des autres câbles déjà branchés (tous les câbles suivent la même orientation).

L'ordinateur s'est bloqué pendant une mise à jour du BIOS et il ne fonctionne plus du tout

Cela peut se produire lorsque le flashage de la ROM se déroule mal. Heureusement, la plupart des cartes mères intègrent une routine de récupération qui peut être activée par le biais d'un cavalier sur la carte. Lorsque cette option est activée, la routine de récupération force le système à rechercher une disquette contenant le programme de mise à jour du BIOS. Si vous ne l'avez pas déjà fait, vous devez télécharger une mise à jour du BIOS de la carte mère et suivre les instructions du constructeur pour placer le programme de mise à jour du BIOS sur une disquette de démarrage. Choisissez ensuite le mode de restauration du BIOS à l'aide du cavalier sur la carte mère, mettez l'ordinateur sous tension et attendez la fin de la procédure. Cela nécessite en général cinq minutes et des bips sonores vous indiquent le début et la fin de la procédure. Lorsque la restauration est terminée, éteignez l'ordinateur et replacez le cavalier dans sa position d'origine (normale).

Si votre carte mère ne dispose pas de cette fonctionnalité de restauration du BIOS, vous devrez peut-être envoyer la carte mère au constructeur pour qu'il la répare.

Depuis l'installation d'une nouvelle carte mère dans un ancien ordinateur Dell, rien ne marche

Les alimentations et les connecteurs électriques de nombreux ordinateurs Dell Dimension construits avant 2001 (Dimension 4100, 8100, ou plus anciens) ne sont pas entièrement conformes aux spécifications ATX. Si vous remplacez une alimentation Dell non standard par une alimentation à la norme ATX ou que vous remplaciez une carte mère Dell non standard par une carte de type ATX, vous risquez de griller l'alimentation et la carte mère. Pour mettre à jour ces anciens ordinateurs Dell, vous devez remplacer la carte mère et l'alimentation en même temps.

Depuis 2001, Dell utilise des alimentations et des connecteurs électriques ATX standard sur ses ordinateurs, si bien que ce problème ne devrait se poser que dans de rares cas. Cependant, certains ordinateurs Dell construits après 2001 (comme le XPS Gen 2, par exemple) utilisent des alimentations qui ne répondent absolument pas aux normes.

La carte graphique PCI installée dans un ordinateur ancien équipé de connecteurs PCI ne fonctionne pas

Le bus PCI a connu plusieurs révisions. Les connecteurs les plus anciens sont de type 2.0 tandis que la plupart des cartes récentes nécessitent des connecteurs PCI 2.1 ou supérieurs. La version du connecteur PCI sur votre ordinateur dépend du chipset de la carte mère. Si vous installez une carte graphique ou une autre carte PCI qui nécessite la présence de connecteurs 2.1 sur des connecteurs 2.0, le système ne peut souvent pas démarrer ou fonctionner du tout.

Pour connaître la version de connecteurs PCI utilisés sur votre carte mère, reportez-vous au Chapitre 3 pour savoir de quel chipset elle dispose. En cas d'incompatibilité, la seule solution consiste à changer la carte PCI ou la carte mère.

Index

1394, norme IEEE, connecteur IEEE 1394 du panneau frontal, brochage 226
286, processeurs
mémoire installable maximale 357
mode réel 27
386, processeurs
mémoire installable maximale 357
mode IA-32 27
3D audio 775
3D, accélération 725
animation 727
anticrénelage 727
coloration 727
conversion de balayage 727
géométrie 727
identification des surfaces visibles 727
mappage de textures 725
ombrage
à plat 725
de Gouraud 725
pixellisation 727
primitives 726
rastérisation 727
sommets 726
textures 726, 727
3Dfx 732
3DNow!, technologie 65
3G 870
486, processeurs
mémoire installable maximale 357
supports 72
645/645DX, chipsets (SiS) 166
648/648FX, chipsets (SiS) 166
649/649FX, chipsets (SiS) 168
650/651, chipsets (SiS) 165
655/655FX/655TX, chipsets (SiS) 166
656/656FX, chipsets (SiS) 167
661FX, chipsets (SiS) 167
733, chipsets (SiS) 192
735, chipsets (SiS) 192
740, chipsets (SiS) 193
741/741GX, chipsets (SiS) 195
745, chipsets (SiS) 193
746, chipsets (SiS) 193
748, chipsets (SiS) 194
750, chipsets (AMD) 179
755/755FX, chipsets (SiS) 214
756, chipsets (SiS) 215
760, chipsets (AMD) 179
760/760GX, chipsets (SiS) 215
761/761GX, chipsets (SiS) 217
8000 (8151), chipsets (AMD) 203
8086, processeurs 357
8088, processeurs 357
82801BA, ICH (Integrated Controller Hub) 153
82850, GMCH (Graphics Memory Controller Hub) 152
82C206, puces 136
845, chipsets (Intel) 153
848P, chipsets (Intel) 156
850, chipsets (Intel) 152
860, chipsets (Intel) 202
865, chipsets (Intel) 155
875P, chipsets (Intel) 157
915, chipsets (Intel) 157
925X, chipsets (Intel) 158
945 Express, chipsets (Intel) 158
955X, chipsets (Intel) 158
96x series, chipsets (Intel) 159
975X, chipsets (Intel) 158

A

Absences (cache) 340
Accelerated graphics port (AGP), bus 231, 254
Accelerated hub architecture (AHA) 143
Accélération 3D
animation 727
anticrénelage 727
coloration 727
conversion de balayage 727
géométrie 727
identification des surfaces visibles 727
pixellisation 727
primitives 726
rastérisation 727
sommet 726
terminologie 726
texturage 726, 727
Accès Internet
comparaison
accès haut débit 876
accès haut débit et conventionnels 878
connexion de secours 876
DSL 869
large bande 856
taux de pénétration 854
lignes louées (E1 et E3) 878
modem 897
modem câble 857
par satellite 872
partage de la connexion 897
problèmes d'appel 902
réseau câblé 858
RNIS 874
sans fil fixe 870
sécurité
de la connexion 879
des réseaux câblés 862
DSL 868
Accès mémoire direct 413
ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) 325, 691, 981
Acquisition vidéo
carte 737
dépanner les périphériques 741
JPEG 738
MPEG 738
périphériques 739
Adaptateurs
à plusieurs ports COM 282
BIOS 292
PCI (Peripheral Connect Interface), bus 248
SCSI (Small Computer Systems Interface) 281
USB 812
vidéo
BIOS 292
conflits de ressources 283
ADC, conversion audio 763
ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) 553
ADPCM, compression audio 759
Adressage
CHS 433
logique par bloc 430
Adresses
de port 267
de périphérique basées sur la carte mère 267
de périphérique basées sur le bus 267

de périphérique basées sur le chipset 267
en RAM CMOS 219
ADSL (Asymmetrical DSL) 865
Advanced Configuration and Power Interface (ACPI) 325
Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC) 264
Aéroduc 1088
installation 1085
norme officielle 1083
Affichage
problèmes 1163
signaux
analogiques 703
numériques 703
Agencements mémoire 334
AGP (Accelerated Graphics Port) 719
bus 231, 254
locaux 720
synchronisation du bus 1059
vitesse 719
AHA (Accelerated Hub Architecture) 143
AHCI (Advanced Host Controller Interface) 421
Aladdin P4 (M1671), chipsets 170
ALCT (Advanced Liquid Cooling Technology) 1078
Alderwood (925X), chipsets 158
ALiMagik1, chipsets 195
Alimentation
à commutation 963
bruit de ligne 1148
calcul de la puissance consommée 974
caractéristiques 963, 972
secondaires 970
connecteurs d'interrupteurs 934
obsolètes 932
connecteurs de carte mère 957
compatibilité 954
obsolètes 936
connecteurs supplémentaires 963
lecteur de disquettes 960
PCI-Express 963
SATA 960
consommation des périphériques 907
constructeurs 995
correction du facteur de puissance 970
courant continu
négatif 908
positif 906, 907
critères d'achat 994, 996
recommandations 996
de secours 1000, 1003
alimentations de veille 1000
ASI 1000
Dell (propriétaire) 957, 1172
dépannage 993
distorsion harmonique 970
durée d'alimentation rémanente 969
efficacité 970
EPA 980
facteur d'encombrement 911, 913, 930
ATX/ATX12V 921
CFX12V 928
EPS12V 927
LFX12V 929
SFX/SFX12V 925
TFX12V 927
gestion de l'énergie 984
ACPI 981
APM 980
Energy Star 980
SMM (System Management Mode) 60
Guide de compatibilité des plates-formes 947
importance 905
installation 1040
intensité de charge
minimale et maximale 969
montée en charge 969
linéaire 963
MTBF 968
multimètres numériques 988
obsolète 917
AT Desktop 914
AT Tower 914
Baby AT 916
LPX 917
PC/XT 914
ondulation 970
Pentium 4, problèmes 85
plage de valeurs d'entrées 969
protection 1003
contre les surtensions 969, 999
parafoudres 998
puissance 965
rails de tension 907
refroidissement inadéquat 987
régulateurs de tension 908
régulation
de charge 970
de ligne 970
remplacement 994
réparer 993
réponse transitoire 969
rôle et fonctionnement 911
signal Power_Good 909
stabilisée à commutation par conversion directe à demi-pont 906
surchargée 986
tension de fonctionnement du processeur 50
fixer 76
processeurs Socket 7 77
tension unique 76
tensions double 76
VRT (voltage reduction technology) 76
thermomètre numérique infrarouge 992
transformateur à tension variable 992
types de connecteurs 913
veille 979
VRT (voltage reduction technology) 76
A-Link, architecture 145
Alpha blending 727
Alpha, particules 372
Alto 839
AMD
Athlon 946, 1013
force de serrage 1068
Athlon 64
IHS 1068
Athlon XP 1013
force de serrage 1068
chipsets 140
AMD 8000 (8151) 203
AMD-750 140, 179
AMD-760 140, 179
AMD-760MP 180
AMD-760MPX 181
contrôle industriel 13
tableau de référence 178
Duron 1013
force de serrage 1068
Opteron 1013
P-Ratings 47
processeurs 81
Athlon 64 87, 89
Athlon 64 FX 87, 102
Athlon 64 X2 102
processeurs compatibles Intel
K6 65
Opteron 19, 94
Turion 1013
AMIDiag Suite 1107
Amorçage 1120
matériel 1114
système d'exploitation 1120
DOS 1114
Windows 9x/Me 1115
Windows NT/2000/XP 1118
Windows Vista 1120

Amplitude d'un son 762
AMR (Audio Modem Riser) 232
Andromeda Research Labs 299
Animation 3D 727
Anticrénelage 3D 727
API (interface de programmation d'applications) 290, 732
3Dfx 732
Direct3D 732
OpenGL 732
APIC (advanced programmable interrupt controller) 264
APM (Advanced Power Management) 691, 980
Apollo
KT133, chipsets 184
KT133A, chipsets 184
KT266, chipsets 185
KT266A, chipsets 185
KT333, chipsets 186
KT400/KM400, chipsets 186
KT400A, chipsets 186
KT600, chipsets 187
KX133, chipsets 184
P4X266, chipsets 176
P4X400, chipsets 176
P4X400A, chipsets 176
P4X533, chipsets 176
APS, protection des DVD 579
Arbitré, bus 263
Architecture en couches 289
ASI (alimentation sans interruption) 1000
Assemblage
accessoires 1024
alimentation électrique 1040
barrettes de mémoire 1016, 1033
BIOS 1045
carte d'extension 1045
graphique 1022, 1043
SCSI 1044
son 1022, 1044
carte mère 1018, 1034
BIOS 1016
chipset 1015
port d'entrées/sorties 1018
choix du chipset 1014
claviers 1020
composants 1008
connecter les câbles 1040
dépanner l'ordinateur 1046
disque dur 1019, 1041
partition et formatage 1049
dissipateur thermique 1031
haut-parleurs 1022
interface réseau 1044
lecteurs optiques 1019, 1041
matériel nécessaire 1030
modem 1044
périphériques d'entrée 1020
pilotes des périphériques 1049
préparation 1030
processeur 1013, 1031
protection électrostatique 1028
radiateur 1070
sélection du BIOS 1016
système d'exploitation 1025
AT
classe de systèmes (16/32/64 bits) 16
Desktop 914
Tower 914
ATA 395, 396, 505
à maître de bus 413
AT Attachment 591
ATA série II 420
ATA-4 427
ATAPI 427
câble d'E/S 405
circuits de contrôle 588
commandes 423
configuration ATA série 419
connecteur 403, 423
connecteur ATA parallèle à 50 broches 404
CSEL, signal 408
DASP, signal 408
DMA, transferts 412
formatage du disque dur 659
Identify drive, commande 423
interface standard 397
limites combinées du BIOS et de l'interface ATA 435
Mode sécurité ATA 424
PIO, modes de transferts 412
Read Multiple, commande 424
Security Mode 424
série *Voir aussi* SATA
signaux 408
spécification 396
standards 398
Write Multiple, commande 424
ATA série
transfert de données 422
ATAPI (AT Attachment Packet Interface)
interface 413
ATAPI (ATA Packet Interface) 591
entrée audio, connecteur de la carte mère 228
ATDT (commande) 882
Athlon 64, processeurs 87, 89
Athlon 64 FX 87, 92, 102
Athlon 64 X2 102
chipsets
AMD 8000 (8151) 203
ATI RS480/RX480/RD580 205
K8T800/K8T800Pro/K8M800 209
K8T890/K8M890 210
nForce 410/430, familles 213
nForce Professional, familles 212
nForce3 150/nForce3 Pro 150 211
nForce3 250, famille 211
nForce4, familles 212
SiS755/755FX 214
SiS756 215
SiS760/760GX 215
SiS761/761GX 217
ULi M1687 206
ULi M1689 207
ULi M1695 207
IHS 1068
Athlon XP, processeur AMD 1013
Athlon, processeur AMD 1013
force de serrage 946, 1068
Athlon, processeurs
chipsets 178
ALiMagik1 195
AMD-750 179
AMD-760 179
AMD-760MP 180
AMD-760MPX 181
Apollo KT133 184
Apollo KT133A 184
Apollo KT266 185
Apollo KT266A 185
Apollo KT333 186
Apollo KT400/KM400 186
Apollo KT400A 186
Apollo KT600 187
Apollo KX133 184
architecture MuTIOL 190
KT880 188
nForce/nForce2 196
ProSavage KM133 185
ProSavage KM266 186
Radeon 198, 200

SiS, tableau de référence des chipsets 189
SiS733 192
SiS735 192
SiS740 193
SiS741/741GX 195
SiS745 193
SiS746 193
SiS748 194
VIA, tableau de référence des chipsets 181
mémoire installable maximale 357
ATI Technologies, Inc. 1022
chipsets
architecture A-Link 145
ATI RS480/RX480/RD580 205
Radeon 198
tableau de référence 171
ATIP (absolute time in pre-groove) 598
ATX, cartes mères 114
cartes élévatrices 118
code de couleurs 117
comparées aux cartes Baby-AT et LPX 114
connecteurs 115
connecteurs d'alimentation 114
coûts de fabrication 116
emplacement du processeur 115
emplacement mémoire 115
Flex-ATX 123
fonctions de refroidissement 115
identification 117
Micro-ATX 122
Mini-ATX 116
panneau de connecteurs 114
ports 117
spécifications 118
ATX/ATX12V, facteur d'encombrement 921
connecteur auxiliaire
brochage 942
connecteur principal 938
brochage 939
Dell (propriétaire) 957
signal PS_ON 930
valeurs de sortie des alimentations 966
Audio
ADC 763
ADPCM 759
amplification à lampes 770
brochage du connecteur du panneau frontal 227
circuit intégré
AC'97 768
conflits de ressources 279
Direct X 749, 774
fonctionnalités des cartes sons 762
haut-parleurs 790
configurer 790
son surround 789
historique 751
lecture numérique 754
microphone 792
pilotes de carte son 760
certification 760
production 761
son 3D 775
Audio Modem Riser (AMR) 232

B

Baby AT 916
Bancs de mémoire 245, 370
définition 363
largeur 370
Bande passante 360
bus 233
RDRAM (Rambus DRAM) 355
SDRAM (synchronous DRAM) 347
SDRAM DDR (double data rate) 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
Bandes magnétiques 504
Barrettes
connecteur planaire 1068
de mémoire, installation 1033
Batteries RTC/NVRAM 1006
dépannage 1006
obsolètes 1005
spécifications 1003
Batteries, connecteurs 228
Bauds et bits 883
Bearlake (3x series), chipsets 160
BIOS
AMI (American Megatrends, Inc.)
chaîne d'identification du BIOS 303
diagnostics 306
messages d'erreur 328
Award, messages d'erreur 330
blocage 1171
codes d'erreur 1105
AMI 1094
Award et Phoenix FirstBIOS 1096
IBM 1103
IBM/Lenovo 1105
Phoenix 1100
commandes 1050
configuration 1045
Hi-Flex 303
identifier le disque dur 644
interface IDE 637
Large ou Extended CHS 436
limitations de capacité des lecteurs 430
limitations du BIOS 489
limite de 8,4 Go du disque dur 1169
limites combinées du BIOS et de l'interface ATA 435
Logical Block Address (LBA) 437
ROM BIOS 1016
SCSI 637
sélectionner 1016
services BIOS améliorés pour les lecteurs de disques 444
standard VBE 705
système d'exploitation indiqué manquant 1167
test mémoire RAM 1105
USB Legacy 1020, 1161
vidéo 709
Bits de parité 375
Bits et bauds 883
Blu-ray, format de disque 549
BMIDE 413
Bogues du processeur 80
Boîtier
connecteurs d'intrusion 228
définition 18
installer la carte mère 1034
Boot Up Floppy Seek, fonctionnalité (BIOS) 323
Boot Up System Speed, fonctionnalité (BIOS) 323
Boot *Voir* Processus d'amorçage
Boot, menu (BIOS Setup) 322
Broadwater (96x), chipsets 159
Brochage
connecteurs
IEEE-1394 816
parallèle IEEE-1284 826
port série 819
USB 806, 807
connecteurs d'alimentation
ATX auxiliaire 942
ATX principal 939, 944
connecteurs de périphériques 958, 959
Dell 957
connecteurs de la carte mère 220
alimentation du ventilateur de processeur 230
brochage du connecteur de panneau frontal alternatif 224

CD audio 228
connecteur audio du panneau frontal, brochage 227
connecteur de données infrarouge du panneau frontal, brochage 227
connecteur IEEE 1394 (FireWire/ i.LINK) du panneau frontal, brochage 226
connecteur interrupteur/LED du panneau frontal, brochage 220
connecteur USB du panneau frontal, brochage 225
connecteurs de haut-parleur 228
connecteurs de la batterie 228
connecteurs de téléphone 228
connecteurs en ligne de type ATAPI 228
connecteurs Wake on LAN 228
connecteurs Wake on Ring 228
indications de la LED d'alimentation 223
intrusion du boîtier 228
LED et verrouillage 228
DIMM (dual inline memory modules)
DIMM DDR2 240 broches 363
DIMM DDR3 240 broches 365

Brouillard 727

Bruit de la ligne d'alimentation 1148

BTX
cartes mères 129
facteur d'encombrement 1010, 1014

Buffer underrun 609

Bus 14, 231, 238
adresses de port d'E/S 267
de périphérique basées sur la carte mère 267
de périphérique basées sur le bus 267
de périphérique basées sur le chipset 267
AGP (Accelerated Graphics Port) 231, 254, 720
synchronisation 1059
arbitré 263
bande passante 233
bus d'adresses 24
bus mémoire 244
canaux DMA (direct memory access) 266
compatibilité 246
d'adresses 24
de données externe 22
définition 231
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
esclaves 263
espionnage 59
externe 22
HyperTransport 145
identification 246
importance 246
interne 25
IRQ (interrupt request channel)
conflits 264
détection d'interruption par changement de front 259
interruptions masquables 260
interruptions PCI 260
partage d'interruption 259
PCI IRQ Steering 259, 262
ISA (Industry Standard Architecture) 232
maîtres de bus 59
MuTIOL, architecture 190
PCI (Peripheral Connect Interface) 232, 246, 720
cartes adaptateurs 248
configurations d'une carte 248
interruptions 260
PCI-Express 251
spécifications 246
synchronisation 1059
types de bus 247
PCI-Express 231
PCI-X 231
vitesse 345

Bus d'E/S (connecteurs d'extension) 245
adresses de port 267
de périphérique basées sur la carte mère 267
de périphérique basées sur le bus 267
de périphérique basées sur le chipset 267
AGP (Accelerated Graphics Port) 254
arbitré 263
canaux DMA (direct memory access) 266
compatibilité 246
esclaves 263
identification 246
importance 246
IRQ (interrupt request channel)
Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC) 264
conflits 264
détection d'interruption par changement de front 259
interruptions masquables 260
interruptions PCI 260
partage d'interruption 259
PCI IRQ Steering 259, 262
maîtres de bus 263
PCI (Peripheral Connect Interface) 246
cartes adaptateurs 248
configurations d'une carte 248
interruptions 260
PCI-Express 251
spécifications 246
types de bus 247

Bus de processeur, autres appellations 1060

Busmaster 413

C

Câbles
alimentation 970
connecter à la carte mère 1040
de lecteur de disquettes 665
longueur autorisée 407
USB, longueur 804

Câblo-opérateur, choisir 858

Cache
à correspondance directe 58
associatif par ensemble 58
à quatre voies 58
cache L1 (niveau 1) 52, 341
absence des données 54
améliorations du Pentium-MMX 63
fonctionnement 53
importance 52
cache L2 (niveau 2) 55, 341
performance et conception 56
cache L3 (niveau 3) 55, 341
conception asynchrone 342
contrôleurs 342
définition 51, 340
espionnage du bus 59
évolution 343
maximal 343
non bloquant 59
performance et conception 56
purement associatif 58
taux de réussite 340
temps d'accès 339
TLB (translation lookaside buffer) 59
vitesse 59

write-back 59, 391
write-through 58
Cadenceur 8253 1057
Calibrate (formatage) 660
Caloducs 1076
Canal
étroit, systèmes à 354
large, système à 354
Capacité
du CD-R 599
du DVD 544
limitations de capacité 489
mémoire installable maximale 357
Capture d'images arrêtées, carte 736
CardBus 512
Carte 3D
fonctions 727
optimisation logicielle 731
Carte graphique
ATI 1022
connecteurs d'alimentation PCI-Express 963
installer 1022, 1043
NVIDIA 1022
PCI 1172
Carte son
afficher sous Windows 778
amplification à lampes 770
amplitude d'un son 762
CD audio interne 753
compression de données 759
conflits de ressources 279
conflits matériels 780
connecteurs 775
avancés 754
CD SPDIF 755
de base 751
haut-parleurs 753
microphone 753
contrôle de volume 757
convertisseurs numérique-analogique 763
dépannage 786
absence de son 781
blocage de l'ordinateur 785
erreurs de parité 785
haut-parleurs grésillent 784
son d'un seul côté 782
volume trop faible 783
DirectX 749, 774
DSP 760
échantillonnage 763
entrée
Aux in 755
ligne 753
MIDI et sortie MIDI 754
SPDIF 755
TAD 755
évaluer la qualité 763
FlexiJack 753
fonctionnalités 762
hauteur du son, définition 762
historique 751
installation 780
installer 1044
pilotes 760
certification 760
processeur de signaux numériques 760
production 761
puces ROM 759
relier à une chaîne stéréo 778
sélectionner pour l'assemblage 1022
son surround 789
sortie ligne 752
Sound Blaster Pro 748
USB 755
virtualisation 749
Carte vidéo 702
AGP 719
BIOS vidéo 709
bus vidéo 718
calcul de la RAM nécessaire 714
capture d'images arrêtées 736
cartes d'acquisition 737
comparer 734
composants 708
convertisseur numérique-analogique 718
dépanner 742, 745
mise à jour 733
paramétrer 721
périphérique de sortie 735
processeur 710
vidéo 709
quantité de mémoire 734
RAM 711
remplacement 733
SDRAM 713
SDRAM DDR 713
SDRAM DDR II 713, 714
SGRAM 713
standard VBE 705
standards actuels 703
SVGA 705
type de mémoire 712
vitesse du RAMDAC 734
VLB 718
XGA 705
Cartes
anciennes 284
d'extension
carte POST 1092
dépannage 1158
USB 812
nettoyage 1141
réseau, diagnostic 1106
SCSI, installer 1044
Cartes mères 1018
adresses en RAM CMOS 219
ATX 114, 920
carte élévatrice 118
code de couleurs 117
comparées à Baby-AT et LPX 114
coûts de fabrication 116
emplacement de processeur 115
emplacement mémoire 115
fonctionnalités de refroidissement 115
identification 117
panneau de connecteur 114
ports 117
spécifications 118
BIOS 1016
BTX 129
chipset 1015
configurer 636
conflits de ressources
adaptateurs à plusieurs ports COM 282
carte réseau 282
cartes adaptateurs SCSI 281
cartes son 279
Gestionnaire de périphériques 278
logiciel vidéo 283
modèles de configuration du système 274
PnP (Plug and Play) 284
prévention 271
résolution manuelle 273
USB (Universal Serial Bus) 283
connecter les câbles 1040
connecteurs 220
AMR (Audio Modem Riser) 232
brochage du connecteur de panneau frontal alternatif 224
CD audio 228
CNR (Communications and Networking Riser) 232
connecteur audio du panneau frontal, brochage 227
connecteur d'alimentation du ventilateur de processeur 230

connecteur de données infrarouge du panneau frontal, brochage 227
connecteur interrupteur/LED du panneau frontal, brochage 220
connecteur USB du panneau frontal, brochage 225
connecteurs de haut-parleur 228
connecteurs de la batterie 228
connecteurs de téléphone 228
connecteurs en ligne de type ATAPI 228
connecteurs Wake on LAN 228
connecteurs Wake on Ring 228
indications de la LED d'alimentation 223
intrusion du boîtier 228
LED et verrouillage 228
connecteurs d'alimentation 954, 957
contrôle de l'industrie 12
Dell 1172
DTX 125
Flex-ATX 123
installer 1030, 1034
ITX 126
mémoire ROM 910
Micro-ATX 122, 921
Mini-ATX 116
Mini-DTX 125
Mini-ITX 126
PC jetables 112
PnP (Plug and Play) 284
port
d'entrées/sorties 1018
USB 802
processeur 1013
puces de Super I/O 218
récapitulatif des facteurs d'encombrement 111
ROM BIOS 1016
sélectionner le BIOS 1016
support/connecteur du processeur 72, 133
vitesse
AMD P-Ratings 47
comparaisons de processeurs 44
Cyrix P-Ratings 46
overclocking de processeur 48
vitesses du bus de processeur 345
CAV 581
CD
capacité d'enregistrement 517
CD Super Vidéo 563
CD-ROM 518
codage des données sur le disque 531
créer un CD amorçable 631
échantillonnage 527
écriture
en mode DAO 559
par paquets 559
encodage EFM 532
enregistrement
en mode TAO 559
multisession 558
étapes de la fabrication 519
formats 551
gestion des erreurs 529
graver de manière fiable 608
historique 517
installer les pilotes et logiciels 628
lecteur, critères de choix 580
lecture des informations 521
Livre blanc 562
Livre bleu 563
Livre rouge 552
Livre violet 564
opérations mécaniques du lecteur 522
paramètres techniques 524
protection contre la copie 615
R/RW pour la musique 614
sous-code 527
standard CD-DA 517
stockage optique 516
technique CIRC (gestion des erreurs) 529
CD-i
codage ADPCM 553
Livre vert 553
standard PCM 553
CD-R
ATIP 598
capacité 599
caractéristiques 598
choisir le meilleur support 601
couleurs 600
installer 661
vitesse d'enregistrement 602
CD-ROM
câble CD audio 754
CD SPDIF 755
créer un CD d'amorçage pour les urgences 632
créer un CD de restauration 632
créer une disquette d'amorçage 628
extraction audio numérique (DAE) 612
format
de secteur 555
High Sierra 567
ISO 9660 568
Joliet 570
UDF 570
installer 661
Livre jaune 553
modes 555
port IEEE-1394 815
protocole RRIP 571
systèmes de fichiers 566
Macintosh HFS 571
Mount Rainier 572
technologie 518
XA, entrelacement 555
CD-RW
caractéristiques 603
compatibilité MultiRead et MultiRead 2 607
enregistrement à changement de phase 604
installer 661
laser P-erase 605
lecteurs 604
Livre orange 557
spécifications MultiRead 606
vitesse de lecture 605
CDSL (Consumer DSL) 865
Celeron, processeurs 1013
chipsets
Apollo P4X266, famille 176
Apollo P4X400 176
Apollo P4X400A 176
Apollo P4X533 176
ATI 171
ICH5 156
ICH5R 156
IHS 1068
Intel 845, famille 153
Intel 848P 156
Intel 850, famille 152
Intel 865, famille 155
Intel 875P 157
Intel 915 157
Intel 925X 158
Intel 945 Express 158
Intel 955X 158
Intel 96x, familles 159
Intel 975X 158
Intel Extreme Graphics Architecture 139
Intel, tableau de référence 147
M1681/M1663 170

M1685 170
ProSavage P4M266 176
PT800/PM800/PT880/PM880 177
PT880/PT894/PT894 Pro 177
SiS, tableau de référence des chipsets 162
SiS645/645DX 166
SiS649/SiS649FX 168
SiS650/651 165
SiS655/655FX/655TX 166
SiS656/SiS656FX 167
SiSR658/R659 166
ULi, tableau de référence des chipsets 168
VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) 176
VIA, tableau de référence des chipsets 173
DIB (Dual Independent Bus) 67
indice iCOMP 2.0 35
CFX12V, facteur d'encombrement 928
Chaînes d'identification
affichage 303
AMI Hi-Flex BIOS 303
AMI Hi-Flex BIOS String 2 303
AMI Hi-Flex BIOS String 3 303
anciennes versions de BIOS AMI 303
Chaleur latente d'évaporation 1074
Chaleur/refroidissement, problèmes
cartes mères ATX 115
Châssis
Chassis Air Guide Design Guide 1083
châssis thermiquement avantagés 1082
Micro-ATX 921
ventilateurs de châssis 1079
Chips et technologies 136
Chipsets 135
82C206, puces 136
AMD
AMD 8000 (8151) 203
AMD-750 140, 179
AMD-760 140, 179
AMD-760MP 180
AMD-760MPX 181
tableau de référence 178
architecture hub 143
ATI
architecture A-Link 145
ATI RS480/RX480/RD580 205
Radeon 198
tableau de référence 171
cartes mères AT 136
choisir pour l'assemblage 1014
comparaison 734
consommation 907
historique et développement 136
Intel 137
848P 156
875P 157
915 157
925X 158
945 Express 158
955X 158
975X 158
chipsets pour station de travail, tableau de référence 201
Extreme Graphics Architecture 139
famille 845 153
famille 850 152
famille 865 155
familles 3x 160
familles 96x 159
ICH5 156
ICH5R 156
North Bridge 141
numéros de modèles 138
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 147
puces de Super I/O 141
South Bridge 141
Intel 810 767
NVIDIA
nForce 410/430, familles 213
nForce Professional, familles 212
nForce/nForce2 196
nForce3 150/nForce3 Pro 150 211
nForce3 250, famille 211
puces de Super I/O 218
SiS (Silicon Integrated Systems)
architecture MuTIOL 144, 190
Athlon/Duron, tableau de référence des chipsets 189
Pentium 4/Pentium D, tableau de référence des chipsets 162
SiS645/645DX 166
SiS648/648FX 166
SiS649/SiS649FX 168
SiS650/651 165
SiS655/655FX/655TX 166
SiS656/SiS656FX 167
SiS661FX 167
SiS733 192
SiS735 192
SiS740 193
SiS741/741GX 195
SiS745 193
SiS748 194
SiS755/755FX 214
SiS756 215
SiS760/760GX 215
SiS761/761GX 217
SiSR658/R659 166
ULi Electronics
Aladdin P4 (M1671) 170
ALiMagik1 195
M1681/M1663 170
M1685 170
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 168
ULi M1687 206
ULi M1689 207
ULi M1695 207
VIA Technologies
Apollo KT133 184
Apollo KT133A 184
Apollo KT266 185
Apollo KT266A 185
Apollo KT333 186
Apollo KT400/KM400 186
Apollo KT400A 186
Apollo KT600 187
Apollo KX133 184
Apollo P4X266, famille 176
Apollo P4X400 176
Apollo P4X400A 176
Apollo P4X533 176
architecture V-Link 144
K8T890/K8M890 210
KT880 188
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 173
ProSavage KM133 185
ProSavage KM266 186
ProSavage P4M266 176
PT800/PM800/PT880/PM880 177
PT880/PT894/PT894 Pro 177
VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) 176
vidéo 707, 710
CHS 430
conversion CHS par décalage de bit 437
conversion CHS/LBA 432
étendu, mode de disque dur 443
Cinquième génération, processeurs 82
compatibles Pentium
AMD-K6 65
MMX (multimedia extensions) 63
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
CISC (Complex Instruction Set Computer), puces 62
Clavier
dépannage 1161
dispositions 836
ergonomique 839
étendu à 102 touches 831

étendu à 105 touches 832
fonctions spéciales 839
interface 836
mode répétition 836
multimédia 839
Natural Keyboard 832
nettoyage 1142
sélectionner pour l'assemblage 1020
technologie 833
touches
interrupteurs à dôme de caoutchouc 834
interrupteurs à élément en mousse 833
interrupteurs à membrane 834
interrupteurs capacitifs 835
interrupteurs purement mécaniques 833
USB 838
avec hub 839
dans le BIOS 836
web 839
Clés USB 504, 509
CLV 581
Codage
des données sur le disque 531
des données sur un DVD 548
RLL 416
Codes
d'erreur BIOS 1105
AMI 1094
Award et Phoenix FirstBIOS 1096
IBM 1103
IBM/Lenovo 1105
Phoenix 1100
de couleurs, cartes mères ATX 117
de détection d'erreur d'identification 541
Coloration 3D 727
Commandes
ATDT 882
BIOS 1050
COPY 797
ECHO 882
FDISK 1048
FDISK/MBR 1167
FORMAT 1048
ping 901
SYS 1168
XCOPY 797
Commutation, alimentation 963
CompactFlash 506
Compaq
messages d'erreur du BIOS 33 0
rétro-ingénierie du code d'IBM 9
Compatibilité
bus 246
MultiRead et MultiRead 2, CD-RW 607
Complex Instruction Set Computer (CISC), puces 62
Composants
dépannage par l'approche de démarrage 1155
localiser le composant à problème 1154
remplaçables 1152
Compression
de données
ADPCM 759
audio 759
modems 886
MPEG 760
Condensateurs (DRAM) 337
Configuration
ATA série 419
carte mère 636
lecteur
de disque 636
optique 661
modèles de configuration du système 274
Configurer
port parallèle 830
port série 823
Conflits IRQ (interrupt requests) 264
Connecteurs
ATA 403, 423
installer un disque dur 640, 663, 664
ATA série II 420
carte son 775
CD audio interne 753
entrée ligne 752
haut-parleurs 753
microphone 753
cartes mères 220
alimentation du ventilateur de processeur 230
AMR (Audio Modem Riser) 232
ATX 115
brochage du connecteur de panneau frontal alternatif 224
CD audio 228
CNR (Communications and Networking Riser) 232
connecteur audio du panneau frontal, brochage 227
connecteur de données infrarouge du panneau frontal, brochage 227
connecteur IEEE 1394 (FireWire/i.LINK) du panneau frontal, brochage 226
connecteur interrupteur/LED du panneau frontal, brochage 220
connecteur USB du panneau frontal, brochage 225
connecteurs de haut-parleur 228
connecteurs de la batterie 228
connecteurs de téléphone 228
connecteurs en ligne de type ATAPI 228
connecteurs Wake on LAN 228
connecteurs Wake on Ring 228
indications de la LED d'alimentation 223
intrusion du boîtier 228
CD SPDIF 755
d'alimentation
ATX principal, brochage 939
brochage ATX auxiliaire 942
consommation maximale 974
de carte mère 954, 957
de périphériques 957
Dell (propriétaire) 957
lecteur de disquettes 960
obsolètes 936
PCI-Express 963
SATA 960
supplémentaires 963
types 913
d'interrupteur 930, 934
couleur des fils 933
obsolètes 932
DIN 837
entrée
Aux in 755
TAD 755
fonctionnalités MIDI 758
IDE, installer un disque dur 640, 663, 664
IEEE-1394 814
Beta et bilingue 817
loopback 826
MIDI, entrée et sortie 754
mini-DIN 837
nettoyage 1141
port série 819
SPDIF, entrée et sortie 755

spécifications 72, 133
tables d'ondes (MIDI) 758
USB 805, 807, 837
brochage 807
Connexion Internet
de secours 876
dépannage 904
diagnostic des problèmes 900
partager 900
passerelle 898
serveur 898
serveur proxy 898
WinProxy 898
Consommation électrique
calcul de la puissance consommée 974
EPA 980
gestion de l'énergie 984
ACPI 981
APM 980
Energy Star 980
maximale par connecteur de bus 974
périphériques 907
Contrôle
de bus (bus mastering) 588
de volume 757
Contrôleurs
audio Azalia 770
contrôleurs de cache 59, 342
de cache 59
DualDDR 197
puces de Super I/O 218
Conversion
CHS 436
de balayage 3D 727
LBA assistée 440
Convertisseurs
analogique-numérique, son 763
numériques-analogiques 718
VGA-SECAM 736
Copie de ROM (read-only memory) 296
Coprocesseurs arithmétiques 79
jeux d'instructions 79
COPY (commande) 797
Core 2, processeurs (Intel) 98, 160
Core 2 Duo, processseur Intel 1013
Correction d'erreur, protocoles 885
Correspondance directe, cache 58
Couches, architecture 289
Couplage anti-ferromagnétique 475
Courant continu
négatif 908
positif 906, 907
CPU Internal Cache/External Cache, fonctionnalité (BIOS) 323
CPU-Z 139
Cristal de quartz 1055
piézoélectricité 1052
résonateur 1054
CSEL, signal ATA 408
CSS (Content Scramble System) 577
CSS (Content Start Stop) 459
Cycles d'événements (RDRAM) 354
Cycles impairs (RDRAM) 354
Cylindre 457
tête secteur 430
Cyrix
P-Ratings 46
processeurs
spécifications 22

D

DAC (Digital-to-Analog Converter chip) 579
DAC (Digital-to-Analog Converter) 579
DAC (Digital-to-Audio Conversion) 762
DAE (Digital Audio Extraction) 612
DASP (dynamic adaptive speculative preprocessor) 196
DASP, signal ATA 408
Décharges
électrostatiques, protection 386
statiques 374
Décibel 763
DeCSS, protection des DVD Vidéo 578
Défragmentation des fichiers 1142
Dell
dépannage 1172
facteur d'encombrement ATX (propriétaire) 957
systèmes XPS 113
Démarrage
CD, DVD ou flash 502
clé USB 509
matériel 1114
silencieux 309
système d'exploitation 1120
DOS 1114
Windows 9x/Me 1115
Windows NT/2000/XP 1118
Windows Vista 1120
Démontage
et procédures de nettoyage 1140
ordinateur 1049
Dépannage
ACPI (Advanced Configuration and Power Interface), codes d'erreurs 325
affichage 1163
alimentation 993
surcharge 986
arrêt du système d'explotation 1160
batteries RTC/NVRAM 1006
BIOS 1171
carte d'extension 1158
carte son 786
absence de son 781
blocage de l'ordinateur 785
erreurs de parité 785
grésillement des haut-parleurs 784
son d'un seul côté 782
volume trop faible 783
carte vidéo 742, 745
clavier 1161
conflits de ressources
adaptateurs à plusieurs ports COM 282
carte réseau 282
cartes adaptateurs SCSI 281
cartes son 279
Gestionnaire de périphériques 278
logiciel vidéo 283
modèles de configuration du système 274
PnP (Plug and Play) 284
prévention 271
résolution manuelle 273
USB (Universal Serial Bus) 283
connexion Internet 901, 904
partagée 900
Dell 1172
disque dur 1171
erreurs de mémoire
contrôle de parité 375
défauts matériels 372
ECC (error-correcting code) 380
échauffement 374
erreurs logicielles 372
haut-parleurs muets 1161
interrupteur d'alimentation 1160
lecteurs optiques 1170
logiciels 1157
mémoire RAM 1171
messages d'erreur du BIOS 327
messages du BIOS AMI 328
messages du BIOS Award 330
messages du BIOS Compaq 330

messages du BIOS IBM 328
messages du BIOS Phoenix 330
modem 1160
moniteur 744
ordinateur assemblé 1046
outillage 1124
pannes fréquentes 1172
par l'approche de démarrage 1155
pilotes vidéo 745
port série 825
port USB 1170
POST (power-on self test) 294
processeurs 108
bogues 80
microcode reprogrammable 80
RAM (random access memory)
cache write-back 391
défaut général 391
erreur de protection générale 391
erreurs de division 391
erreurs de parité 391
isolation des défauts de mémoire 393
procédures pas à pas 392
testeurs de module 390
utilitaires de diagnostic 389
récupération d'urgence du Flash BIOS 314
refroidissement inadéquat de l'alimentation 987
Désactiver le contrôle de parité 378
Détection d'interruption par changement de front 259
Deuxième génération, processeurs 81
DFP (Digital Flat Panel) 672
DIAG 1106
Diagnostics
carte réseau 1106
codes
de contrôle POST 1092, 1093
sonores 1091
logiciel de test du processeur 80
logiciels 1089, 1106, 1108
AMIDiag Suite 1107
DIAG 1106
MicroScope 1107
test
mémoire RAM 1105
POST 1090, 1106
DIB (Dual Independent Bus) 67
Diffuseur de chaleur intégré IHS 1068
Digital Millennium Copyright Act
DCMA 576
DIME (DIrect Memory Execute) 719
DIMM (dual inline memory modules) 357, 1016
168 broches
capacités 361
illustration 360
184 broches
capacités 361
illustration 360
240 broches 360
bancs de mémoire 370
capacités 359
conseils d'achat 384
consommation 907
DDR2 240 broches
brochage 363
capacités 361
DDR2 240 broches, brochage 363
DDR3 240 broches 365
brochage 365
capacités 361
illustration 359
DIP (dual inline package), puces 357
Direct Media Interface (DMI) 144, 149
Direct3D 732
DirectX 65, 140, 157, 167, 171, 195, 724, 729, 730, 732, 749
gestion du son 749, 774
Disc-at-Once, écrire sur un CD 559
Dispositifs de pointage 839
Disque dur 451
8,4 Go reconnus seulement 1169
ATA 659
taux de transfert 412
carte
contrôleur des lecteurs SCSI 636
logique 486
CHS étendu, mode 443
CHS, mode 442
composants 471
connecteurs 487
cylindre 457
définir mot de passe 425
défragmentation des fichiers 1142
dépannage 1171
durée d'acclimatation 484
ECHS, mode 443
écrasement de tête 459
erreurs intermittentes 1166
FAT32 648
filtres à air 483
formatage 645
de haut niveau 653
grande capacité 648
identification
manuelle 644
par le BIOS 644
Identify Drive 412
installer 636, 640, 663, 664, 1041
intervalle moyen entre les pannes ou MTBF 496
latence 494
LBA, mode 443
limitations
de capacité 489
du BIOS 489
du système d'exploitation 490
limitations en taille des systèmes d'exploitation 446
maintenance 1137
maître 409
MBR (Master Boot Record) 1167
migrer sous Windows 2000/XP 657
partition et formatage 1049
partitionner 469, 645
piste 457
plateaux 451, 472
positionneur de têtes 478
principe de fonctionnement 457
problème matériel 657
programmes de gestion de la mémoire cache 495
Read Multiple 413
remplacer 655
sauvegardes 1135
sélectionner pour assemblage 1019
SMART 497
structure de formatage d'un disque classique 463
taux de transfert 491
média 492
temps de recherche moyen 494
tester 658
tête de lecture/écriture 476
VBR (Volume Boot Record) 1167
Write Multiple 413
zone strictement protégée 426
Disque, bande et mémoire flash
comparaison 503
Disques magnétiques 503
Disquette
d'amorçage 628
Disquettes 502, 505

Dissipateurs thermiques
actifs 1066
installer 1031
passifs 1066
Distorsion harmonique 970
DIVX (Digital Video Express), format de DVD 575
DMA (Direct Memory Access) 588
accès mémoire direct, dépannner la carte son 780
canaux 266
DMI (Direct Media Interface) 144, 149
Données
codage sur un DVD 548
compression
audio 759
modem 886
MPEG 760
non volatiles 451
transfert 502
transmission, bits et bauds 883
Données infrarouges, connecteur du panneau frontal, brochage 227
DOS, démarrage 1114
Double canal, mémoire 371
Douglas Englebart 839
DPMS (Display Power-Management Signaling) 691
Dragon Naturally Speaking 791
DRAM (dynamic random access memory)
comparée à la SRAM 339
erreurs logicielles 338
paire transistor/condensateur 338
RDRAM (Rambus DRAM) 353
SDRAM (synchronous DRAM) 346
SDRAM DDR (double data rate) 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
taux de rafraîchissement 337
DSL (Digital Subscriber Line) 869
ADSL 865
CDSL 865
comparaison des différents types 866
G.Lite DSL 865
obtenir une connexion 864
principaux types 865
prix 868
problèmes techniques 868
SDSL 866
sécurité 868
xDSL 863
DSP (Digital Signal Processor) 760
DTX, cartes mères 125
DualDDR, contrôleur 197
DualView, mode d'écran 723
Duron, processeurs 1013
ALiMagik1 195
AMD-750 179
AMD-760 179
AMD-760MP 180
AMD-760MPX 181
Apollo KT133 184
Apollo KT133A 184
Apollo KT266 185
Apollo KT266A 185
Apollo KT333 186
Apollo KT400/KM400 186
Apollo KT400A 186
Apollo KT600 187
Apollo KX133 184
chipsets 140
chipsets VIA, tableau de référence 181
force de serrage 1068
KT880 188
mémoire installable maximale 357
MuTIOL, architecture 190
nForce/nForce2 196
ProSavage KM133 185
ProSavage KM266 186
SiS, tableau de référence 189
SiS733 192
SiS735 192
SiS740 193
SiS741/741GX 195
SiS745 193
SiS746 193
SiS748 194
tableau de référence 178
DVD
capacités 544
caractéristiques 535
codage des données 548
compatibilité des lecteurs 575, 627
contrôle RPC 576
créer un DVD amorçable 631
enregistrables (standards) 617
fichier VTS 577
format 573
DIVX 575
gérer les erreurs 543
historique 536
installer les pilotes et logiciels 628
lecteur
critères de choix 580
CSS 578
dézoné 576
multizone 576
lecteurs multiformats réinscriptibles 628
lecture en mode OTP 546
multizone 576
pistes 538
programme DeCSS 578
protection
analogique (APS) 579
contre la copie 575
CSS 577
secteurs 538
standards 573
technologie 537
vitesse du lecteur 584
DVD CCA 575
DVD+RW 536
caractéristiques 624
DVD-R
caractéristiques 622
enregistrer 622
spécifications 622
DVD-RAM
caractéristiques 620
enregistrer 620
lecteurs 620
spécifications 621
DVD-ROM
câble CD audio 754
installer 661
lecteur 577
port IEEE-1394 815
DVD-RW 624
DVI (Digital Visual Interface) 672

E

E7205, chipsets (Intel) 202
E7505, chipsets (Intel) 202
EasyWrite ou Mount Rainier 572
ECC (error-correcting code) 380
Échantillonnage
audio 763
tester avec le magnétophone Windows 764
lors d'un enregistrement sur CD 527
théorème de Nyquist 527
ECHO (commande) 882
ECHS étendu, mode de disque dur 443
ECP 829
Écran

d'accueil 309
DualView 723
Voir aussi Moniteur
Écriture par paquets, écrire sur un CD 559
EDD 444
EEPROM (electronically erasable programmable ROM) 301, 709, 1016
images de support amorçable automatiques 312
mise à jour par exécutable Windows 312
mise à niveau 311
protection contre les écritures 311
récupération d'urgence 314
support amorçable créé par l'utilisateur 313
EFM 531
calcul d'encodage 532
E-IDE (Enhanced IDE) 591
Électricité statique 1148
Émissions des écrans, standards 693
Energy Star 980
consommation des moniteurs 690
Enhanced 3DNow!, technologie 65
Enregistrement
à changement de phase (CD-RW) 604
d'un DVD-R 622
d'un DVD-RAM 620
de DVD (standards) 617
multisession (CD) 558
Entrée
Aux in 755
TAD (Telephone Answering Device) 755
Entrées/sorties, périphériques
IEEE 1394
connecteur IEEE 1394 du panneau frontal, brochage 226
Entrelacement des moniteurs 690
EPA (Environment Protection Association) 980
EPP 828
EPROM (erasable programmable ROM) 299
EPS12V, facteur d'encombrement 927
Erreurs
de protection générales 391
durant le POST 1156
fatales 391, 1156
gérer des erreurs de lecture des disques 529
gérer sur un DVD 543
intermittentes
de disque dur 1166
de la mémoire RAM 1168
mémoire
générales 391
matérielles 372
non fatales 1156
STOP ou STOP ERROR 1159
technique CIRC 529
Erreurs mémoire logicielles 338
bruit de ligne 374
chaleur 374
contrôle de parité
bits de parité 375
désactivation 378
messages de contrôle de parité 376
NMI (nonmaskable interrupt) 377
parité impaire 376
décharges statiques 374
interférences RF 374
microcoupures de l'alimentation 374
particules alpha 372
rayons cosmiques 373
types de mémoire incorrects 374
Error loading operating system (message d'erreur) 332
ESCD (Enhanced System Configuration Data) 1160
Esclave
disque dur 409
périphérique 263
Espace de stockage 501
Espionnage du bus 59
États d'attente 32, 340
Exception fatale 1160
Exécutable Windows de mise à niveau (ROM Flash) 312
Exécution dynamique
analyse du flux de données 67
exécution spéculative 67
prévision de branchement multiple 66
Exit, menu (BIOS Setup) 322
Extensions 64 bits, mode 30
Extraction audio numérique 612
Extreme Edition, processeurs 95
Extreme Graphics Architecture 139

F

Facteurs d'encombrement 911
ATX 912
ATX/ATX12V 921
BTX 1010, 1014
CFX12V 928
EPS12V 927
Flex-ATX 1010
LFX12V 929
obsolètes 917
SFX/SFX12V 925
TFX12V 927
FAT (File Allocation Table) 470
FAT16, créer avec FDISK 650
FAT32 470
configuration du disque dur 648
créer avec FDISK 650
FC-PGA2 1068
FDISK 470, 1048
assigner les lettres de lecteurs 648
créer des partitions 650
disques durs grande capacité 648
exécuter 650
lecteurs DOS 646
limites 654
programme 646
FDISK/MBR (commande) 1167
FIFO (First In First Out) 822
File Allocation Table *Voir* FAT
Filtrage de texture 728
FireWire
connecteur IEEE 1394 du panneau frontal, brochage 226
Voir aussi IEEE-1394
FirstBIOS (Phoenix Award BIOS) 307
Flash, mémoire 301, 334
mise à niveau 311
images de support amorçable automatiques 312
mise à jour par exécutable Windows 312
récupération d'urgence 314
support amorçable créé par l'utilisteur 313
protection contre les écritures 311
Flex-ATX
cartes mères 123
facteur d'encombrement 1010
FlexiJack 753

Flux
de données, analyse 67
HyperStreaming 190
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
StreamThru, architecture 197
Fogging 727
Fonctionnement
alimentation 911
modem asynchrone 881
RNIS 872
Form Factors, site Web 118
FORMAT (commande) 653, 1048
limites 654
Format de CD 551
Formatage
commande FORMAT 653
de bas niveau 466
logiciels polyvalents 660
logiciels, IDE 659
de haut niveau 471, 653
programme FDISK 646
disque 465
dur 645
types de formatages 465
Forum USB-IF 801
FPU (floating-point units) 79
Fréquence
de balayage
horizontale 694, 697
verticale 694
de rafraîchissement 681, 694
résolution 695
Fréquence système
adaptateur de fréquence XCELX 1055
cristal de quartz 1052
dériver les fréquences réelles 1056
RTC 1056
synthétiseurs de fréquence 1053
FSB (front-side bus) 231, 238
FSB *Voir* Bus de processeur, autres appellations
FST (tube cathodique) 682

G

G.Lite DSL (Universal DSL) 865
Gate A20 Option, fonctionnalité (BIOS) 323
GeForce2 MX, vidéo 197
Géométrie 3D 727
Gestion des erreurs
ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) 325
BIOS 327
lié au MBR 331
liées au MBR 331
messages du BIOS AMI 328
messages du BIOS Award 330
messages du BIOS Compaq 330
messages du BIOS IBM 328
messages du BIOS Phoenix 330
erreurs mémoire logicielles 338
bruit de ligne 374
contrôle de parité 375
décharges statiques 374
ECC (error-correcting code) 380
échauffement 374
interférences RF 374
microcoupures de l'alimentation 374
particules alpha 372
problèmes de synchronisation 374
rayons cosmiques 373
tolérance aux pannes 374
types de mémoire incorrects 374
Gestion intelligente de la mémoire 140
Gestionnaire de périphériques
conflits de ressources 278
GHz (gigahertz) 19, 343
GMCH (Graphics Memory Controller Hub)
82850 152
Gouraud
lissage 727
ombrage 725
Graisses thermiques 1071
Granite Bay (E7205), chipsets 202
Grantsdale (915), chipsets 157
Graphiques
Extreme Graphics Architecture 139
images de support amorçable automatiques (flash ROM) 312
support amorçable créé par l'utilisateur 313
Graveur
de CD 596
de CD-R 597
Gravure
d'un CD
absence de données dans la mémoire tampon, buffer underrun 609
fiable 608
taille de la mémoire tampon 609
logiciels de 610
Guides
Chassis Air Guide Design Guide 1083
d'air de boîtier *Voir* Aéroduc
de compatibilité des plates-formes (GPC) 947
PC System Design Guide 750

H

Hauteur d'un son 762
Haut-parleurs 790
absence de son 781
alimentés 777
blindage 786
configurer 790
connecteur 753
distorsion hamonique 787
grésillement 784
muets 1161
port USB 788
puissance 787
réponse en fréquence 787
sélectionner pour l'assemblage 1022
son surround 789
utiliser ceux de la chaîne stéréo 778
Héritage USB 836
Hertz, définition 762
HFS, système de fichiers pour Macintosh 571
High Sierra, système de fichiers pour CD-ROM 567
HMA (high memory area) 29
Horloge
signaux 32
vitesse 32, 34, 345
AMD P-Ratings 47
Cyrix P-Ratings 46
états d'attente 32
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 34
indice Intel 44
overclocking 48
Pentium 4, indice SYSmark 2002 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 SE 35
Pentium 4, indice SYSmark 2007 44
signal d'horloge 32
vitesses de carte mère 44
HPA (Host Protected Area) 426
HT (Hyper-Threading), technologie 68
Hubs
AHA (accelerated hub architecture) 143

architecture hub 143
ICH (I/O Controller Hub) 143
MCH (Memory Controller Hub) 143
USB 801
Huitième génération, processeurs
AMD Athlon 64 87, 89
AMD Athlon 64 FX 87, 92
AMD Opteron 94
Hwinfo, logiciel 370
HyperStreaming 144, 190
Hyper-Threading (HT), technologie 68
HyperTransport 145, 196

I

i.Link *Voir* IEEE-1394
IA-32, mode 27
extension 64 bits 30
réel virtuel 28
IA-62, processeurs 357
IBM 7
messages d'erreur du BIOS 328
port PS/2 822
VGA 748
Via Voice 791
ICH (Integrated Controller Hub) 143
82801BA 153
ICH5, chipsets (Intel) 156
ICH5R, chipsets (Intel) 156
iCOMP, indice
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 34
IDE (Integrated Drive Electronics) 395, 591
ATA 396, 397
câble d'E/S 405
commandes 423
problèmes de compatibilité 396
signaux 408
spécification 396
ATA/ATAPI-6 399
ATA/ATAPI-7 400
ATA-1 398
ATAPI 427
double disque dur 409
SATA/ATAPI-8 401
Identification des surfaces visibles 3D 727
Identify Drive 412, 423
IDT, processeurs 22
IED (ID error detection) 541
IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 813
IEEE 1394, norme
connecteur IEEE 1394 du panneau frontal, brochage 226
IEEE-1284 826
IEEE-1394 793, 817
1394a 815
1394b 813, 817
débit 794
comparé à USB 800
standards 813
IGP (integrated graphics processor) 198
IHS, diffuseur de chaleur intégré 1068
Imagerie 3D 725
Images de support amorçable automatiques (flash ROM) 312
IMAPI 560
ImgBurn 313
Impaire, parité 376
Initialisation des périphériques PnP (Plug and Play) 326
Installation
aéroduc 1085
alimentation électrique 1040
barrettes de mémoire 1016, 1033
carte d'extension 1045
graphique 1022, 1043
SCSI 1044
son 1022, 1044
carte mère 1030, 1034
disque dur 636, 640, 663, 664, 1041
partition et formatage 1049
dissipateur thermique 1031
interface réseau 1044
lecteur
de disquettes 665
optique 661
lecteurs optiques 1019, 1041
modem 1044
pilotes des périphériques 1049
processeur 1031
radiateur 1070
RAM (random access memory)
décharges électrostatiques 386
SIMM 388
système d'exploitation 1047
Instructions
hautement parallèles 63
jeu (coprocesseurs arithmétiques) 79
INTA#, interruptions 260
INTB#, interruptions 260
INTC#, interruptions 260
INTD#, interruptions 260
Intel
AC'97 768
Azalia 770
cartes mères
BTX, cartes mères 129
contrôle industriel 12
Celeron 1013
IHS 1068
chipsets 137
810 767
848P 156
860 202
875P 157
915 157
925X 158
945 Express 158
955X 158
975X 158
architecture hub 143
Chipset Identification Utility 139
chipsets pour station de travail, tableau de référence 201
contrôle industriel 13
E7205 202
E7505 202
famille 845 153
famille 850 152
famille 865 155
familles 3x 160
familles 96x 159
ICH5 156
ICH5R 156
Intel Extreme Graphics Architecture 139
North Bridge 141
numéros de modèles 138
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 147
puces de Super I/O 141
South Bridge 141
Core 2 Duo 1013
et USB 800
Extreme Graphics Architecture 139
Guide de compatibilité des plates-formes (GPC) 947
indice iCOMP
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 34
Pentium III

IHS 1068
Pentium III 1013
processeurs 81
Core 2 98
Extreme Edition 95
indice de rapidité 44
Pentium 4 82
Pentium 4 Extreme Edition 85
Pentium D 95
spécifications 22
Xeon 86
Xeon 1013
Intel Chipset Identification Utility 139
Intensité de charge
minmale et maximale 969
montée en charge 969
Interface
ASPI 590
ATA 591
ATA série 414
ATA-4 427
ATAPI 413, 591
FireWire 592
IDE 591
ATA 396
BIOS 637
PATA 504
SATA 504
SCSI 590
USB 504, 591
Interfaces
clavier et souris 837
IEEE-1394a 815
IEEE-1394b 813, 817
réseau, installer 1044
SCSI 793
USB 808
Internet
accès
large bande 856
lignes louées (E1 et E3) 878
par DSL 869
par modem 897
par modem câble 857
par réseau câblé 858
par satellite 872
RNIS 874
sans fil fixe 870
comparaison
accès haut débit 876
accès haut débit et conventionnels 878
connexion
de secours 876
dépannage 904
partager 900
routeur 898
sécurité
de la connexion 879
des réseaux câblés 862
SL 868
Interrupteur d'alimentation
connecteurs 930, 934
obsolètes 932
signal PS_ON 930
Interrupteurs
à dôme de caoutchouc 834
à élément en mousse 833
à membrane 834
capacitifs 835
purement mécaniques 833
Interruptions
masquables 260
sensibilité au niveau 260
Invalid partition table (message d'erreur) 331
IPL (initial program load), ROM 292
IRQ (interrupt request channel)
Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC) 264
conflits 264
dépanner la carte son 780
interruptions masquables 260
interruptions PCI 260
partage des interruptions 259
PCI IRQ Steering 259
ISA (Industry Standard Architecture), bus 232
ISO (International Organization for Standardization) 567
ISO 9660
créer un alias 569
format de CD-ROM 568
Isoler les défauts mémoire 393
Itanium, processeurs (Intel) 357
ITX, cartes mères 126

J

JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council) 347
Joint Electron Device Engineering Council (JEDEC) 347
Joliet, format de CD-ROM 570
JPEG (Joint Photographic Experts Group) 738

K

K6, processeurs (AMD)
3DNow!, technologie 65
K8M890, chipsets (VIA) 210
K8T800/K8T800 Pro/K8M800, chipsets (VIA) 209
K8T890, chipsets (VIA) 210
KM400, chipsets 186
KT400, chipsets 186
KT400A, chipsets 186
KT600, chipsets 187

L

L3 (niveau 3), cache 55, 341
Lands (plaquettes d'or) 74
Large bande
comparée au modem 855
largeur pour les réseaux câblés 860
sans fil fixe 869
type d'accès Internet 856
Largeur
bancs de mémoire 370
de bande 360
largeur de bus 15
spécifications du processeur 19
Laser P-erase, enregistrer un CD-RW 605
Latence 495
LBA 430
conversion LBA assistée 440
conversion LBA/CHS 432
mode de disque dur 443
LCD, écran
luminosité 690
pixels morts 668
Lecteurs
Blu-ray 549
de cartes 511
de CD
accès DMA 588
CAV 581
CLV 581
installer les pilotes et logiciels 628
mémoire cache 587
mémoire tampon 587
opérations mécaniques du lecteur 522
taux de transfert 580
temps d'accès 585
TrueX 584

utilisation du processeur 588
vitesse 581
de CD-ROM
chargement à tiroir 592
E-IDE 591
étanchéité à la poussière 595
extraction audio numérique 612
interface
ASPI 590
FireWire 592
SCSI 590
USB 591
interne ou externe 595
lentilles auto-nettoyantes 595
mange-disques 594
mécanisme à caddy 593
slot-in 594
de disques
configurer 636
connecteurs d'alimentation 957
consommation 907
de disquettes
brancher les câbles 665
connecteurs d'alimentation 960
installation 665
de DVD
accès DMA 588
chargement à tiroir 592
compatibilité 575, 627
CSS 578
E-IDE 591
étanchéité à la poussière 595
installer les pilotes et logiciels 628
interface
ASPI 590
FireWire 592
SCSI 590
USB 591
interne ou externe 595
lentilles auto-nettoyantes 595
mécanisme à caddy 593
mémoire cache 587
mémoire tampon 587
multiformats réinscriptibles 628
taux de transfert 580
temps d'accès 585
utilisation du processeur 588
vitesse 584
de DVD-RAM 620
de DVD-ROM 577
flash 512
mécanismes de chargement, CD-ROM/DVD 592
optiques
assemblage 1019, 1041
configurer 661
dépannage 1170
installer 661
LED
connecteurs 228
d'alimentation, indications 223
Legacy USB Support 836
Lentilles auto-nettoyantes, lecteur de CD-ROM/DVD 595
Lettre de lecteur, assignation avec FDISK 648
LFX12V, facteur d'encombrement 929
Lignes
d'abonné numérique *Voir* DSL
louées 878
Limite superparamagnétique 475
Linéaire, alimentation 963
Linksys, routeur 898
Livre blanc, format de CD 562
Livre bleu, format de CD 563
Livre jaune, format de CD 553
Livre orange, format de CD 557
Livre rouge, format de CD 552
Livre vert, format de CD 553
Livre violet, format de CD 564
Logiciels
de gravure d'un CD 610
de test du processeur 80
diagnostic 1106, 1108
AMIDiag Suite 1107
DIAG 1106
MicroScope 1107
test POST 1090, 1106
Voir aussi Diagnostics
espions 1144
formatage du disque dur IDE 659
polyvalents, formatage 660
problème d'exécution 1157
reconnaissance vocale 791
virtualisation 750
LPX 917

M

M1647, puces 195
M1671, chipsets 170
M1681/M1663, chipsets 170
M1685, chipsets 170
M1687, chipsets 206
M1689, chipsets 207
M1695, chipsets 207
Macrovision 575, 615
Magnétophone Windows, tester les fréquences d'échantillonnage 764
Main, menu (BIOS Setup) 319
Maintenance 1151
avant de commencer un dépannage 1156
composants remplaçables 1152
défragmentation des fichiers 1142
dépannage par l'approche de démarrage 1155
du disque dur 1137
électricité statique 1148
en cas d'erreur durant le POST 1156
identifier le problème matériel 1154
maintenance préventive 1151
passive 1151
outillage 1124
produits de nettoyage 1140
problèmes
avec les cartes d'extension 1158
dans l'exécution des logiciels 1157
matériels après le démarrage 1157
radiofréquences 1149
sauvegardes des données 1135
virus et logiciels espions 1144
Maintenance, menu (BIOS Setup) 318
Maître
de bus 59, 263
disque dur 409
Mange-disques, lecteur de CD 594
Mappage de textures 725
Matériau à changement de phase 1070
Matériel
démarrage 1114
erreur après le démarrage 1157
Matrice active, écran 669
MBR (master boot record) 1167
MBR (master boot record), messages d'erreur 331
erreur de chargement du système d'exploitation 332
système d'exploitation manquant 332
table de partition invalide 331
MCH (Memory Controller Hub) 143
MCP (media and communications processor) 198

Mécanismes de chargement, lecteurs de CD-ROM/DVD 592
Mégahertz (MHz) 19, 343
Mémoire
bus 244
conventionnelle 319
de base 319
étendue 319
quantité pour la vidéo 734
SDRAM DDR 713
SDRAM DDR2 713, 714
SGRAM 713
tampon, gravure d'un CD 609
vidéo 711
vidéo dynamique 140
Mémoire CMOS 1003
Mémoire NVRAM 1003
Mémoire RAM
assemblage 1016
dépannage 1171
DIMM 1016
erreurs intermittentes 1168
installer les barrettes 1033
test 1105
Mémoire ROM
BIOS ROM 1016
carte mère 910
Mémoires flash 504, 505
comparatif 509
types 506
utilisation 511
Memory Controller Hub (MCH) 143
Memory Mirroring 203
Memory Scrubbing 203
Memory Stick 508
Memory Stick Pro 508
Messages d'erreur 1093
ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) 325
BIOS 327
codes de contrôle POST 1092
codes sonores 1091
contrôle de parité 376
Mesure de la tension 990
MHz (mégahertz) 19, 343
Micro-ATX
cartes mères 122
châssis 921
Microcode reprogrammable 80
Microdrive 512
Microid Research (MR) 307
Microphone 792
connecteur 753
reconnaissance vocale 791
Microprogramme 288, 301
MicroScope 1107
Microsoft 8
pilotes certifiés 760
MIDI (Musical Instrument Digital Interface)
connecteurs
entrée et sortie 754
fonctionnalités 758
tables d'ondes 758
Mini-ATX, cartes mères 116
Mini-DTX, cartes mères 125
Mini-ITX, cartes mères 126
Mises à niveau
processeurs
évaluation des performances 107
microcode 80
RAM (random access memory)
modules de haute capacité 386
options et stratégies 382
ROM BIOS
avantages 308
dates du BIOS 309
informations de version 309
mise à jour de la ROM Flash 311
prérequis 309
Mises en veille 979
Missing operating system (message d'erreur) 332
MMC 508
MMX (multimedia extensions) 63
Modding 1051
Modèle boîte, processeurs 115
Modèles de configuration système 274, 275
Modem câble
accès à Internet 857
largeur de bande du réseau câblé 860
performances du réseau câblé 862
Modems 897
56 K 887
bits et bauds 883
commandes
ATDT 882
ECHO 882
comparés à l'accès large bande 855
connexion avec clé matérielle 902
dépannage 895, 1160
diagnostic 904
diagnostiquer les problèmes avec les témoins lumineux 901
fonctionnement 881
installer 1044
normes 892
56 Kbit/s 890
de compression des données 886
modem fax 892
problèmes
d'appel 902
de blocage de l'ordinateur 903
de connexion partagée 900
de détection du modem externe 903
WinModem 894
Modes
processeurs 26
IA-32 27
mode IA-32 réel virtuel 28
mode IA-32e extension 64 bits 30
mode réel 26
réel 357
Modification, overclocking 1061
Modules (mémoire)
bancs de mémoire 370
définition 363
largeur 370
cartes mères ATX 115
CISC (Complex Instruction Set Computer) 62
conseils d'achat 383
contrôle de parité
bits de parité 375
désactivation 378
messages de contrôle de parité 376
NMI (nonmaskable interrupt) 377
parité impaire 376
dépannage
cache write-back 391
défaut général 391
erreur de protection générale 391
erreurs de division 391
erreurs de parité 391
isolation des défauts de mémoire 393
procédures pas à pas 392
testeurs de module 390
utilitaires de diagnostic 389
DIMM (dual inline memory modules) 357
capacités 359
conseils d'achat 384
DIMM (dual inline memory modules) DDR2 240 broches, brochages 363
DIMM DDR3 240 broches, brochage 365
illustration 359
DIP (dual inline package), puces 357
double face 358

EEPROM (electronically erasable programmable ROM) 301
mise à niveau 311
protection contre l'écriture 311
récupération d'urgence 314
EPROM (erasable programmable ROM) 299
erreurs logicielles
bruit de ligne 374
contrôle de parité 375
ECC (error-correcting code) 380
échauffement 374
interférences RF 374
microcoupures de l'alimentation 374
particules alpha 372
problèmes de synchronisation 374
rayons cosmiques 373
tolérance aux pannes 374
types de mémoire incorrects 374
erreurs matérielles 372
identification du type, de la taille et de la vitesse d'un module 367
installation 386, 1033
décharges électrostatiques 386
SIMM 388
mémoire double canal 371
mémoire installable maximale 357
mise à niveau
modules de haute capacité 386
options et stratégies 382
OTP (one-time programmable), puces 298
puces de Super I/O 218
RIMM (Rambus inline memory modules) 357
capacités 359
conseils d'achat 385
RISC (Reduced Instruction Set Computer) 62
ROM Flash 301
mise à niveau 311
protection contre l'écriture 311
récupération d'urgence 314
RTC/NVRAM (real-time clock/nonvolatile memory), puces 293
SIMM (single inline memory module) 357
bancs mémoire 370
capacités 359
conseils d'achat 384
illustration 359
installation 388
simple face 358
vitesse 372

Moniteur
cartes vidéo 702, 705
contrôles 698
dépannage 742, 744
émissions électromagnétiques 692
Energy Star 690
fréquence
d'affichage 694
de balayage 681
de balayage, horizontale 694
de balayage, verticale 694
de rafraîchissement 681, 694
horizontale 697
FST 682
LCD (Liquid Crystal Display) 668
luminosité 690
modes d'entrelacement 690
multifréquence 681
multiple 722
pas de masque 688
résolution 686
Web 685
sécurité 690
standards d'émission 693
taille en fonction de la réolution 687
tester 698
Trinitron 681
Mot de passe
définir 425
maître 425
superviseur 426
utilisateur 425
Moteur
à roulements hydro-dynamiques 486
axial 485
consommation 907
Moteur de rendu de pixel et de texel rapide 139
Mots de passe 320
de configuration 320
Mount Rainier 561
système de fichiers 572
caractéristiques 572
MPAA (Motion Picture Association of America) 577
MPEG (Motion Pictures Experts Group) 738
compression audio 760
MR (Microid Research) 307
MTBF (Mean Time Between Failures) 496, 968
Multifréquence, moniteur 681

Multimédia
MMX (multimedia extensions) 63
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
MultiMediaCard 507
Multimètres numériques 988
Multimonitoring 722
Multiplicateur d'horloge (CLKMUL) 44
MultiRead, spécifications des CD-RW 606
MuTIOL, architecture 144, 190

N

Nano-ITX, cartes mères 129
Nanosecondes 343
NAT (Network Address Translation) 898
Natural Keyboard 832
Nettoyage
cartes 1141
connecteurs 1141
outils de nettoyage 1140
périphériques d'entrée 1142
procédure de démontage 1140
NexGen Nx586, processeurs 22
nForce, chipsets 196
nForce 410/430, famille 213
nForce Professional, famille 212
nForce/nForce2, famille 196
nForce3 150, famille 211
nForce3 250, famille 211
nForce3 Pro 150, famille 211
nForce4, famille 212
Niveaux d'interface 432
NMI (nonmaskable interrupt) 377
No boot device available (message d'erreur) 330
NO ROM BASIC - SYSTEM HALTED (message d'erreur) 329
Non ATX, facteur d'encombrement (valeurs de sortie des alimentations) 966
Nonmaskable interrupt (NMI) 377
Non-System disk or disk error (message d'erreur) 330
North Bridge, chipsets 141
ALiMagic1 195
AMD-761 179
Apollo KT133A 184

Apollo KX133 184
NVIDIA 196
Radeon 200
NRZ différentiel 417
NRZI (Non Return To Zero Invert) 801
NTFS 470
Numéros
de série (ROM) 297
EEPROM (electronically erasable programmable ROM) 301
PROM (programmable ROM) 298
des modèles Intel 138
NVIDIA 1022
chipsets
nForce 410/430, familles 213
nForce Professional, familles 212
nForce/nForce2, familles 196
nForce3 150/nForce3 Pro 150, familles 211
nForce3 250, famille 211
nForce4, familles 212
nView, matériel à affichage multiple 196

O

Octet de parité 541
OEM (original equipment manufacturer) 302
Ondulation 970
OpenGL 732
Opteron, processseur AMD 1013
Optimisation des performances
mémoire
GHz (gigahertz) 343
MHz (mégahertz) 343
nanosecondes 343
RDRAM (Rambus DRAM) 355
SDRAM (synchronous DRAM) 347
SDRAM DDR (double data rate) 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
temps de cycle 345
vitesses de module 372
vitesses du bus de processeur 345
Ordinateur 7
blocage aléatoire 1165
composants pour l'assemblage 1008
démontage 1049
ThinkPad 845
Organisation logique (mémoire) 334
Original equipment manufacturer (OEM) 302
OSTA (Optical Storage Technology Association) 570, 607
OTP (one-time programmable), puces 298
OTP (Opposite Track Path) 546
Outils 1124
Overclocking 48, 1061
astuces 1060
comment procéder 1059
cristal de quartz 1052
histoire 1056
paramètres de tension 50
problèmes potentiels 49
taux de réussite le plus élevé 1060
XCELX 1055

P

P4M266, chipsets (VIA) 176
P4X266, chipsets (VIA) 176
P4X400, chipsets (VIA) 176
P4X400A, chipsets (VIA) 176
P4X533, chipsets (VIA) 176
P5 (586), processeurs (Pentium)
compatibles Pentium
AMD-K6 65
P6 (686), processeurs
Celeron
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
compatibles Pentium
AMD-K6 65
Pentium II
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
exécution dynamique 66
Pentium III
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
Pentium Pro
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
exécution dynamique 66
Panneau frontal, connecteurs
broches du connecteur frontal alternatif 224
connecteur audio, brochage 227
connecteur interrupteur/LED, brochage 220
connecteur USB de tête, brochage 225
données infrarouges, brochage du connecteur du panneau frontal 227
IEEE 1394 (FireWire/i.LINK), brochage du connecteur 226
indications de la LED d'alimentation 223
Pannes
erreurs logicielles
bruit de ligne 374
contrôle de parité 375
décharges statiques 374
ECC (error-correcting code) 380
échauffement 374
interférences RF 374
microcoupures de l'alimentation 374
particules alpha 372
problèmes de synchronisation 374
rayons cosmiques 373
tolérance aux pannes 374
types de mémoire incorrects 374
erreurs matérielles 372
Parafoudres 998
Paragraphes (ROM) 296
Parité
bits de parité 375
contrôle de parité 375
désactivation 378
messages de contrôle de parité 376
NMI (nonmaskable interrupt) 377
parité impaire 376
Partage d'interruptions 259
Partage de connexion Internet 897
passerelle 898
PARTIES 426
Partition, lettres des lecteurs 648
Partitionnement 469, 645
noms des volumes 647
PowerQuest 647
Pas de masque 688
PATA 504
Pavé sensitif 848
PC Card 508, 801
PC jetables 112
PC/XT 914
PC133, mémoire 348
PCDEVS.TXT, fichier 325
PCI (Peripheral Component Interconnect)
bus locaux 720
PCI (Peripheral Connect Interface), bus 232, 246
cartes adaptateurs 248
configurations d'une carte 248
interruptions 260

PCI-Express 231, 251
PCI-X 231
spécifications 246
types de bus 247
PCI IRQ Steering 259, 262
PCI(Peripheral Component Interconnect)
synchronisation du bus 1059
PCI-Express, bus 231
PCI-X, bus 231
PCM (Pulse Code Modulation) 553
PCMCIA *Voir* PC Card
Peltier, effet 1064
Pentium
indice iCOMP 2.0 34
mémoire installable maximale 357
MMX (multimedia extensions) 63
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
supports 72
Pentium 4 82
chipsets
Aladdin P4 (M1671) 170
Apollo P4X266, famille 176
Apollo P4X400 176
Apollo P4X400A 176
Apollo P4X533 176
ATI 171
chipset Intel pour station de travail, tableau de référence 201
ICH5 156
ICH5R 156
Intel 845, famille 153
Intel 848P 156
Intel 850, famille 152
Intel 865, famille 155
Intel 875P 157
Intel 915 157
Intel 925X 158
Intel 945 Express 158
Intel 955X 158
Intel 96x, familles 159
Intel 975X 158
Intel Extreme Graphics Architecture 139
M1681/M1663 170
M1685 170
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 147
ProSavage P4M266 176
PT800/PM800/PT880/PM880 177
PT880/PT894/PT894 Pro 177
SiS, tableau de référence des chipsets 162
SiS645/645DX 166
SiS648/648FX 166
SiS649/SiS649FX 168
SiS650/651 165
SiS655/655FX/655TX 166
SiS656/SiS656FX 167
SiS661FX 167
SiSR658/R659 166
VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) 176
VIA, tableau de référence des chipsets 173
mémoire installable maximale 357
Pentium 4, indice SYSmark 2002 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 SE 35
Pentium 4, indice SYSmark 2007 44
problèmes d'alimentation 85
Pentium D 95, 162
Pentium II
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
exécution dynamique 66
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 35
mémoire installable maximale 357
spécifications du support 72
Pentium III 1013
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
IHS 1068
indice iCOMP 3.0 35
mémoire installable maximale 357
spécifications du support 72
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
Pentium Pro
DIB (Dual Independent Bus), architecture 67
exécution dynamique 66
indice iCOMP 2.0 34
mémoire installable maximale 357
spécifications du support 72
Pentium-MMX 63
indice iCOMP 2.0 34
Périphériques
connecteurs d'alimentation 960
consommation électrique 907
d'affichage, assemblage 1022
installer les pilotes 1049
multimédia 740
tester 1107
Périphériques d'entrée
assemblage 1020
nettoyage 1142
sans fil 850
Perte de données 502
Philips FreeSpeech 791
Phoenix Technologies
BIOS
BIOS Phoenix Award 307
messages d'erreur 330
SecureCore 307
TrustedCore 307
PhotoCD, formats de disque 561
Pico-ITX, cartes mères 129
Picture CD, formats de disque 562
Piézoélectricité 1052
Piles RTC/NVRAM 1006
dépannage 1006
obsolètes 1005
spécifications 1003
Pilotes
carte son 760
certification Microsoft 760
F6 503
installer à partir de disquettes 503
installer pour les périphériques 1049
vidéo 720
ping (commande) 901
PIO, modes de transferts 412
Pistes 457
d'un DVD 538
Pixellisation 3D 727
Pixels
morts 668
morts, réparer 669
verrouillage 736
Plage de valeurs d'entrées, alimentation 969
Plaquettes d'or (lands) 74
Plateaux 472
couche
à film mince plaquée 474
à film mince projetée 474
à oxyde 474
AFC 475
moteur
à roulements hydro-dynamiques 486
axial 485

support à film mince 474
PM880, chipsets (VIA) 177
PnP (Plug and Play) 284
BIOS 324
ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) 325
identification de périphérique 325
initialisation 326
composant BIOS 285
composant matériel 284
composant système d'exploitation 285
Ports
adresses 267
de périphérique basées sur la carte mère 267
de périphérique basées sur le bus 267
de périphérique basées sur le chipset 267
AGP 719
cartes mères ATX 117
d'E/S
assemblage 1018
dépanner la carte son 781
parallèle 830
à capacités étendues (ECP) 829
configurer 830
débit 794
étendu (EPP) 828
IEEE-1284 826
puces de Super I/O 218
tester 830
SCSI 793
série 794, 826
configurer 823
connecteurs 819
emplacement 818
Firewire *Voir* IEEE-1394
i.Link *Voir* IEEE-1394
IEEE-1394 793
puce UART 822
puces de Super I/O 218
tester 824
USB 793
adaptateurs 812
alimentation 803
brochage des connecteurs 807
connecteurs 805, 807
débit 1.1 et 2.0 810
débit USB 1.1 804
dépannage 1170
haut-parleurs 788
spécification Plug and Play 807
POST 1045, 1090, 1106
cartes d'extension 1092
codes d'erreur BIOS 1105
AMI 1094
Award et Phoenix FirstBIOS 1096
IBM 1103
IBM/Lenovo 1105
Phoenix 1100
codes de contrôle 1092
codes sonores 1091
déroulement du test 1091
erreur durant le POST 1156
messages d'erreur 1093
tester la mémoire RAM 1105
POST (power-on self test) 294
Power, menu (BIOS Setup) 321
Power_Good, signal 909
PowerQuest, partitionner 647
P-Ratings (Performance Ratings)
AMD processeurs 47
processeurs Cyrix 46
Première génération, processeurs 81
mémoire installable maximale 357
Prévision de branchement 66
multiple 66
Problèmes
logiciels de diagnostic 1089
matériels, diagnostiquer 1154
Processeurs 19, 1013
3 82
386 81
486 81
586 82
5x86 81
686 82
6x86 82
80286 81
8088 à 80188 81
AMD 81
Athlon 82
bogues 80
cinquième génération (586) 82
connecteur planaire 1068
coprocesseurs arithmétiques 79
dépannage 108
deuxième génération (286) 81
Duron 82
effet Peltier 1064
exécution dynamique 66
exécution superscalaire 62
FC-PGA2 1068
IHS 1068
Intel 81
K5 82
K6 82
microcode reprogrammable 80
mise à niveau 106
modes 26
IA-32 27
mode IA-32 réel virtuel 28
mode IA-32e extension 64 bits 30
mode réel 26, 357
SMM (System Management Mode) 60
ne fonctionne pas 1163
Nx586 82
overclocking 48
première génération (086) 81
puissance du processeur 1069
quatrième génération (486) 81
radiateur
actif 1066, 1079
évaluer les besoins 1069
installation 1062
refroidissement à –40 °C 1079
Sempron 82
sixième génération (686) 82
Socket 478 1013
Socket 754 1013
Socket A 1013
test 80
troisième génération (386) 81
vidéo 709, 710
Processeurs 16 bits
mode réel 26
Processeurs 32 bits
80386
chipsets Intel 357
mode IA-32 27
80486
mémoire installable maximale 357
supports 72
mode IA-32 27
mode IA-32 réel virtuel 28
mode IA-32e extension 64 bits 30
Processeurs 64 bits
AMD Athlon 64 87, 89
AMD Athlon 64 FX 87, 92
AMD Opteron 94
Processeurs compatibles Intel
AMD-K6
3DNow!, technologie 65
Processeurs compatibles Pentium
AMD-K6
3DNow!, technologie 65
Processeurs hybrides (cinquième/sixième génération)
AMD-K6
3DNow!, technologie 65
Processeurs multicœurs 70
AMD 64 FX 102
AMD Athlon 64 X2 102

Intel Core 2 98
Intel Extreme Edition 95
Intel Pentium D 95
Processus d'amorçage 1120
matériel 1114
système d'exploitation 1120
DOS 1114
Windows 9x/Me 1115
Windows NT/2000/XP 1118
Windows Vista 1120
Processus de démarrage
chargeur d'amorce 294
démarrage silencieux 309
Processus de fabrication
tests de fabrication 327
Professional 3DNow!, technologie 65
Programmer's Guide to the AMIBIOS 306
PROM (programmable ROM) 298
brûler 298
coût 298
EEPROM (electronically erasable programmable ROM) 301
mise à niveau 311
protection contre l'écriture 311
récupération d'urgence 314
EPROM (erasable programmable ROM) 299
numéro de série 298
OTP (one-time programmable), puces 298
personnalisée, programmation 299
ProSavage KM133, chipsets 185
ProSavage KM266, chipsets 186
ProSavage P4M266, chipsets 176
Protected Area Run Time Interface Extension Services *Voir* PARTIES
Protection
alimentation 1003
alimentations de veille 1000
ASI 1000
contre les surtensions 969, 999
parafoudres 998
contre la copie
SafeAudio 615
SafeDisc 616
contre les décharges électrostatiques 386
électrostatique 1028
radiofréquences 1149
Protocoles de correction d'erreur 885
PS_ON (signal), interrupteurs 930
PSB *Voir* Bus de processeur, autres appellations
PT800, chipsets (VIA) 177
PT880, chipsets (VIA) 177
PT894 Pro, chipsets (VIA) 177
PT894, chipsets (VIA) 177
PTP (Parallel Track Path) 546
Puces
ROM
BIOS ROM 1016
carte son 759
UART 822
Puissance de l'alimentation 965
PWM 1065

Q

Quatrième génération, processeurs 81
Quick Power-On Self Test, fonctionnalité (BIOS) 323

R

Radeon, chipsets 198, 200
Radiateurs 115
actifs 1066
améliorer la capacité de refroidissement 1085
améliorer les performances 1081
évaluer 1069
installation 1062, 1070
sur Socket 478 1063
passifs 1066
Radiofréquences 1149
Rafraîchissement
de l'écran 681
RAID (redundant array of independent disks) 292
Rails de tension 907
RAM (random access memory) 334
agencement logique de la mémoire 334
bancs 363, 370
bus mémoire 244
cache
à correspondance directe 58
associatif par ensemble 58
à quatre voies 58
cache L1 (niveau 1) 52, 63, 341
cache L2 (niveau 2) 55, 341
cache L3 (niveau 3) 55, 341
cache maximal 343
cache non bloquant 59
cache write-back 391
cache write-through 58
conception asynchrone 342
contrôleurs 342
contrôleurs de cache 59
définition 51, 340
espionnage du bus 59
évolution 343
performance et conception 56
purement associatif 58
taux de réussite 340
temps d'accès 339
TLB (translation lookaside buffer) 59
vitesse 59
cartes mères ATX 115
comparée à la ROM (read-only memory) 337
comparée à la SRAM 339
erreurs logicielles 338
paires transistor/codensateur 338
RDRAM (Rambus DRAM) 353
SDRAM (synchronous DRAM) 346
SDRAM DDR (double data rate) 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
taux de rafraîchissement 337
comparée au stockage 334
conseils d'achat 383
contrôle de parité
bits de parité 375
désactivation 378
messages de contrôle de parité 376
NMI (nonmaskable interrupt) 377
parité impaire 376
coût 335
définition 18, 334
dépannage
cache write-back 391
défaut général 391
erreur de protection générale 391
erreurs de division 391
erreurs de parité 391
erreurs fatales 391
isolation des défauts de mémoire 393
procédures pas à pas 392
testeurs de module 390
utilitaires de diagnostic 389
DIMM (dual inline memory modules) 357

bancs mémoire 370
capacités 359
conseils d'achat 384
DDR2 240 broches, brochages 363
DDR3 240 broches, brochage 365
illustration 359
DIP (dual inline package), puces 357
erreurs logicielles
bruit de ligne 374
contrôle de parité 375
décharges statiques 374
ECC (error-correcting code) 380
échauffement 374
interférences RF 374
microcoupures de l'alimentation 374
particules alpha 372
problèmes de synchronisation 374
rayons cosmiques 373
tolérance aux pannes 374
types de mémoire incorrects 374
erreurs matérielles 372
gestion intelligente de la mémoire 140
HMA (high memory area) 29
identification du type, de la taille et de la vitesse d'un module 367
installation 386
décharges électrostatiques 386
SIMM 388
mémoire double canal 371
mémoire installable maximale 357
mise à niveau
modules de haute capacité 386
options et stratégies 382
quantité en fonction de la résolution vidéo 714
RAM CMOS, configuration
accès 317
adresses de la RAM CMOS 219
comparée au BIOS 292
enregistrer 311
fonctionnalités de configuration supplémentaires 322
menu Advanced 319
menu Boot 322
menu Exit 322
menu Main 319
menu Maintenance 318
menu Power 321
menu Security 320
récapitulatif des menus 318
sauvegarde 311
RAM vidéo
mémoire vidéo dynamique 140
RIMM (Rambus inline memory modules) 354, 357
capacités 359
conseils d'achat 385
RTC/NVRAM (real-time clock/nonvolatile memory), puces 293
SIMM (single inline memory module) 357
bancs mémoire 370
capacités 359
conseils d'achat 384
illustration 359
installation 388
SRAM (static RAM) 339
stockage volatil 335
systèmes à canal étroit 354
systèmes à canal large 354
vitesse
GHz (gigahertz) 343
MHz (mégahertz) 343
nanosecondes 343
temps de cycle 345
vitesses d'horloge 345
vitesses de module 372
vitesses du bus de processeur 345
RAM CMOS, configuration
accès 317
adresses 219
CNR (Communications and Networking Riser) 232
comparée au BIOS 292
enregistrer 311
fonctionnalités de configuration supplémentaires 322
menu Advanced 319
menu Boot 322
menu Exit 322
menu Main 319
menu Maintenance 318
menu Power 321
menu Security 320
récapitulatif des menus 318
sauvegarde 311
Rambus DRAM (RDRAM) 353
RAMDAC (RAM Digital Analog Converter) 718
vitesse 734
Rastérisation 3D 727
Rayons cosmiques 373
RCE (Region Code Enhancement) 576
RD580, chipsets (ATI) 205
RDRAM (Rambus DRAM) 353
Read Multiple 413
commande ATA 424
Reconnaissance vocale
microphone 791
Récupération
BIOS Flash 314
Récupération BIOS Flash 314
Reduced Instruction Set Computer (RISC), puces 62
Redundant array of independent disks (RAID) 292
Réel virtuel, mode 28
Réfrigération 1079
Refroidissement 1088, 1145
alimentation 987
surchauffe 1165
Refroidissement liquide 1079
caloducs 1076
Intel ALCT 1078
par eau 1077
Zalman 1077
réfrigération 1079
Refroidissement par air 1072
aéroduc 1088
radiateur 1070
évaluation des besoins 1069
force de serrage 1068
installation 1062
radiateurs actifs 1063
radiateurs passifs 1066
Registres internes 25
Régulateurs de tension 908
consommation 907
VRM 908
Régulation d'alimentation
de charge 970
de ligne 970
Rendu de zone 140
Réparation de l'alimentation 993
Réponse transitoire, alimentation 969
Report No FDD for, fonctionnalité (BIOS) 324
Réseau câblé
accès à Internet 858
choix du câblo-opérateur 858
largeur de bande 860
performances 862
sécurité Internet 862
Réseau numérique à intégration de services *Voir* RNIS
Résolution
fréquence de rafraîchissement 695
moniteur 686
taille d'écran recommandée 687
Résoudre les conflits de ressources
adaptateurs à plusieurs ports COM 282
carte réseau 282

cartes adaptateurs SCSI 281
cartes son 279
Gestionnaire de périphériques 278
logiciel vidéo 283
manuellement 273
modèles de configuration du système 274
PnP (Plug and Play) 284
USB (Universal Serial Bus) 283
Ressources système 257
adresses de port d'E/S 267
canaux DMA (direct memory access) 266
conflits
adaptateurs à plusieurs ports COM 282
carte réseau 282
cartes adaptateurs SCSI 281
cartes son 279
Gestionnaire de périphériques 278
logiciel vidéo 283
modèles de configuration du système 274
PnP (Plug and Play) 284
prévention 271
résolution manuelle 273
USB (Universal Serial Bus) 283
IRQ (interrupt request channel)
Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC) 264
conflits 264
détection d'interruption par changement de front 259
interruptions masquables 260
interruptions PCI 260
partage d'interruption 259
PCI IRQ Steering 259, 262
Restauration du système d'exploitation 1135
RF (radio frequency)
interférences 374
RIMM (Rambus inline memory modules) 354, 357
184 broches 362
capacités 359
conseils d'achat 385
RISC (Reduced Instruction Set Computer), puces 62
Rise, processeurs 22
RNIS 874
connexion 874
fonctionnement 872
matériel 874
services 872, 873
ROM (read-only memory)
à masque 298
d'amorçage 292
ROM BIOS (read-only memory basic input/output system) 287, 337
cartes adaptateurs 292
chaînes d'identification
affichage 303
anciennes versions du BIOS AMI 303
BIOS AMI Hi-Flex 303
BIOS AMI Hi-Flex String 2 303
BIOS AMI Hi-Flex String 3 303
chargeur d'amorce 294
comparée à la RAM (random access memory) 292, 337
configuration de la RAM CMOS
accès 317
enregistrer 311
fonctionnalités de configuration supplémentaires 322
menu Advanced 319
menu Boot 322
menu Exit 322
menu Main 319
menu Maintenance 318
menu Power 321
menu Security 320
récapitulatif des menus 318
sauvegarde 311
copie de ROM 296
dates 309
de la carte mère 291
définition 9, 287
EEPROM (electronically erasable programmable ROM) 301
mise à niveau 311
EPROM (erasable programmable ROM) 299
fabricants 301
AMI (American Megatrends, Inc.) 303
MR (Microid Research) 307
OEM (original equipment manufacturer) 302
Phoenix 307
IPL (initial program load) 292
matériel ROM 294
messages d'erreur 327
messages du BIOS AMI 328
messages du BIOS Award 330
messages du BIOS Compaq 330
messages du BIOS IBM 328
messages du BIOS Phoenix 330
microprogramme 288
mise à niveau
avantages 308
informations de version 309
mise à jour de la ROM Flash 311
prérequis 309
sauvegarde de la RAM CMOS 311
numéros de série de la ROM 297
paragraphes 296
pilotes 294
PnP (Plug and Play) 285, 324
programme Setup 294
accès 317
fonctionnalités de configuration supplémentaires 322
menu Advanced 319
menu Boot 322
menu Exit 322
menu Main 319
menu Maintenance 318
menu Power 321
menu Security 320
récapitulatif des menus 318
PROM (programmable ROM) 298
ROM à masque 298
ROM d'amorçage 292
ROM Flash 301
mise à niveau 311
protection contre l'écriture 311
récupération d'urgence 314
RTC/NVRAM (real-time clock/ nonvolatile memory), puces 293
sauvegarde 310
version
déterminer 309
ROM *Voir* Mémoire ROM
Routeur, partage de la connexon Internet 898
RPC (Regional Playback Control) 576
RRIP (Rock Ridge Interchange Protocol) 571
RS480, chipsets (ATI) 205
RTC/NVRAM (real-time clock/ nonvolatile memory), batteries 293
RTC/NVRAM, batteries 1003
RX480, chipsets (ATI) 205

S

SafeAudio 615
SafeDisc 616
Salle blanche, approche 307
Sandra, logiciel 370
Sans fil
alimentation des périphériques 852
liaison Bluetooth 852
liaison infrarouge 850
liaison radio 851
SATA 504
connecteur d'alimentation 960
schéma de transmission physique 417
spécifications des standards SATA 416
SATA-8 ***Voir*** **ATA**
Sauvegarde 501
des données 1135
RAID 513
sur disque 513
sur disque dur externe 513
Sauvegardes
configuration de la RAM CMOS 311
ROM BIOS 310, 311
SCSI (Small Computer System Interface) 505, 590, 793
adaptateurs 292
BIOS 637
cartes adaptateurs 281
SDRAM (synchronous DRAM)
DDR (Double Data Rate) 348, 713
DDR2 350, 713, 714
DDR3 352
vidéo 713
SDSL (Symmetrical DSL) 866
SEC-DED (single-bit error-correction double-bit error detection) 380
Secteur 461
d'un DVD 538
en-têtes de secteurs 462
zone de préfixe et zone de suffixe 462
Secure Digital 508
Sécurité
BIOS 320
connexions Internet 879
aux réseaux câblés 862
DSL 868
mots de passe 320
Security, menu (BIOS Setup) 320
Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology ***Voir*** **SMART**
Serial ATA ***Voir*** **SATA**
Serveur proxy, partage de la connexion Internet 898
Setup, programme (BIOS) 294
accès 317
fonctionnalités de configuration supplémentaires 322
menu Advanced 319
menu Boot 322
menu Main 319
menu Maintenance 318
menu Power 321
menu Security 320
récapitulatif des menus 318
SFX/SFX12V, facteur d'encombrement 925
SGRAM (Synchronous Graphics RAM) 713
SIMM (single inline memory module) 357
72 broches 357
capacités 361
bancs de mémoire 370
capacités 359
conseils d'achat 384
consommation 907
illustration 359
installation 388
SIMM (single inline memory module) 30 broches 357, 361
Single-bit error-correction double-bit error detection (SEC-DED) 380
SiS (Silicon Integrated Systems), chipsets
Athlon/Duron, tableau de référence 189
MuTIOL, architecture 190
Pentium 4/Pentium D, tableau de référence 162
SiS645/645DX 166
SiS648/648FX 166
SiS649/SiS649FX 168
SiS650/651 165
SiS655/655FX/655TX 166
SiS656/SiS656FX 167
SiS661FX 167
SiS733 192
SiS735 192
SiS740 193
SiS741/741GX 195
SiS745 193
SiS746 193
SiS748 194
SiS755/755FX 214
SiS756 215
SiS760/760GX 215
SiS761/761GX 217
SiS963L South Bridge, puce 194
SiSR658/R659 166
SiSoftware Sandra 370
Sixième génération, processeurs 82
SMART 497
SmartMedia 507
SMM (System Management Mode) 60
Sockets
370 1013
478 1013
installation radiateur 1063
603 1013
754 1013
771 1013
A 1013
AM2 1013
F 1013
M 1013
S1 1013
Son
3D 775
ADC 763
ADPCM 759
amplitude 762
connecteurs 752
CD audio interne 753
CD SPDIF 755
contrôle de volume 757
décibel 763
entrée
Aux in 755
et sortie MIDI 754
SPDIF 755
TAD 755
microphone 792
surround 789
Souris
à boule 840
à roulette 844
apparition 840
hybride 843
interfaces 842
nettoyage 1142
optique 841
PS/2 843
remplaçants possibles 848
série 842
USB 843
Sous-code CD 527
Sous-pixel 668
South Bridge, chipsets 141
ALiMagic1 195
AMD-766 179

Apollo KT133A 184
Apollo KX133 184
NVIDIA 198
Radeon 200
SiS963L 194
SPDIF (Sony/Philips Digital InterFace), connecteurs entrée et sortie 755
Spécifications
du DVD-R 622
du DVD-RAM 621
MultiRead 606
SpinRite (logiciel de formatage) 660
SPP (system platform processor) 198
Spyware *Voir* Logiciels espions
SRAM (static RAM) 339
SSE (Streaming SIMD Extensions) 64
Standard vidéo 703
NTSC 735
PAL 735
SECAM 735
Static RAM (SRAM) 339
Stations de travail, chipsets
Intel 860 202
Intel E7205 202
Intel E7505 202
tableau de référence 201
Stencil buffering 728
Steve Jobs 839
Stockage
amovible 501
optique à base de CD 516
Stockage optique à base de CD 516
STOP ou STOP ERROR 1159
Suavegarde sur disque NAS 513
Super I/O, puces 141, 218
Super South Bridge, puces 219
Super7, sockets 77
SuperDisk 506
Superscalaire, architecture 25, 62
Support amorçable créé par l'utilisateur (ROM Flash) 313
Supports
amovibles, interfaces 504
optique, entretien 533
Socket 7/Super7 77
Socket 939 74
Socket 940 74
Socket AM2 75
Socket F (1207FX) 76
Socket LGA775 74
spécifications 72, 133
SVGA (super-SVGA) 705
Synchronisation, problèmes 374
Synchronous DRAM (SDRAM) 346
Synthétiseur de fréquence 1056
à base de cristal 1053
SYS 1168
SYSmark, indices
2002 35, 44
2004 35, 44
2004 SE 35
2007 44
System Management Mode (SMM) 60
System platform processor (SPP) 198
Système d'exploitation
arrêt impossible 1160
blocage et redémarrage intempestifs 1168
démarrage 1120
erreurs STOP ou STOP ERROR 1159
installation 1047
manquant 1167
outils de diagnostic 1108
restauration 1135
sélection pour l'assemblage 1025
Systèmes
de fichiers
High Sierra 567
sur CD-ROM 566
UDF 559
installer Windows 9x/Me 629
installer Windows NT, 2000 ou XP 630

T

Table d'ondes (MIDI) 758
Tampon
TLB (translation lookaside buffer) 59
Z 728
Tape Monitor 779
Taux
de rafraîchissement DRAM (dynamic RAM) 337
de transfert média 492
Téléphonie, connecteurs 228
Télévision, standards 735
Temps
de cycle 345
de recherche moyen 494
Tension du processeur
double 76
séparée 76
unique 76
Tension, mesurer 990
Test
modem 904
périphériques 1107
port parallèle 830
port série 824
POST 1090, 1106
cartes d'extension 1092
codes de contrôle 1092
codes sonores 1091
mémoire RAM 1105
messages d'erreur 1093
processeurs 80
tests de fabrication 327
Tests de performance (vitesse de processeur)
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 34
Pentium 4, indice SYSmark 2002 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 SE 35
Pentium 4, indice SYSmark 2007 44
processeurs de mise à niveau 107
Têtes de lecture/écriture 476
contact start stop (CSS) 459
écrasement de tête 459
parcage automatique 482
positionneur de têtes 478
Textures 3D 726, 727
TFX12V, facteur d'encombrement 927
Théorème de Nyquist 527
Thermomètre numérique infrarouge 992
ThinkPad 845
Threads 71
Tolérance aux pannes 374
contrôle de parité
bits de parité 375
désactivation 378
messages de contrôle de parité 376
NMI (nonmaskable interrupt) 377
parité impaire 376
ECC (error-correcting code) 380
Touche
Verr Num 833
WIN 832

Track-at-Once (mode TAO), enregistrer sur un CD 559
Trackballs 849
TrackPoint 845
principe 846
TrackPoint II 846
TrackPoint III 847
TrackPoint IV 847
Transformateur à tension variable 992
Transistors DRAM (dynamic RAM) 338
Translation TLB (translation lookaside buffer) 59
Trinitron 681
Troisième génération, processeurs 81
mémoire installable maximale 357
mode IA-32 27
TrustedCore BIOS 307
Tube cathodique *Voir* CTR
Tumwater (E7525), chipsets 203
Turion, processseur AMD 1013
Typematic Delay (Msec), fonctionnalité (BIOS) 323
Typematic Rate Setting, fonctionnalité (BIOS) 323
Typematic Rate, fonctionnalité (BIOS) 323

U

UART (universal asynchronous receiver transmitter) 218, 822
UDF (Universal Disk Format) 559, 570
ULi Electronics, chipsets
Aladdin P4 (M1671) 170
ALiMagik1 195
M1681/M1663 170
M1685 170
Pentium 4, tableau de référence 168
ULi M1687 206
ULi M1689 207
ULi M1695 207
Ultra-DMA 588
UMA (Upper Memory Area) 638
Unités d'allocation 469
Unités en virgule flottante 79
Universal asynchronous receiver transmitter (UART) 218
upgradingandrepairingpcs.com, site web 6
USB 505, 793, 813
2.0 809
adaptateurs 812
alimentation 803
brochage des connecteurs 807
cartes 812
connecteurs 805, 807
débit
comparé à IEEE-1394 800
USB 1.1 801, 804
USB 1.1 et 2.0 810
dépannage 1170
détails techniques 801
forum USB-IF 801
hub 801
interface 808
longueur de câble 804
On-The-Go 810
prise en charge 808
spécification Plug and Play 807
système d'encodage 801
USB Legacy 1020, 1161
Wireless USB 811
Utilitaires de test du processeur 80

V

VBE (VESA BIOS Extension) 705
VBR (Volume Boot Record) 1167
Ventilateurs
de châssis 1079
PWM 1065
Verrouillage
de clavier, connecteur 228
pixels 736
VESA (Video Electronics Standards Association) 705
VGA 748
circuit vidéo 704
signaux
analogiques 703
numériques 703
VGA-SECAM, convertisseur 736
VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) 176
VIA Technologies
cartes mères 126
chipsets
Apollo KT133 184
Apollo KT133A 184
Apollo KT266 185
Apollo KT266A 185
Apollo KT333 186
Apollo KT400/KM400 186
Apollo KT400A 186
Apollo KT600 187
Apollo KX133 184
Apollo P4X266, famille 176
Apollo P4X400 176
Apollo P4X400A 176
Apollo P4X533 176
architecture MuTIOL 144
architecture V-Link 144
Athlon/Duron, tableau de référence des chipsets 181
K8T800/K8T800 Pro/K8M800 209
K8T890/K8M890 210
KT880 188
Pentium 4, tableau de référence des chipsets 173
ProSavage KM133 185
ProSavage KM266 186
ProSavage P4M266 176
PT800/PM800/PT880/PM880 177
PT880/PT894/PT894 Pro 177
VIA Modular Architecture Platforms (V-MAP) 176
processeurs 22
Vidéo
accélérateurs graphiques 3D 725
carte de capture d'images arrêtées 736
codec 738
compression 738
convertisseur VGA-SECAM 736
dépannage 745
fréquence de balayage 681
JPEG 738
mappage de textures 725
moniteur multiple 722
MPEG 738
NTSC 735
ombrage
à plat 725
de Gouraud 725
PAL 735
périphériques de capture 739
pilote 720
rafraîchissement 681
SECAM 735
standards actuels 703
télévision 735
verrouillage de pixels 736
Virtual PC 2007 750
Virtualisation
audio 749
logiciels 750
Virus 1144
Virus Warning, fonctionnalité (BIOS) 323

Vitesse
cache 59
cartes mères
AMD P-Ratings 47
Cyrix P-Ratings 46
overclocking de processeur 48
d'enregistrement du CD-R 602
de lecture
CD-RW 605
DVD 584
mémoire
GHz (gigahertz) 343
MHz (mégahertz) 343
nanosecondes 343
RDRAM (Rambus DRAM) 355
SDRAM (synchronous DRAM) 347
SDRAM DDR (double data rate) 348
SDRAM DDR2 350
SDRAM DDR3 352
temps de cycle 345
vitesses d'horloge 345
vitesses de module 372
vitesses du bus de processeur 345
processeurs 32
AMD P-Ratings 47
Cyrix P-Ratings 46
états d'attente 32
indice iCOMP 2.0 34
indice iCOMP 3.0 34
indice Intel 44
overclocking 48
Pentium 4, indice SYSmark 2002 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 35, 44
Pentium 4, indice SYSmark 2004 SE 35
Pentium 4, indice SYSmark 2007 44
vitesses de carte mère 44
verrouillage 318
VLB 718
V-Link, architecture 144
V-MAP (VIA Modular Architecture Platforms) 176
VMware 750
Voltmètre-ohmmètre numérique 989
VRM (voltage regulator modules) 908
VRT (voltage reduction technology) 76
VTS (Video Title Set) 577

W

Wake on LAN, connecteurs 228
Wake on Ring, connecteurs 228
Watercooling *Voir* Refroidissement liquide
WiMax 870
Windows
arrêt impossible 1160
erreurs STOP ou STOP ERROR 1159
restauration du système 1135
Windows 2000
ACPI 691
ajustement de la fréquence de rafraîchissement 696
connexion de plusieurs écrans 722
gestion de l'énergie 691
migration d'un disque 657
paramétrage de la carte vidéo 721
Windows 98
ACPI 691
connexion de plusieurs écrans 722
paramétrage de la carte vidéo 721
Windows 9x
ajustement de la fréquence de rafraîchissement 696
APM 691
commande FORMAT 653
gestion de l'énergie 691
Windows 9x/Me
affichage de la carte son 778
compression audio 759
démarrage 1115
exception fatale 1160
installation du système d'exploitation 1047
Windows 9x
compatibilité USB 807, 808
Windows Me
ACPI 691
ajustement de la fréquence de rafraîchissement 696
connexion de plusieurs écrans 722
gestion de l'énergie 691
paramétrage de la carte vidéo 721
Windows NT/2000/XP
affichage de la carte son 778
compression audio 759
démarrage 1118
installation du système d'exploitation 1047
Windows Vista
affichage de la carte son 778
amorçage 1120
compression audio 760
installation du système d'exploitation 1047
outils de diagnostic 1108
Sauvegarde complète du PC 1134
son et DirectX 10 767, 774
Windows Recovery Environment 1135, 1168
Windows XP
ACPI 691
ajustement de la fréquence de rafraîchissement 696
connexion de plusieurs écrans 722
gestion de l'énergie 691
migration d'un disque 657
paramétrage de la carte vidéo 721
WinModem 894
WinProxy 898
Wireless USB 811
WORM (Write Once Read Many)
format de CD 557
Write Multiple 413
commande ATA 424
Write-back, cache 59, 391
Write-through, cache 58

X

XCELX 1055
XCOPY (commande) 797
XCOPY32 656
xD-Picture 508
Xeon, processeurs 86
chipset Intel pour station de travail, tableau de référence 201
Intel 860, chipset 202
Intel E7205, chipset 202
Intel E7505, chipset 202
Xeon, processseur Intel 1013
XGA 705

Z

Zip 506

Le Campus

18e édition

Le PC

Architecture, maintenance et mise à niveau

La référence complète des systèmes et matériels PC

Que vous soyez technicien, étudiant ou amateur, que vous cherchiez à faire de la maintenance, du dépannage ou de l'optimisation, ou que vous ayez tout simplement envie d'en savoir plus sur votre ordinateur, voici l'ouvrage le plus actuel, le plus complet et le plus détaillé sur le PC.

Toutes les architectures système y sont expliquées en détail, les composants matériels présentés, analysés et comparés. Vous comprendrez alors le rôle que chacun joue dans la stabilité et les performances de votre ordinateur. Processeurs multicores, cartes mères au format DTX et mini-DTX, lecteurs Blu-Ray et HD-DVD, nouveaux processeurs graphiques, etc. : les dernières évolutions sont abordées et toutes les possibilités d'optimisation sont passées en revue.

Incollable sur le fonctionnement matériel de votre PC, vous pourrez ainsi assurer une maintenance correcte de votre système, en identifiant les composants sujets à problèmes et en diagnostiquant les défaillances, mais aussi optimiser son fonctionnement et le faire évoluer suivant les dernières innovations matérielles du secteur.

Nouvelle édition mise à jour

Présentation des dernières nouveautés techniques et matérielles : Processeurs Core 2 (8e génération des 886) et AM2 d'AMD, évolution des chipsets 9xx d'Intel ainsi que de ceux de Nvidia, VIA et SiS ; cartes mères au format DTX et mini-DTX ; lecteurs Blu-Ray et HD-DVD ; processeurs graphiques (SLI, Crossfire), etc.

Nouveaux chapitres consacrés aux périphériques d'entrée (clavier, souris, trackball, etc.) et aux dispositifs de stockage amovible (mémoire Flash, etc.)

Table des matières

1. Le PC : composants, caractéristiques et architecture
2. Les microprocesseurs : types et caractéristiques
3. Les cartes mères et les bus
4. Le BIOS
5. La mémoire
6. L'interface ATA
7. Le stockage sur disque dur
8. Le stockage amovible
9. Le stockage optique
10. L'installation et la configuration de lecteurs physiques
11. Le matériel vidéo
12. Le matériel audio
13. Les interfaces d'entrées/sorties
14. Les périphériques d'entrée
15. Les connexions à Internet
16. L'alimentation et le boîtier
17. L'assemblage et la mise à niveau d'un ordinateur
18. Modifications : overclocking et refroidissement
19. Les diagnostics, les tests et la maintenance

Niveau : Tous niveaux
Catégorie : Matériel

PEARSON

Pearson Education France
47 bis, rue des Vinaigriers
75010 Paris
Tél. : 01 72 74 90 00
Fax : 01 42 05 22 17
www.pearson.fr

ISBN : 978-2-7440-4087-0

9 782744 040870