GILBERT PAQUETTE

Modélisation des connaissances et des compétences

MOT
- Type de modèles
- Scénarios
- Habiletés
- Problèmes

Explor@
- Autogestion
- Information
- Outils
- Collaboration
- Assistance

MISA
- Compétence
- Pédagogie
- Média
- Diffusion

Un langage graphique pour concevoir et apprendre

Presses de l'Université du Québec

Modélisation des connaissances et des compétences

Un langage graphique pour concevoir et apprendre

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

DU MÊME AUTEUR

L'ingénierie pédagogique - Pour construire l'apprentissage en réseau

Gilbert Paquette
2002, ISBN 2-7605-1162-6, 490 pages

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
Le Delta 1, 2875, boulevard Laurier, bureau 450 Sainte-
Foy (Québec) G1V 2M2
Téléphone : (418) 657-4399 • Télécopieur: (418) 657-2096
Courriel : puq@puq.uquebec.ca • Internet : www.puq.uquebec.ca

Distribution

CANADA et autres pays
DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS S.E.N.C.
845, rue Marie-Victorin, Saint-Nicolas (Québec) G7A 3S8
Téléphone: (418) 831-7474/1-800-859-7474 • Télécopieur: (418) 831-4021

FRANCE
DIFFUSION DE L'ÉDITION QUÉBÉCOISE
30, rue Gay-Lussac, 75005 Paris, France
Téléphone : 33 1 43 54 49 02
Télécopieur: 33 1 43 54 39 15

SUISSE
SERVIDIS SA
5, rue des Chaudronniers, CH-1211 Genève 3, Suisse
Téléphone : 022 960 95 25
Télécopieur: 022 776 35 27

La Loi *sur le droit d'auteur* interdit la reproduction des oeuvres sans autorisation des titulaires de droits. Or, la photocopie non autorisée - le «photocopillage » - s'est généralisée, provoquant une baisse des ventes de livres et compromettant la rédaction et la production de nouveaux ouvrages par des professionnels. L'objet du logo apparaissant ci-contre est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit le développement massif du «photocopillage ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

GILBERT PAQUETTE

Modélisation des connaissances et des compétences

Un langage graphique pour concevoir et apprendre

2002

Presses de l'Université. du Québec
Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bur. 450
Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 2M2

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Données de catalogage avant publication (Canada) Paquette,

Gilbert, 1942

Modélisation des connaissances et des compétences : un langage graphique pour concevoir et apprendre

(Collection Des technologies pour apprendre)
Comprend des réf. bibliogr.

ISBN 2-7605-1163-4

1. Représentation des connaissances. 2. Structures conceptuelles. 3. Gestion des connaissances. 4. Acquisition des connaissances (Systèmes experts). 5. Ingénierie pédagogique. 6. Enseignement assisté par ordinateur. I. Titre.

Q387.P36 2002 006332 C2002-940293-X

Nous reconnaissons l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Programme d'aide au développement de l'industrie de l'édition (PADIÉ) pour nos activités d'édition.

Révision linguistique : LE GRAPHE ENR.
Mise en pages : CARACTÉRA PRODUCTION GRAPHIQUE INC.

Couverture : RICHARD HODGSON

1 2 3 4 5 6 7 8 9 PUQ2002 9 8 7 6 5 4 3 2 **1**

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés © 2002 Presses de l'Université du Québec

Dépôt légal - 2e trimestre 2002
Bibliothèque nationale du Québec / Bibliothèque nationale du Canada
Imprimé au Canada

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES XV
LISTE DES TABLEAUX XXV
REMERCIEMENTS XXIX

INTRODUCTION 1
INFORMATION ET CONNAISSANCE 3
CONTENU DE L'OUVRAGE 4
POURQUOI CET OUVRAGE? 6
VERS L'AVENIR 8

Chapitre 1

REPRÉSENTER LES CONNAISSANCES 11
1.1. LANGAGES ET REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES 12
Modèle mental et représentations 12
La représentation des connaissances 14
Grammaire et sémantique 15
Un langage formel : les propositions 17
1.2. EXEMPLES DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE 20
Arbres sémantiques et cartes conceptuelles 20

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Réseaux sémantiques et graphes entités-relations 23
Algorithmes et ordinogrammes 25
Diagramme causal et arbres de décision 27
Arbres de déduction 29
Modèles orientés objets 31
1.3. REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES ET APPRENTISSAGE 32
La représentation par schémas 33
Diagnostiquer et évaluer les connaissances 35
Structurer les informations à communiquer 36
Apprendre en représentant les connaissances 36
1.4. REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES ET INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE 38
Les types de connaissances en éducation 38
La représentation des interactions et de la collaboration 40
La modélisation des systèmes d'information 41
CONCLUSION 43

Chapitre 2
LA MODÉLISATION PAR OBJETS TYPÉS - MOT 45
2.1. PRINCIPES DE BASE DE LA MODÉLISATION PAR OBJETS TYPÉS 47
La représentation par schémas dans MOT 47
Objectifs de la représentation 49
Principes de construction du système de représentation 49
2.2. LA SÉMANTIQUE DU LANGAGE DE REPRÉSENTATION MOT 50
Composantes de base d'un modèle MOT 51
Interprétation des connaissances 54
Interprétation des liens I 54
Interprétation des liens S 56
Interprétation des liens C 58
Interprétation des liens P 61
Interprétation des liens I/P 62
Interprétation des liens R 63
Interprétation des liens A 64

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

2.3. DÉFINITION DU SYSTÈME
DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE MOT 70
Le concept de modèle par objets typés 70
Règles quant à l'origine et à la destination des liens 72
Règles quant aux cycles et à la multiplicité des liens 76
2.4. EXEMPLES DE REPRÉSENTATION 77
Modèles MOT d'un arbre sémantique
et d'une carte conceptuelle 78
Modèle MOT d'un réseau sémantique 80
Modèle MOT d'un ordinogramme 81
Modèles MOT d'un diagramme causal
et d'un arbre de décision 81
Modèle MOT d'un arbre de déduction 84
CONCLUSION 85

Chapitre 3
TAXONOMIE DES MODÈLES 87
3.1. BASES D'UNE CLASSIFICATION DES MODÈLES 88
Modèles des connaissances complexes 88
Taxonomie des modèles des connaissances 91
3.2. SYSTÈMES FACTUELS 91
3.3. SYSTÈMES CONCEPTUELS 96
Les taxonomies 96
Les systèmes de composantes 97
Les systèmes conceptuels hybrides 97
3.4. SYSTÈMES PROCÉDURAUX 99
Procédures séquentielles 99
Procédures en parallèle 99
Procédures itératives 100
3.5. SYSTÈMES PRESCRIPTIFS 102
Définitions, normes ou contraintes 102
Lois et théories 104
Arbres de décision 105
Structure de contrôle d'un processus 107

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

3.6. PROCESSUS ET MÉTHODES 108
Processus 108
Méthodes et techniques 111
Systèmes collaboratifs 112
CONCLUSION 113

Chapitre 4
OUTILS ET TECHNIQUE DE MODÉLISATION 115
4.1. LES ÉDITEURS DE MODÈLES MOT ET MOT+ 116
Caractéristiques générales des éditeurs 116
Modèle principal et sous-modèles descendants 118
Les fonctionnalités avancées de MOT+ 122
4.2. VUE GÉNÉRALE DU PROCESSUS DE MODÉLISATION 124
Sous-processus, intrants et produits 125
Principes généraux de progression 127
4.3. DÉFINIR LES OBJETS D'APPRENTISSAGE 129
Données initiales et profil du modèle 129
Principes de définition des orientations du modèle 132
Principes de sélection d'un type de modèles 133
Construction d'un modèle principal initial 135
Principes d'élaboration du modèle principal initial 136
4.4. PRIORISER LES CONNAISSANCES À DÉVELOPPER 137
Propriétés des publics cibles et connaissances principales 138
Évaluation des écarts de compétences selon le public cible 139
Marquage des écarts sur le modèle 142
Principes de priorisation des connaissances 144
4.5. DÉVELOPPER LE MODÈLE DES CONNAISSANCES PAR NIVEAUX 146
Modèles associés à une connaissance et sous-modèles 147
Développement d'un modèle par niveaux 148
Principes de complétude du modèle 153
Principe d'équilibre des types de connaissances 154
4.6. DÉFINIR OU CORÉFÉRENCER LES CONNAISSANCES DANS D'AUTRES DOMAINES 155
Définition d'une connaissance dans un autre domaine 157
Distribution des connaissances dans un autre domaine 159
Principes de distribution des connaissances 162

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

4.7. VALIDER ET DOCUMENTER UN MODÈLE 163
Tâches de validation et de documentation 164
Principes de validité des sous-modèles 165
CONCLUSION 166

Chapitre 5

QU'EST-CE QU'UNE COMPÉTENCE? 167
Mais qu'est-ce que la compétence? 168
5.1. LES COMPÉTENCES DANS LES ENTREPRISES ET LES MILIEUX DE TRAVAIL 168
5.2. LES COMPÉTENCES DANS LA DÉFINITION DES PROFESSIONS 172
5.3. LES COMPÉTENCES À L'ÉCOLE 178
5.4 CONVERGENCE ET DIVERSITÉ 183
5.5. DÉFINITION ET REPRÉSENTATION DES COMPÉTENCES 186
CONCLUSION 189

Chapitre 6

CLASSIFIER LES PROBLÈMES ET LES HABILETÉS 193
6.1. LES HABILETÉS COMME PROCESSUS GÉNÉRIQUES DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES 194
6.2. LES HABILETÉS EN TANT QUE MÉTACONNAISSANCES ACTIVES 200
6.3. LES DOMAINES D'HABILETÉ : COGNITIF, AFFECTIF ET PSYCHOMOTEUR 204
6.4. UN CYCLE INTÉGRÉ DES HABILETÉS 208
6.5. COMPARAISON DES APPROCHES 211
CONCLUSION 211

Chapitre 7

UNE TAXONOMIE INTÉGRÉE DES HABILETÉS 215
7.1. LA NOTION D'HABILETÉ 216

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

7.2. PRÉSENTATION DE LA TAXONOMIE DES HABILETÉS 220
Habiletés de réception 222
Habiletés de reproduction 224
Habiletés de production et de création 225
Habiletés d'autogestion 228
7.3. INTÉGRATION DES HABILETÉS DE DIFFÉRENTS DOMAINES 230
7.4. RÉPERTOIRE DES HABILETÉS 235
Un processus générique de repérage et d'identification 235
Un processus générique de simulation 237
Un processus générique de déduction 238
Un processus générique de construction d'une taxonomie 238
Un processus générique d'évaluation 240
Un processus générique de contrôle et d'autoadaptation 242
7.5. RELATIONS ENTRE LES HABILETÉS ORDONNANCEMENT ET SPÉCIALISATION 243
Ordre croissant de complexité 244
Spécialisation du répertoire 246
CONCLUSION 249

Chapitre 8
LES COMPÉTENCES, BASE DE L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE 251
8.1. INTERPRÉTER UN PROFIL DE COMPÉTENCES 252
Déterminer les acteurs cibles 252
Modéliser les tâches et les connaissances 254
Déterminer les habiletés requises : type et niveau 255
Exemple d'interprétation 257
8.2. BESOIN D'APPRENTISSAGE ET MODÉLISATION D'UN DOMAINE 259
Besoin d'apprentissage 261
Détermination des niveaux de progression d'une compétence 261
Guider la modélisation des connaissances 264
Évaluation des compétences 266

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

8.3. CONSTRUIRE LE SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE 268
Définir une connaissance et une habileté principales 268
Représenter le processus générique d'une habileté 269
Transposer le processus sous la forme d'activités d'apprentissage 269
Transposer les principes sous la forme d'interventions d'assistance 271
8.4. DÉFINIR LES RESSOURCES D'UN SYSTÈME DE TÉLÉAPPRENTISSAGE 275
Rôles des acteurs et habiletés 275
Habiletés et scénarios de rôle 277
Coordination des rôles des acteurs 278
CONCLUSION 281

Chapitre 9

APPLICATIONS DE LA MODÉLISATION 283
9.1. CONSTRUIRE UNE REPRÉSENTATION DE LA MÉTHODE MISA 284
Contexte et démarche de la modélisation 285
Identification des connaissances à modéliser 286
Construction du modèle principal 287
Déploiement du modèle sur le plan procédural 287
Déploiement du modèle sur le plan conceptuel 293
Définition des principes d'opération de la méthode 295
Validation du modèle de la méthode 299
9.2. CONCEPTUALISER UN SYSTÈME DE TÉLÉAPPRENTISSAGE 300
Processus et outils d'autogestion 300
Processus et outils de gestion des compétences 304
Processus et outils de gestion des ressources 307
9.3. MODÉLISER UNE ÉCOLE INFORMATISÉE 311
Contexte de la démarche 312
Construction du modèle graphique de l'école 313
Description textuelle du modèle 317

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Version multimédia du modèle 317
Utilisation proposée du modèle 318
CONCLUSION 320

Chapitre 10
VERS LE WEB SÉMANTIQUE 323
10.1. LE WEB SÉMANTIQUE 324
Représenter les connaissances pour le Web 325
10.2. DÉCRIRE UNE ONTOLOGIE 327
Le processus de construction d'une ontologie 330
10.3. DIVERS POINTS DE VUE SUR LA MODÉLISATION DES CONNAISSANCES 331
GLOSSAIRE 335
BIBLIOGRAPHIE 351

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.1
Une représentation picturale des connaissances 13
FIGURE 1.2
Des opérations inverses : représenter et interpréter 16
FIGURE 1.3
Un arbre sémantique en histoire de l'art 21
FIGURE 1.4
Une carte conceptuelle sur les changements climatiques 22
FIGURE 1.5
Un exemple de réseau sémantique 24
FIGURE 1.6
Deux exemples d'ordinogramme 26
FIGURE 1.7
Un diagramme causal et un arbre de décision
pour déterminer des causes de défaillance 28
FIGURE 1.8
Un arbre de déduction 30
FIGURE 1.9
Un exemple de modèle orienté objet 32

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 1.10
Un exemple de réseau sémantique construit par un apprenant 37
FIGURE 2.1
Exemple de principe relationnel 60
FIGURE 2.2
Exemple de principe de décision 61
FIGURE 2.3
Exemple de liens P entre deux procédures 61
FIGURE 2.4
Exemple de liens P entre une procédure et un principe 62
FIGURE 2.5
Interprétation de liens intrant/produit 63
FIGURE 2.6
Lien intrant/produit et attachement procédural 63
FIGURE 2.7
Principes régissant un concept 64
FIGURE 2.8
Principes régissant une procédure 65
FIGURE 2.9
Principes régissant d'autres principes
qui contrôlent l'exécution d'une procédure 66
FIGURE 2.10
Métaconcept de « priorité des connaissances »
appliqué dans deux domaines 68
FIGURE 2.11
Concept de modèle par objets typés 73
FIGURE 2.12
Relation d'ordre entre groupes
de personnes et son abréviation 75
FIGURE 2.13
Modèle MOT d'un arbre sémantique 78
FIGURE 2.14
Modèle MOT d'une carte conceptuelle 79
FIGURE 2.15
Modèle MOT d'un réseau sémantique 80

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 2.16
Modèle MOT d'un ordinogramme 81
FIGURE 2.17
Modèle MOT d'un diagramme causal 82
FIGURE 2.18
Modèle MOT d'un arbre de décision 83
FIGURE 2.19
Modèle MOT d'un arbre de déduction 84
FIGURE 3.1
Taxonomie des connaissances : faits et connaissances abstraites 89
FIGURE 3.2
Présentation de la taxonomie des modèles des connaissances 92
FIGURE 3.3
Deux systèmes factuels
un groupe d'exemples et un groupe de faits 94
FIGURE 3.4
Un réseau d'énoncés 95
FIGURE 3.5
Une taxonomie du monde animal 97
FIGURE 3.6
Un système de composantes 98
FIGURE 3.7
Un système conceptuel hybride 98
FIGURE 3.8
Une procédure séquentielle 100
FIGURE 3.9
Une procédure en parallèle 101
FIGURE 3.10
Une procédure itérative 102
FIGURE 3.11
Deux exemples : une norme et une définition 103
FIGURE 3.12
Une théorie composée de quatre lois
pour établir la durée d'un traitement 104

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 3.13
Un arbre de décision pour le calcul de l'impôt 106
FIGURE 3.14
Des principes pour le contrôle d'une procédure de diagnostic 108
FIGURE 3.15
Un processus de diagnostic.....110
FIGURE 3.16
Une méthode pour la définition d'un projet 112
FIGURE 3.17
Un processus de rédaction en collaboration d'un texte synthèse.....113
FIGURE 4.1
Fenêtres de travail de l'éditeur MOT 117
FIGURE 4.2
Un modèle, un sous-modèle et un objet texte 118
FIGURE 4.3
Exemple de modèle procédural 119
FIGURE 4.4
Modèle descendant associé
à la connaissance « Diagnostiquer... » 120
FIGURE 4.5
Modèle descendant associé à la connaissance
« Structure de contrôle... » 122
FIGURE 4.6
Modèle descendant associé à la connaissance
« Structure de contrôle... » 123
FIGURE 4.7
Vue d'ensemble d'une technique
de modélisation par objets typés 126
FIGURE 4.8
Sous-processus de définition des objets d'apprentissage 130
FIGURE 4.9
Sous-processus de priorisation des connaissances 137
FIGURE 4.10
Un exemple de modèle avec connaissances principales 139

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 4.11
Un modèle qui indique les écarts de compétences 144
FIGURE 4.12
Tri selon les écarts dans MOT+ 145
FIGURE 4.13
Sous-processus de développement par niveaux 147
FIGURE 4.14A
Modèle descendant de niveau 2 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet » 149
FIGURE 4.14B
Modèle descendant de niveau 2 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet » 150
FIGURE 4.15A
Modèle descendant de niveau 3 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet » 151
FIGURE 4.15B
Modèle descendant de niveau 3 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet » 152
FIGURE 4.16
Sous-processus d'association entre deux domaines 156
FIGURE 4.17
Définition du concept « moteur de recherche »
dans un autre domaine 158
FIGURE 4.18
Définition d'une habileté générique d'application 158
FIGURE 4.19
Modèle pédagogique d'un cours sur
la recherche d'informations dans l'Internet 160
FIGURE 4.20
Modèle pédagogique et sous-modèles
des connaissances associés aux UA 161
FIGURE 4.21
Un SMA non connexe et un SMA procédural 163
FIGURE 4.22
Sous-processus de validation et de documentation 164

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 5.1
Les objectifs de la gestion des compétences 170
FIGURE 5.2
Le modèle des compétences dans la fonction publique du gouvernement fédéral canadien 171
FIGURE 5.3
Un modèle des compétences en leadership destiné aux gestionnaires 178
FIGURE 5.4
Le métaconcept de compétence 187
FIGURE 6.1
Un exemple de problème générique : le diagnostic 197
FIGURE 6.2
Relations entre les métaconnaissances actives 204
FIGURE 7.1
Description d'une habileté en relation avec un de ses domaines d'application 218
FIGURE 7.2
Habileté de diagnostic appliquée à une situation affective 219
FIGURE 7.3
Taxonomie des habiletés 221
FIGURE 7.4
Modèle d'une habileté de repérage et d'identification 236
FIGURE 7.5
Modèle d'une habileté de simulation 237
FIGURE 7.6
Modèle d'une habileté de déduction 239
FIGURE 7.7
Modèle d'une habileté de construction d'une taxonomie 240
FIGURE 7.8
Modèle d'une habileté d'évaluation de l'acquisition des connaissances 242
FIGURE 7.9
Modèle d'une habileté de contrôle et d'adaptation 243

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 7.10
La structure de base du répertoire des habiletés 246
FIGURE 8.1
Définition d'un acteur : qualités requises 253
FIGURE 8.2
Définition d'un acteur : description de tâche 254
FIGURE 8.3
Un modèle des tâches du réalisateur multimédia 255
FIGURE 8.4
Sous-modèle des connaissances et habiletés associées 256
FIGURE 8.5
Écarts de performance des compétences
d'un acteur (réalisateur multimédia) 262
FIGURE 8.6
Compétence actuelle de trois personnes dans
une compétence visée de niveau maîtrise 267
FIGURE 8.7
Un scénario d'apprentissage pour
la simulation d'un processus 270
FIGURE 8.8
Principes génériques (métaprincipes)
de gestion du processus de simulation 272
FIGURE 8.9
Scénario d'assistance pour la simulation
d'un processus de production multimédia 274
FIGURE 8.10
Un modèle de distribution pour la fonction évaluation 279
FIGURE 8.11
Un scénario de l'acteur auteur et ses ressources 280
FIGURE 8.12
Un scénario de l'acteur formateur-évaluateur 281
FIGURE 9.1
Modèle principal de la méthode MISA 4.0 288
FIGURE 9.2
Les principaux processus de la méthode MISA 4.0 289

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 9.3
Le sous-processus de la phase *2*, « Proposer une solution préliminaire » 290
FIGURE 9.4
Le sous-processus de l'axe P, « Construire le devis pédagogique » 291
FIGURE 9.5
L'opération permettant de construire l'ÉD-224 - Propriétés des unités d'apprentissage 292
FIGURE 9.6
Un élément de documentation et ses attributs 294
FIGURE 9.7
Types de principes d'opération de MISA 296
FIGURE 9.8
Un modèle du processus d'autogestion 301
FIGURE 9.9
Identification des outils d'autogestion 303
FIGURE 9.10
Le processus de gestion des connaissances 305
FIGURE 9.11
Une opération de gestion des compétences 306
FIGURE 9.12
Un modèle du processus de consultation d'un gestionnaire de ressources 308
FIGURE 9.13
Un modèle de l'élaboration de la banque de ressources 310
FIGURE 9.14
Un modèle illustrant les composantes d'une fiche de métadonnées d'une ressource 311
FIGURE 9.15
Hiérarchie des processus de l'école 314
FIGURE 9.16
Les acteurs et les intrants du processus «Apprendre » 315
FIGURE 9.17
Intrants et produits d'une tâche terminale (de niveau 3) 315

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

FIGURE 9.18
Hiérarchie des outils au niveau 0 316
FIGURE 9.19
Le modèle en version multimédia 319
FIGURE 9.20
Modélisation et outils 320
FIGURE 10.1
Une ontologie des professions et des relations familiales 328
FIGURE 10.2
Un processus d'ingénierie ontologique 332

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.1
Deux représentations d'énoncés simples 18
TABLEAU 1.2
Liens entre concepts 35
TABLEAU 2.1
Les types de connaissances abstraites
et leur symbole graphique 52
TABLEAU 2.2
Les types de faits et leur symbole graphique 52
TABLEAU 2.3
Interprétation des divers types de connaissances 55
TABLEAU 2.4
Interprétation des liens d'instanciation (I) 56
TABLEAU 2.5
Interprétation des liens de spécialisation (S) 57
TABLEAU 2.6
Interprétation des liens de composition (C) 59
TABLEAU 2.7
Interprétation des liens A 71

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

TABLEAU 2.8
Règles quant à l'origine et à la destination des liens 72

TABLEAU 3.1
Catégories principales de modèles 93

TABLEAU 3.2
Trois sous-classes de systèmes factuels 93

TABLEAU 3.3
Trois sous-classes de systèmes conceptuels 96

TABLEAU 3.4
Trois sous-classes de systèmes procéduraux 99

TABLEAU 3.5
Quatre sous-classes de systèmes prescriptifs 103

TABLEAU 3.6
Trois sous-classes de processus et méthodes 109

TABLEAU 4.1
Une échelle des compétences 139

TABLEAU 4.2
Un exemple de tableau des compétences 143

TABLEAU 5.1
Capacités et habiletés (extrait du *Profil global de compétences* de la CFP) 173

TABLEAU 5.2
Standards régissant la profession d'infirmière en Australie 174

TABLEAU 5.3
Profil de compétences pour la profession de réalisateur multimédia 177

TABLEAU 5.4
Les compétences transversales - Ministère de l'Éducation du Québec 179

TABLEAU 5.5
Profil de compétences des programmes scolaires au Québec (DISCAS) 180

TABLEAU 5.6
Interactive Teaching Competencies 182

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

TABLEAU 5.7
Profil de compétences en traitement de l'information de l'ACRL 184

TABLEAU 5.8
Exemples de compétence 189

TABLEAU 6.1
Taxonomie des problèmes (méthode KADS) 196

TABLEAU 6.2
Schéma d'inférence du système CommonKADS 198

TABLEAU 6.3
Taxonomie du domaine cognitif (Bloom) 206

TABLEAU 6.4
Taxonomie du domaine affectif (Krathwohl et al.) 207

TABLEAU 6.5
Classification des habiletés (Romiszowski) 209

TABLEAU 6.6
Le cycle des habiletés de Romiszowski 210

TABLEAU 6.7
Comparaison synthèse des habiletés 211

TABLEAU 7.1
Quatre classes principales d'habiletés 223

TABLEAU 7.2
Définition des habiletés de réception 224

TABLEAU 7.3
Définition des habiletés de reproduction 226

TABLEAU 7.4
Définition des habiletés de création et de production 229

TABLEAU 7.5
Définition des habiletés d'autogestion 231

TABLEAU 7.6
Habiletés et domaines 233

TABLEAU 8.1
Interprétation d'énoncés de compétence pour un réalisateur multimédia 258

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

TABLEAU 8.2
Interprétation d'énoncés de compétence
pour un acteur réalisateur multimédia 260

TABLEAU 8.3
Progression dans la performance de l'exercice d'une compétence 263

TABLEAU 8.4
Scénario et processus générique sous-jacent 271

TABLEAU 8.5
Exemples de principe servant
de base à une forme d'assistance 273

TABLEAU 8.6
Rôles des acteurs en téléapprentissage
et habiletés correspondantes 276

TABLEAU 9.1
Exemple de fiche descriptive 318

TABLEAU 10.1
Partie d'un fichier XML décrivant
l'ontologie de la figure 10.1 329

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

REMERCIEMENTS

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Nous nous devons de remercier les différentes équipes du Centre de recherche LICEF de la Télé-université qui ont contribué à l'émergence et à la consolidation des idées exposées dans le présent ouvrage. Plus particulièrement, il nous faut signaler la collaboration de *Claire Aubin, Françoise Crevier* et *Chantal Paquin,* avec qui nous avons pu discuter des premières versions de la technique de modélisation présentée ici, et surtout *d'Eric Bleicher*, qui a su la concrétiser en tant que concepteur et développeur des outils de modélisation MOT et MOT+.

Nous tenons aussi à souligner tout spécialement le soutien que nous avons reçu et que nous recevons toujours de *Michel Léonard,* qui assure la majorité des formations à la modélisation des connaissances que nous offrons régulièrement pour ses pertinents commentaires dès les premières versions de cet ouvrage. Nos remerciements vont aussi notamment *à Josiane Basque, Lise Damphousse, Ileana de la Teja, Richard Hotte, Karin Lundgren-Cayrol, Andrée Longpré* et *Diane Ruelland,* qui sont devenus es utilisateurs expérimentés de la technique de modélisation en l'utilisant systématiquement dans diverses applications, pour l'ingénierie pédagogique de leurs cours ou dans leurs recherches, contribuant ainsi à son amélioration continue.

Enfin, nous reconnaissons le soutien des organismes qui ont financé les différentes versions de la technique de modélisation et de ses outils DMR conseil et le Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM), le Fonds de développement technologique du Québec (FDT), le Fonds de l'autoroute de l'information (FAI), le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada (CRSH), le Réseau des centres d'excellence en téléapprentissage (RCE-TA/TL-NCE), le Programme de recherche industrielle pour la défense (RID) et, tout récemment, la Chaire de recherche sur l'ingénierie cognitive des systèmes éducatifs dont nous sommes titulaire depuis un an.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

INTRODUCTION

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le vaste mouvement irréversible qui nous conduit vers une société dont l'économie est axée sur le savoir met en évidence la nouvelle importance que prennent l'apprentissage humain et l'acquisition des connaissances et des compétences. L'apprentissage est en effet ce processus par lequel des informations, éparses ou structurées dans les savoirs organisés, deviennent des connaissances et des habiletés intégrées à l'intellect d'un individu, permettant à celui-ci d'exercer des compétences nouvelles. L'intérêt que soulève l'apprentissage ainsi que la gestion des connaissances et des compétences est un fait marquant de la décennie qui commence.

De là découle la pertinence de cet ouvrage. Pour traiter les connaissances et les compétences, pour les acquérir, pour concevoir des environnements d'apprentissage, pour construire les processus par lesquels une organisation devient apprenante, axée sur le savoir, il faut *représenter les connaissances.* C'est justement là l'objet des méthodes de modélisation des connaissances : identifier et structurer les connaissances en une représentation schématique pour les rendre visibles, manipulables, compréhensibles, communicables.

Dans de nombreux domaines, l'histoire de l'humanité est riche en systèmes de représentation des connaissances, au tout premier chef les langages écrits ou picturaux qui permettent de représenter des objets et des idées par des mots et d'établir des relations entre ces objets et ces idées. Dans le domaine des mathématiques et des sciences, les représentations géométriques et les diagrammes cartésiens que nous étudions à l'école primaire ou secondaire sont d'autres exemples de langages de représentation d'usage courant.

Depuis le début des années 1960, l'évolution de l'informatique et de l'intelligence artificielle a amené la création de nouveaux systèmes de représentation des connaissances. Pensons aux réseaux sémantiques, aux schémas, aux modèles entités-relations, aux modèles de flux d'information, aux modèles orientés objets. D'autres langages destinés aux personnes en apprentissage ont aussi été introduits en éducation, par exemple les cartes conceptuelles, les réseaux associatifs, les diagrammes en arbre, les ordinogrammes ou les graphes orientés.

Notre but ici est de proposer une technique générale de modélisation des connaissances adaptée aux besoins des apprenants et des concepteurs d'un système d'apprentissage ou d'un système de soutien au travail. Ces personnes n'ont pas besoin d'un formalisme aussi détaillé que si elles construisaient un système informatique complexe, puisque les modèles qu'elles bâtissent ne serviront pas directement à la programmation de tels systèmes. Par contre, elles ont besoin d'une vue d'ensemble cohérente, souvent fort nuancée et détaillée, des principales connaissances

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

et de leurs liens qui, ensemble, constituent un domaine de connaissances. En ingénierie pédagogique, ces représentations serviront au concepteur à réaliser le devis d'un système d'apprentissage.

INFORMATION ET CONNAISSANCE

Il importe, d'entrée de jeu, d'établir la distinction entre les concepts d'information et de connaissance. En informatique, les premiers systèmes traitaient uniquement les données numériques. Ensuite, une seconde vague de systèmes s'est intéressée aux banques d'informations et de documents. Au cours des trois dernières décennies, une nouvelle génération de systèmes informatiques est arrivée à traiter des connaissances de plus haut niveau. Les systèmes à base de connaissances[1] peuvent ainsi représenter et traiter des principes et des règles de décision, des taxonomies, des théories, des processus et des méthodes mémorisées dans l'ordinateur. En un mot, ils sont capables d'aider l'usager à accomplir des tâches de façon plus intelligente. Ce niveau « cognitif [2] » est encore trop peu répandu dans les systèmes d'information et dans la pratique des individus et des organisations.

Par «information», nous entendons toutes les données extérieures aux personnes, communiquées oralement par d'autres ou médiatisées dans des matériels sur divers soutiens numériques, imprimés ou analogiques. Par « connaissance », nous entendons le résultat de toute construction mentale effectuée par un individu à partir d'informations ou d'autres stimuli. L'apprentissage par un individu consiste à transformer des informations en connaissances.

C'est l'un des objectifs de cet ouvrage de démontrer la nécessité et l'utilité de la *représentation des connaissances,* moyen indispensable pour dépasser la gestion des informations et entreprendre celle des connaissances, processus nécessaire pour favoriser la transition d'une société de l'information de masse à une société des connaissances et du savoir.

La représentation des connaissances est au coeur de deux processus inverses et complémentaires :

- d'abord l'extraction des connaissances que possèdent certaines personnes expertes dans leur domaine, ou que d'autres personnes transmettent dans des documents, de façon à les rendre largement disponibles (sous forme d'informations) pour la formation d'autres personnes ;

1. Voir Paquette et Roy (1991).

2. Pour reprendre l'expression *the knowledge level* inventée var Allen Newell (1982).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- ensuite l'acquisition de connaissances et de compétences nouvelles par l'apprentissage, c'est-à-dire la transformation des informations en connaissances par des personnes, au moyen d'activités formelles ou informelles, empruntant une variété de formes et de soutiens.

Notre proposition principale, développée tout le long de ce livre, est que cette représentation des connaissances doit être fondée sur l'usage de modèles graphiques, en distinguant les types de connaissances et de relations entre elles, pour soutenir adéquatement l'apprentissage et la conception des systèmes d'apprentissage et de soutien au travail. D'où le titre de ce livre : *La modélisation des connaissances et des compétences - Un langage graphique pour concevoir et apprendre.*

CONTENU DE L'OUVRAGE

Cet ouvrage est subdivisé en dix chapitres. Le premier chapitre est une introduction au phénomène de la représentation de la réalité au moyen de langages naturels ou formels, particulièrement des langages graphiques utiles en éducation. Nous y dégageons quelques caractéristiques souhaitables d'un système de représentation utilisé à des fins éducatives.

Le chapitre 2 présente, sur cette base, une méthode de représentation. La modélisation par objets typés (MOT) repose sur une représentation graphique des divers types de connaissances et de liens dans un domaine du savoir. Nous démontrerons la généralité de cette technique en l'utilisant comme solution de rechange aux techniques employées en éducation.

Le chapitre 3 souligne la généralité de la représentation par objets typés en montrant la possibilité d'y intégrer une grande diversité d'objets définissant un domaine de la connaissance. Nous décrivons plusieurs types de modèles qui peuvent être représentés dans le système MOT systèmes de faits, taxonomies, objets composés complexes, systèmes procéduraux, définitions et théories, arbres de décision, structures de contrôle, processus et méthodes, systèmes multi-agents.

Le chapitre 4 est consacré à « comment représenter », c'est-à-dire à la façon de construire un modèle des connaissances. Nous y présentons deux logiciels éditeurs de modèles (MOT et MOT+) qui soutiennent notre technique de modélisation. Celle-ci sera représentée elle-même en symbolisme graphique MOT. Nous décrirons ainsi les principaux processus, les produits et les principes servant à guider la modélisation des connaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Au chapitre 5, nous abordons l'étude des compétences et de leur relation avec les connaissances et les habiletés. Nous y examinons les pratiques de définition et d'usage des compétences dans la formation en milieu de travail, dans la formation professionnelle et dans les programmes scolaires. Nous en faisons une analyse critique, mettant en évidence la diversité des concepts et des stratégies derrière ce qu'on appelle « l'approche par compétences ». Enfin, nous définissons les compétences permettant de les représenter graphiquement et de les intégrer à un modèle des connaissances.

Le chapitre 6 propose une définition de ce que l'on appelle les «habiletés », c'est-à-dire les ensembles structurés d'actions intellectuelles, d'attitudes, de valeurs et de principes qui sont au coeur de la définition des compétences. Nous y examinons divers systèmes apportant des points de vue différents mais convergents sur les habiletés : problèmes génériques en génie logiciel, métaconnaissances actives en intelligence artificielle, taxonomies des objectifs d'apprentissage en éducation. Nous terminons ce chapitre par une synthèse de ces différents systèmes d'analyse.

Le chapitre 7 définit une taxonomie des habiletés. En tant que processus génériques, les habiletés cognitives, affectives, sociales ou psychomotrices peuvent être vues soit comme des méthodes de solution pour des types de problèmes, soit comme des connaissances actives agissant sur d'autres connaissances, ou encore comme un objectif d'apprentissage ou comme une base de stratégie pédagogique. Leur importance nous incite à définir précisément toutes les classes d'habiletés et à les représenter par des modèles graphiques, les différents modèles constituant une bibliothèque opérationnelle utilisable pour les travaux relatifs à la modélisation des compétences.

Dans le chapitre 8, nous reprenons la taxonomie des habiletés construite au chapitre précédent. Nous l'utilisons comme base d'une méthode permettant d'analyser ou de construire un profil de compétences au moyen d'énoncés standardisés qui servent d'appui aux principaux travaux d'ingénierie pédagogique, par exemple la modélisation des connaissances, l'évaluation des compétences, la scénarisation pédagogique ou la sélection des ressources nécessaires aux différents acteurs dans un système de téléapprentissage.

Le chapitre 9 présente des applications plus poussées de la modélisation des connaissances et des compétences. Nous y développons le modèle d'une méthode d'ingénierie pédagogique en décrivant ses processus, ses produits et ses principes de fonctionnement. Nous élaborons des modèles de trois fonctions importantes d'un campus virtuel, soit l'autogestion des activités par les apprenants, la gestion des compétences et la gestion des ressources d'apprentissage. Nous construisons aussi un

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

modèle d'école informatisée-en faisant appel aux divers processus, aux acteurs de l'école qui y participent, aux ressources qu'ils utilisent ou produisent, de façon à éclairer les choix technologiques de soutien aux principales activités de l'école.

Enfin, nous concluons cet ouvrage au chapitre 10 par une discussion sur le Web sémantique. Dans le Web de demain, pour traiter une masse de données sans cesse croissante, on devra avoir recours à la représentation des connaissances pour attribuer un sens aux informations. Cette représentation du sens, manipulable par des programmes informatiques, nous aidera à sélectionner, à trier et à traduire les informations qui nous sont utiles. La notion d'ontologie, instrument du Web sémantique, y est vue comme un type de modèles particulier, une théorie d'un domaine de connaissances, et l'ingénierie ontologique, comme une forme d'ingénierie des connaissances utile pour construire le Web sémantique.

Un ouvrage comme celui-ci peut être utilisé de différentes façons. Pour une familiarisation avec la représentation des connaissances, nous suggérons de lire les chapitres 1 à 4 ainsi que les chapitres 9 et 10. Pour un survol rapide des notions d'habileté et de compétence, nous proposons les chapitres 2, 5, 7 et 8. Jumelé à l'ouvrage compagnon *L'ingénieriepédagogique - Pour construire l'apprentissage en réseau* (chez le même éditeur), l'ensemble de l'ouvrage permettra d'approfondir plusieurs aspects importants de la conception des systèmes d'apprentissage fondée sur la modélisation des connaissances et des compétences.

POURQUOI CET OUVRAGE?

L'ingénierie cognitive, la modélisation des connaissances et des compétences, constitue une entreprise essentielle sur laquelle reposeront de plus en plus la plupart des décisions relatives aux systèmes de formation ou de soutien au travail dans toutes leurs dimensions. Des activités de modélisation peuvent se réaliser à divers niveaux et dans divers milieux dans l'ensemble d'une organisation ou de plusieurs organisations similaires, par grandes divisions de l'organisation ou par programmes de formation, ou encore au niveau d'un ensemble de cours, de chaque cours ou de chaque activité de formation.

L'ingénierie cognitive est un instrument essentiel pour aider une société ou une organisation à conserver et à faire évoluer son expertise, à maîtriser la masse de ses informations, à transmettre des connaissances et des compétences à ses membres, à produire plus efficacement des

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

biens et des services. Le savoir et les connaissances conditionnent directement la compétitivité des entreprises et, plus généralement, le succès des organisations.

Il n'est pas étonnant que les théoriciens qui proposent aux entreprises d'entreprendre la gestion de leurs connaissances commencent à être entendus. Par exemple Drucker[3], soulignant que l'avenir appartient aux entreprises qui sauront exploiter leurs connaissances de manière stratégique, affirmait dès 1992 que « le savoir est désormais le facteur de production décisif ». Ce type d'appel a reçu plutôt rapidement un accueil favorable. Une étude sur la gestion des connaissances, réalisée auprès de 500 organisations par le groupe Delphi de Boston[4], estimait que la proportion d'entreprises ayant entrepris un effort de gestion des connaissances dans leur organisation était passée de 28 % en 1997 à 51 % en 1998, c'est-à-dire en seulement un an !

Mais il faut se méfier de ces statistiques car, dans la pratique, on trouve encore peu d'applications qui vont au-delà de la gestion informatisée des documents ou des données organisationnelles, souvent qualifiées à tort de « gestion des connaissances ». Encore peu d'activités mettent en oeuvre l'acquisition des connaissances des personnes expertes qui les possèdent, la formalisation de ces connaissances en savoirs collectifs[5] et la réutilisation de ces sources de savoir par l'ensemble du personnel à l'aide de systèmes d'information, de formation et de soutien à la performance d'une organisation.

Dans l'approche traditionnelle de gestion des données et des documents, on répond aux besoins d'acquisition de connaissances et de compétences en cherchant les documents ou les données utiles à cet égard, en organisant un système technologique d'accès à l'information et en effectuant une réingénierie des processus qui s'appuie sur les documents, en parallèle avec les activités de formation. Contrairement aux informations qui peuvent être rendues accessibles dans des bases de données ou des pages Web, les connaissances de plus haut niveau nécessitent un processus d'acquisition et une mise à niveau qui pas sent par la formation

3. Voir P.F. Drucker, *Managing for the Future: The* 1990s *and beyond*, New York, Truman Talley-Books/Dutton, 1992.

4. Knowledge Management Special Report, mai 1998, Delphi Group, Boston.

5. Les termes « savoir » et « connaissance » sont souvent utilisés comme synonymes. En anglais, les deux termes sont d'ailleurs tous deux traduits par *knowledge*. *Nous* ferons cependant une distinction entre ces deux termes comme entre les notions d'information et de connaissance. Comme les informations, mais contrairement aux connaissances, nous définissons le savoir ou les savoirs comme étant extérieurs aux individus. Cependant, à l'opposé des informations, le savoir ou les savoirs spécialisés se composent d'ensembles complexes d'informations triées, mises en forme, structurées et interprétées, de façon qu'on en obtienne une représentation cohérente et transmissible d'un domaine.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

continue des personnes. Dans la gestion des connaissances, on commence plutôt par identifier et structurer les objets de connaissance qui répondent aux besoins, puis on construit des processus de création, de traitement et de formation entourant ces objets de connaissance et l'on organise en conséquence l'infrastructure technologique et administrative de soutien.

Cet ouvrage s'adresse à la fois aux personnes qui désirent utiliser pleinement les technologies du savoir pour leur formation personnelle, aux concepteurs, aux formateurs et aux gestionnaires dont la tâche consiste à leur faciliter l'acquisition des connaissances et des compétences et, enfin, aux chercheurs qui voudront pousser plus loin la recherche sur la modélisation des connaissances et des compétences.

Il est publié à un moment où l'on dispose de nouvelles technologies d'apprentissage et de soutien au travail extrêmement puissantes, mais où, par ailleurs, on demande aux éducateurs et aux administrateurs de produire et de mettre en œuvre des formations toujours plus rapidement. Ces formations doivent, de plus, être constamment mises à jour en raison de la croissance exponentielle des informations et des connaissances à acquérir. L'explosion, également très rapide, des besoins de formation fait aussi en sorte qu'un grand nombre de professionnels sont appelés à participer à ces processus, sans nécessairement disposer des outils méthodologiques ou techniques nécessaires et sans posséder toujours la formation préalable qui leur permettrait de relever les défis que posent la conception et la gestion des connaissances et des compétences.

En rédigeant cet ouvrage, nous avons voulu combler l'écart qui existe pour ces professionnels entre, d'une part, les méthodes traditionnelles utilisées pour décrire le contenu ou les objectifs d'un système d'information ou de formation et, d'autre part, les possibilités nouvelles qu'apporte la modélisation des connaissances et des compétences. Sans des efforts de ce type, croyons-nous, on retrouvera longtemps, derrière des expressions nouvelles comme « gestion des connaissances », « approche par compétences » ou «Web sémantique », les mêmes réalités qu'avant, lesquelles risquent de devenir anachroniques au regard des besoins de la société et de l'économie du savoir.

VERS L'AVENIR

Le développement des compétences, c'est-à-dire des habiletés génériques que peuvent exercer des personnes sur les connaissances, constitue le principal défi de notre siècle. Les compétences que possède une personne

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

pour acquérir, traiter et communiquer les connaissances constituent la principale richesse des individus comme celle des sociétés et des organisations.

Nous sommes convaincu que le téléapprentissage, l'apprentissage en réseau et son ingénierie sont l'avenir de la formation. Nous croyons aussi que la modélisation des connaissances est l'avenir de l'ingénierie des systèmes éducatifs.

Nous souhaitons surtout que cet ouvrage puisse contribuer à une meilleure utilisation des extraordinaires moyens qui sont maintenant à la disposition des personnes pour représenter, construire et acquérir les connaissances et les compétences, et aussi pour apprendre et aider à apprendre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

REPRÉSENTER LES CONNAISSANCES

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

L'invention de l'écriture, il y a plus de 6000 ans en Mésopotamie, est un phénomène récent dans l'histoire de l'humanité. Au cours des quelques millions d'années qui ont précédé cet événement, les connaissances se transmettaient de génération en génération au moyen de la tradition orale.

L'écriture a constitué un énorme facteur d'accélération de la civilisation et du transfert des connaissances en permettant à l'homme d'extérioriser sa pensée d'abord sur la pierre, le parchemin et le papier, et maintenant par la numérisation et l'enregistrement sur des disques optiques ou des serveurs informatiques.

Ces divers médias de soutien constituent en quelque sorte une mémoire externe qui étend la capacité de stockage de notre cerveau. Cette mémoire externe, nous pouvons la consulter et la reconsulter à loisir, lui donner une certaine permanence, en transformer le contenu de multiples façons, transmettre ce contenu à d'autres et nous en servir comme base de la communication de masse, qu'elle soit orale - en direct ou télévisuelle -, ou encore médiatisée sur support imprimé, analogique ou numérique.

Le but de ce chapitre est donc d'approfondir ce qu'est la représentation des connaissances à l'aide de systèmes organisés de symboles, de définir ces systèmes et d'en décrire les usages pour comprendre, communiquer et résoudre.

I. I. LANGAGES ET REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES

Pour échanger, transmettre ou traiter des connaissances, il est nécessaire de pouvoir les représenter sur un support extérieur à notre cerveau, sous une forme transmissible ou traitable. Avant de définir plus précisément ce que sont un langage et un système de représentation, examinons d'abord un exemple.

MODÈLE MENTAL ET REPRÉSENTATIONS

Dans le manuel d'accompagnement d'un récepteur de télévision, ontrouve les conseils suivants' : *S'il n'y a pas d'image mais que vous entendiez le son, vérifiez le réglage d'intensité de l'écran; si l'image apparaît sans qu'il y ait de son, vérifiez le contrôle du volume ou celui de l'assourdisseur (« mute »). S'il n'y a ni image ni son, vérifiez la prise de secteur ou l'interrupteur principal.*

1. Cet exemple et les commentaires qui s'y rattachent utilisent des extraits de Paquette et Bergeron (1989).

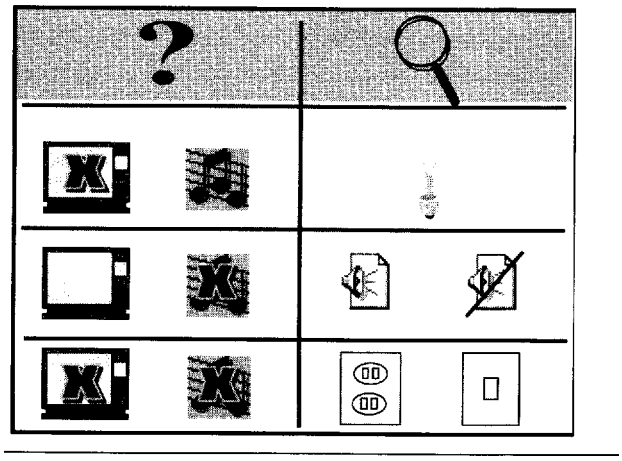
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ce texte transmet un certain nombre de *connaissances* utiles à la solution de problèmes mineurs, dans la mesure où le lecteur comprend le sens du texte. La figure 1.1 fournit une représentation différente de ces mêmes connaissances. Cette seconde représentation qui ne contient aucun mot de la langue française repose exclusivement sur l'interprétation que l'on peut donner à des dessins.

À l'aide de cet exemple, nous pouvons distinguer deux niveaux du processus de représentation : les *connaissances* et les différentes *représentations* de ces connaissances. Un ensemble de connaissances admettra en général plusieurs types de représentations qui pourront servir à des fins différentes, comme le texte d'accompagnement ou les pictogrammes de la figure 1.1.

Figure 1.1
Une représentation picturale des connaissances



La représentation sous forme de phrases ou de pictogrammes est utile pour transmettre des connaissances d'un être humain à un autre, mais pour traiter ces connaissances de manière intelligente nous faisons parfois appel à d'autres représentations. La lecture du texte ou l'observation des pictogrammes de la figure 1.1 ne sont pas suffisantes pour pouvoir appliquer les connaissances décrites : il est essentiel de les *comprendre*. La compréhension d'un texte ou d'un pictogramme par un être humain passe par une représentation mentale de la situation, c'est-à-dire par un ensemble d'idées que l'on se forme sur la situation.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Plusieurs hypothèses sont avancées sur la forme de cette représentation mentale, mais il est facile d'en vérifier l'existence par un simple exercice : sans consulter ni le texte ni la figure 1.1, essayez de transmettre à quelqu'un les connaissances en cause. En général, vous n'utiliserez ni les mêmes mots, ni les mêmes dessins, mais l'information sera quand même préservée.

Cette représentation mentale permet de répondre à des questions comme : *Mon appareil n'a ni son ni image. La prise de secteur fonctionne pourtant bien. Où est le problème ?* En utilisant certaines règles élémentaires de déduction, nous pouvons traiter cette question et y répondre adéquatement.

LA REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES

Cette question de la représentation mentale des connaissances a fait couler beaucoup d'encre dans les sciences cognitives. Les connaissances en neurologie, en psychologie cognitive, en linguistique et en intelligence artificielle convergent toutes vers le caractère associatif des représentations mentales. Des représentations sous la forme de réseaux d'associations entre les idées ont été proposées par de nombreux chercheurs.

Deux théories des représentations mentales, les hypothèses symboliques et connexionnistes, sont souvent présentées comme opposées par les partisans de l'une ou l'autre option. La discussion de ces théories, d'ailleurs réconciliables[2], nous éloignerait de notre propos, puisque nous nous intéressons ici aux représentations externes des connaissances, lorsqu'elles deviennent des informations manipulables et communicables à d'autres personnes.

Représenter symboliquement un certain nombre de connaissances, c'est définir un ensemble *d'expressions* et faire correspondre à chaque connaissance une ou plusieurs expressions, ainsi qu'à chaque expression une ou plusieurs connaissances. Dans l'exemple précédent, les expressions étaient des phrases de la langue française ou des dessins. La connaissance qu'un récepteur de télévision ne produit pas de son (un énoncé factuel) peut être exprimée par plusieurs phrases différentes en langue naturelle.

Les expressions de la langue française ou anglaise sont malheureusement souvent inadéquates pour décrire certains types de connaissances et, dans plusieurs domaines, on recourt à d'autres formes de symbolisme. Par exemple, la description d'une pièce musicale en langue française prendrait rapidement l'allure d'un roman-fleuve : *Jouer la note do du troisième octave pendant un demi-temps, puis la note ré dièse...*

2. Voir à ce sujet Anderson (1990).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

À peu près chaque domaine de l'activité humaine utilise un système de représentation stylisée : les arbres généalogiques pour illustrer les liens de parenté entre divers individus, les définitions des mots dans un dictionnaire, les plans d'architecte, les diagrammes représentant un circuit électrique, les cartes géographiques, etc.

GRAMMAIRE ET SÉMANTIQUE

Pour établir un système de représentation intéressant pour l'apprentissage et l'ingénierie pédagogique, nous aurons besoin de spécifier des conventions et des règles décrivant un langage symbolique.

L'élaboration d'un système de représentation comporte notamment les étapes suivantes :

1. La définition d'un *lexique*, soit l'ensemble des symboles de base qui seront utilisés dans la représentation.

   Dans le cas de la langue française, il s'agit des lettres de l'alphabet, des signes de ponctuation et des mots acceptés par un dictionnaire officiel. Dans le langage musical, il s'agit de la portée et des symboles représentant les clefs, les notes, les silences, etc.

2. La définition d'une *grammaire* décrivant l'ensemble des expressions acceptables, obtenue en combinant les symboles de base du lexique.

   Dans le cas de la langue française, il s'agit de l'ensemble des phrases acceptées par une grammaire officielle. Si nous voulons plutôt décrire la structure moléculaire de certains composés chimiques, l'ensemble des expressions acceptables consisterait en une suite de symboles chimiques avec des indices numériques comme H_2O ou NaCI. Dans le cas du langage musical, des règles stipulent que chaque portée doit comporter une clef, une subdivision des temps, un respect de la subdivision en fonction de la valeur des notes et des silences, etc.

3. La définition d'une *sémantique*, soit une méthode pour donner un sens aux expressions de la grammaire, ce qui revient à associer celles-ci à une représentation mentale intelligible, et, inversement, une méthode pour associer une ou plusieurs expressions de la grammaire à des connaissances faisant partie du modèle mental de la personne qui s'exprime à l'aide du langage.

   Nous devons disposer de méthodes pour traduire une connaissance que nous possédons à l'aide des expressions du langage formel. C'est ce qu'on appelle *représenter ou modéliser*. La difficulté de la représentation dépend souvent de la complexité des expressions et de leur capacité ou de leur incapacité à exprimer des nuances. La

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

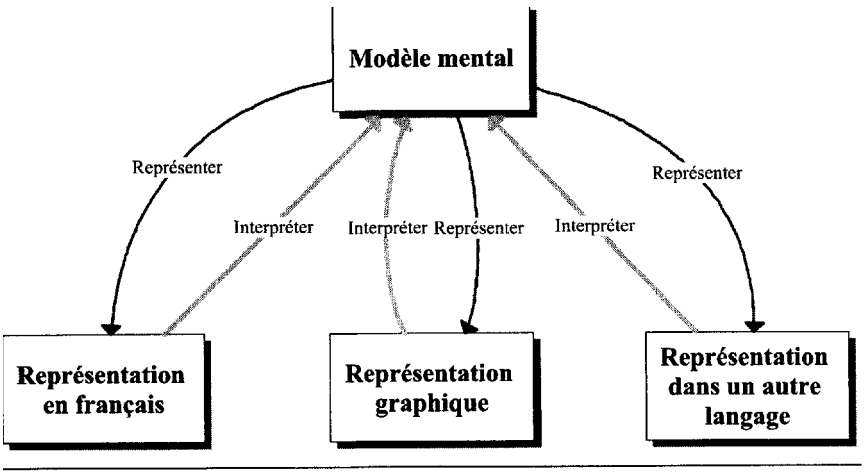
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

traduction implique également une série de choix : Quel est le niveau de précision souhaitable? Quels sont les facteurs importants? Il est intéressant de noter que, s'il n'y avait qu'une seule façon d'observer et de décrire une situation en langue française, la littérature n'existerait sans doute pas.

L'opération inverse est l'interprétation, soit la capacité à se représenter mentalement les faits ou les connaissances suggérés par une expression du langage. Là aussi, l'interprétation est rarement univoque, plusieurs sens pouvant être donnés à une expression du langage. Cependant, certains langages nécessitent une interprétation unique. Par exemple, une expression d'un langage de programmation ne peut avoir plusieurs sens si l'on veut que le programme fonctionne[3]. Ce n'est pas nécessairement le cas en pédagogie où, justement, la diversité des interprétations peut donner naissance à des débats bénéfiques pour l'apprentissage.

En ce qui concerne les opérations inverses de représentation et d'interprétation, on recherche généralement dans un langage formel les propriétés suivantes qui favorisent son utilisation :

Figure 1.2
Des opérations inverses : représenter et interpréter



3. À moins que l'on ne dispose d'un programme plus « intelligent », capable de choisir parmi les interprétations possibles. En éducation, les débats engendrés par la diversité des interprétations peuvent avoir justement cet objectif: générer chez les participants l'équivalent de ces programmes plus intelligents par la discussion et le choix entre des points de vue opposés.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Toutes les connaissances qui nous intéressent dans un domaine donné doivent pouvoir s'exprimer par le langage, à l'aide des expressions du système de représentation. Autrement dit, le système doit être *complet* relativement au domaine visé; l'absence de complétude peut nous forcer souvent à adopter des systèmes de représentation de plus en plus complexes ou encore à utiliser plus d'un système. A cet égard, la complétude d'une langue naturelle est beaucoup plus exigeante que la notation algébrique élémentaire qui ne cherche qu'à exprimer les équations ou les inéquations polynomiales.
- Les expressions du langage doivent pouvoir être *facilement générées et être compréhensibles ;* en d'autres termes, il doit être facile d'associer une expression à une connaissance ou, inversement, un fait ou une connaissance à une expression. Dans certains cas, les expressions du langage devraient être facilement traitables par ordinateur, condition qui implique généralement une définition très rigoureuse des expressions acceptables et de leur interprétation.
- Les expressions du langage devraient faire ressortir explicitement les aspects importants des connaissances, tout en masquant les aspects superflus ou les détails. Par exemple, dans une portée musicale, la forme de l'instrument de musique utilisée ou même le type d'instruments ne sont pas essentiels à la représentation, mais la mélodie et le tempo sont des éléments clés.

UN LANGAGE FORMEL: LES PROPOSITIONS

Nous allons maintenant illustrer ce qui précède en élaborant un langage formel qui porte le nom de *logique propositionnelle.* Grâce à ce système, on peut représenter certains aspects de situations qui impliquent des raisonnements élémentaires, mais aussi adresser des requêtes à une base de données.

Le tableau 1.1 reprend les phrases concernant les difficultés de réception de la télévision présentées à la figure 1.1. Il est facile de voir que es nouvelles expressions de la deuxième colonne traduisent l'essentiel de a situation du problème posé. Les « détails » comme les articles, les adjectifs ou les verbes (entendre, apparaître, vérifier) sont disparus. La structure française du texte a été tellement simplifiée que les nouvelles expressions ne sont plus acceptables au sens de la grammaire française; celles-ci véhiculent néanmoins l'essentiel de l'information qui nous

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 1.1
Deux représentations d'énoncés simples

Langue naturelle	Langue schématique
S'il n'y a pas d'image mais que vous entendiez le son, vérifiez le réglage d'intensité de l'écran.	Si non IMAGE et SON alors RÉGLAGE INTENSITÉ
Si l'image apparaît sans qu'il y ait de son, vérifiez le contrôle du volume ou celui de l'assourdisseur.	Si IMAGE et non SON alors VOLUME ou ASSOURDISSEUR
S'il n'y a ni image ni son, vérifiez la prise de secteur ou l'interrupteur principal.	Si non IMAGE et non SON alors PRISE SECTEUR ou INTERRUPTEUR
Mon appareil n'a ni son, ni image. La prise de secteur fonctionne pourtant bien. Où est le problème ?	non SON et non IMAGE et non PRISE-SECTEUR

intéresse. Le caractère dépouillé et très structuré de cette information facilite certaines formes de raisonnement élémentaires basées sur les règles suivantes

- Si nous savons que deux expressions, telles que « A » et « si A alors B », sont vraies, peu importe la signification accordée aux symboles A et B, on peut déduire que B est vrai.

  Le fil de cette déduction est peut-être plus clair si l'on remplace A par « IL NEIGE » et B par « IL FAIT FROID ». De « IL NEIGE » et de « si IL_ NEIGE alors IL-FAIT-FROID », la conclusion « IL-FAIT-FROID » se déduit immédiatement.

  Notons que l'idée de lier les mots par des traits de soulignement ou de les représenter par un symbole comme « B » tient au fait que nous ne nous intéressons pas au sens des mots individuels inscrits par exemple dans « il fait froid ». Cette dernière affirmation doit être considérée globalement et peut être vraie ou fausse suivant les circonstances.

- D'une façon analogue, si nous savons que deux expressions telles que « Non A » et « A ou B » sont vraies, peu importe la signification accordée aux symboles A et B, on peut déduire que B est vrai. Si l'on interprète A par « Il fait beau » et B par « Le temps est nuageux » et qu'il ne fait pas beau (non A), on peut en déduire que le temps est nuageux (B).

Le *lexique* de la logique propositionnelle se compose de deux types de symboles :

- *Les propositions élémentaires* sont des suites d'une ou plusieurs lettres majuscules, telles que S, I, MI, MV, MA, MS, MI ou IL NEIGE.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Les *connecteurs logiques non, et, ou* et si... *alors*. Le rôle de ces quatre connecteurs est de lier les propositions entre elles de façon à former des propositions plus complexes

La *grammaire* de la logique propositionnelle est constituée de quelques règles permettant de combiner les termes du lexique et de définir les expressions correctes du langage.

- Le connecteur *non* peut être placé devant toute proposition simple ou composée entourée de parenthèses (comme le signe - devant un nombre).
- Les connecteurs *et, ou* et si... *alors* peuvent être placés entre deux propositions simples ou entre deux propositions composées entourées de parenthèses.

La *sémantique* de la logique propositionnelle consiste à interpréter chaque proposition élémentaire comme *vraie ou fausse* dans un contexte donné. On exclut donc ici, notamment, les raisonnements basés sur des niveaux de certitude ou sur plus de deux valeurs de vérité ou, encore, sur des variables représentant des classes d'objets. Cette restriction est propre à la logique propositionnelle. Par ailleurs, les connecteurs ont un sens très précis qui est proche, mais non identique, au sens des mots correspondants de la langue française. Le connecteur si... *alors* exprime l'idée de conséquence. On appelle *antécédent ou prémisse* la première proposition qui y figure et *conséquent ou conclusion* la seconde. Une proposition contenant le connecteur *ou* est vérifiée si au moins une des deux propositions l'est. Une proposition contenant le connecteur *et* sera vérifiée si chacune des deux propositions liées l'est. Une proposition de la forme *non* sera vérifiée si la proposition qui suit le « non » ne l'est pas.

Ce langage formel permet de clarifier certains raisonnements. Reprenons l'exemple du téléviseur (tableau 1.1) en représentant chaque proposition simple par sa première lettre. Nous obtenons les propositions composées suivantes

1) Si (non I et S) alors R

2) Si (I et non S) alors (V ou A)

3) Si (non *I et non S) alors (P ou I)*

4) Non I et non S

5) Non P

et appliquons les règles d'inférence énoncées plus haut :
R1: De *(A)* et de (Si A alors B), on peut déduire B.
R2: De (non A) et de (A ou B), on peut déduire B.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

L'application de la règle R1 aux propositions 3) et 4) nous permet de déduire

6) P ou I (la prise de secteur ou l'interrupteur sont défectueux).

Puis l'application de la règle R2 à cette dernière proposition et à la proposition 5) nous permet de déduire, entre ces deux hypothèses, que c'est l'interrupteur qui est défectueux.

Malgré sa simplicité, le langage propositionnel permet de démêler des situations beaucoup plus complexes, sa force venant de sa concentration sur des structures simples de propositions et de la précision de ses règles de grammaire et d'interprétation. Cette approche est à la base des systèmes experts, les propositions telles que 1), 2) et 3) constituant la base des connaissances (des règles de type si... *alors)* et les faits énoncés en 4) constituant la base des faits. Dans un système expert, les règles de déduction telles que Rl et R2 constituent ce que l'on appelle le « moteur d'inférence ». Avec un même moteur d'inférence, on peut en principe traiter des bases de connaissances dans des domaines très différents, pour autant qu'on puisse les représenter adéquatement dans un langage formel semblable à celui défini ici.

1.2. EXEMPLES DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

On dit souvent qu'une image vaut mille mots. Cela est vrai des schémas, des diagrammes, des graphes utilisés dans divers domaines du savoir. Nous présentons dans cette section quelques-uns de ces langages graphiques qui tous comportent un intérêt pour l'apprentissage et l'ingénierie pédagogique. Notre but est de jeter les bases du système de représentation graphique qui fera l'objet du prochain chapitre.

ARBRES SÉMANTIQUES ET CARTES CONCEPTUELLES

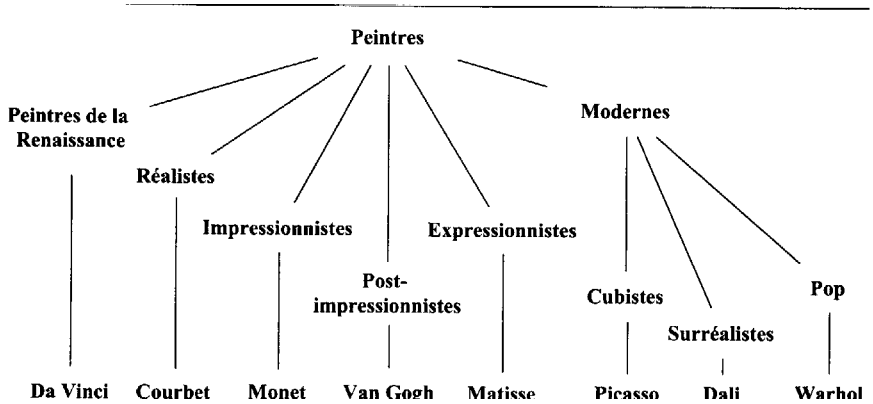
Les *arbres sémantiques* sont largement utilisés en éducation pour catégoriser des concepts et en fournir des illustrations. Le format graphique met en évidence les liens hiérarchiques entre les concepts. En voici un exemple.

Le graphe de la figure 1.3 fait ressortir la hiérarchie des composantes, de la catégorie la plus générale, « Peintres », jusqu'aux individus représentatifs de certains groupes ou écoles de peinture. Remarquons que ce type de graphes, en tant que langage, laisse plusieurs interprétations possibles, car il ne précise pas la nature du lien. Dans des domaines moins bien connus ou totalement inconnus du lecteur, la distinction entre les deux types de liens présents dans ce graphique passera probablement inaperçue. Les liens supérieurs indiquent une relation entre une classe et

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 1.3
Un arbre sémantique en histoire de l'art



ses sous-classes (ce que nous appellerons plus loin des liens de spécialisation), alors que les liens inférieurs sont des liens d'appartenance d'un individu à une classe (des liens d'instanciation de la classe).

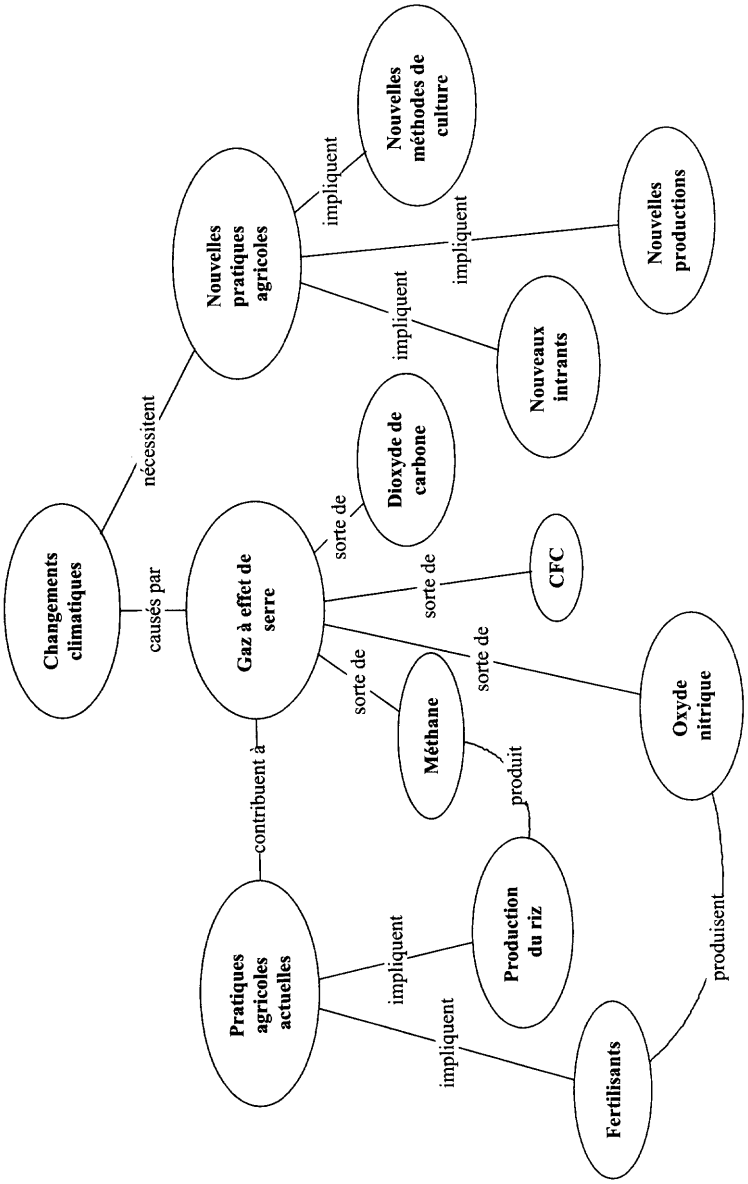
Les arbres sémantiques peuvent servir en ingénierie pédagogique à structurer un cours, un ouvrage ou un site Web. Ils peuvent également servir de base à une stratégie d'apprentissage par laquelle les apprenants discutent d'un domaine pour ensuite construire un arbre sémantique illustrant leur vision de la structure de ce domaine.

Plus générales que les arbres sémantiques, les *cartes conceptuelles* sont aussi largement utilisées en éducation pour représenter les relations entre concepts. L'utilisation des cartes conceptuelles repose sur la théorie de la mémoire associative en psychologie cognitive. Selon cette théorie, un nouveau concept ne prend du sens que par son association avec des concepts connus. En représentant explicitement des réseaux d'associations entre concepts, on espère faciliter l'assimilation des nouvelles connaissances, que ce soit dans un contexte de présentation ou d'explication par un formateur, ou dans un contexte de construction et d'organisation de ses connaissances par un apprenant.

Les cartes conceptuelles prennent aussi la forme d'un graphe, mais qui n'est pas nécessairement de nature hiérarchique. Dans une carte conceptuelle, les noeuds du graphe représentent les concepts et les liens, la relation entre deux concepts. Cette fois, la nature de chaque lien est précisée par un mot inscrit sur la ligne qui représente graphiquement le lien.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 1.4
Une carte conceptuelle sur les changements climatiques



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La figure 1.4 montre une carte conceptuelle qui décrit les relations de causalité et d'influence entre différents facteurs ayant un effet sur les changements climatiques. Ces liens révèlent une bonne partie de la structure du domaine et constituent une première synthèse ou un point de départ pour une analyse plus poussée faisant intervenir d'autres facteurs ou d'autres liens.

Remarquons que ces cartes conceptuelles utilisent également des liens non orientés, ce qui peut en compliquer parfois l'interprétation. Ainsi, il faut faire appel à d'autres connaissances de contexte qui n'apparaissent pas sur le graphe pour savoir que ce sont les fertilisants qui produisent des oxydes nitriques et non l'inverse, ou encore pour établir un mode de lecture de haut en bas et de gauche à droite. Également, le choix des termes attribués aux liens étant laissé à l'usager, leur caractère imprécis peut rendre difficiles la communication et le transfert de connaissances. Ainsi, que veut-on dire exactement par « implique » et comment un facteur contribue-t-il à un autre?

RÉSEAUX SÉMANTIQUES ET GRAPHES ENTITÉS-RELATIONS

Les travaux en intelligence artificielle ont également conduit à un grand nombre de représentations graphiques analogues aux cartes conceptuelles et aux graphes entités-relations, regroupées sous les termes de « **réseau sémantique** ».

Lorsque l'on représente un ensemble de connaissances sous la forme de propositions ou de prédicats, on obtient une liste d'énoncés qui peut être très longue, comme dans le fragment suivant :

…
- Claude est âgé de 67 ans. Marie est âgée de 63 ans. Monique est âgée de 42 ans. Diane est âgée de 37 ans. Pierre est âgé de 35 ans. Julie est âgée de 12 ans.
- Claude est le père de Pierre. Pierre est le père de Julie. Marie est la mère de Pierre. Diane est la mère de Julie.
- Claude est de sexe masculin. Pierre est de sexe masculin. Marie est de sexe féminin. Julie est de sexe féminin. Monique est de sexe féminin.
- Monique est le patron de Pierre. Claude est le patron de Diane.

…

Ce fragment de base de connaissances fournit certaines informations sur un groupe de personnes. Ces informations sont des énoncés ordonnés selon le type de relations en cause : âge, père, mère, sexe, patron de, etc. Cette disposition permet d'accéder rapidement à toutes les relations concernant les âges du groupe d'individus ou leur occupation.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Cependant, lorsque l'information est abondante et complexe, il y a beaucoup d'avantages à présenter les données sous la forme d'un réseau sémantique comme celui de la figure 1.4.

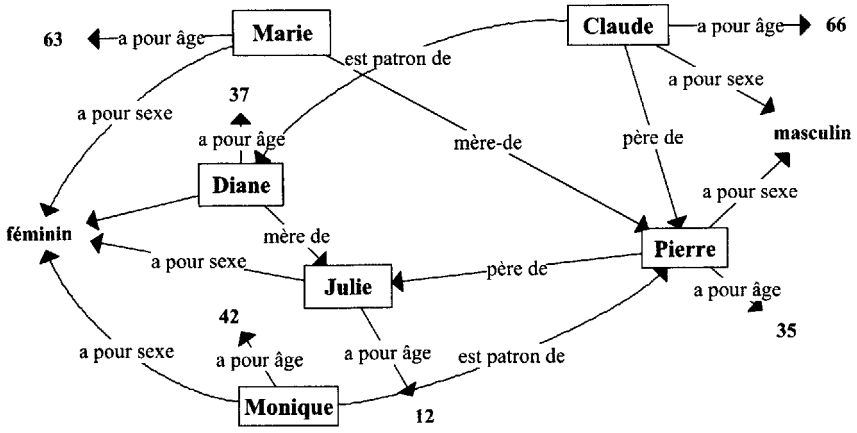
Supposons, par exemple, que nous nous intéressions à l'individu Pierre en particulier. Les informations concernant Pierre sont disséminées un peu partout sur la liste d'énoncés et il est difficile de voir rapidement à qui et à quoi est associé Pierre, et de quelle façon. Le texte suivant, par exemple, regroupe des informations concernant Pierre

> *Pierre est un homme de 35 ans, il est le fils de Marie et de Claude et aune fille, Julie. Il travaille sous les ordres de Monique. La mère de Julie est Diane, qui travaille sous les ordres de Claude (donc son beau-père).*

Ce texte est une « lecture » de l'ensemble des informations de l'encadré précédent sous la forme d'un *réseau d'associations :* en partant de Pierre, on trouve d'abord les relations qui l'impliquent directement, puis on s'intéresse aux autres objets en cause dans ces relations, et ainsi de suite. Les objets que l'on atteint le plus rapidement sont considérés comme « proches » de l'objet original, alors que ceux que l'on atteint par associations successives sont « loin ». Julie est « proche » de Pierre, alors que Monique est plutôt « loin » de Julie.

Le réseau de la figure 1.5 rend cette réinterprétation possible en mettant en évidence les associations présentes dans les informations.

Figure 1.5
Un exemple de réseau sémantique



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

En informatique on utilise aussi des systèmes de représentation semblables pour décrire la structure des bases de données relationnelles construites avec des systèmes comme ACCESS, ORACLE ou SYBASE. On parle alors de *graphes entités-relations.* Contrairement à la plupart des usages des réseaux sémantiques, on impose des conventions plus strictes qui sont tout à fait nécessaires lorsqu'il s'agit d'implanter cette structure dans un ordinateur et de construire un programme capable de répondre à des demandes d'information de la part d'un usager. On indique notamment la cardinalité des liens, ce qui ajoute des précisions indispensables pour la programmation[4].

ALGORITHMES ET ORDINOGRAMMES

Jusqu'à maintenant, nous avons surtout examiné des représentations graphiques adaptées à la description des arbres et des réseaux de concepts. Nous décrivons maintenant une forme bien connue de graphe qui sert à représenter des connaissances procédurales. Un ensemble structuré de procédures est aussi appelé un algorithme. Une façon commode de représenter les algorithmes est fournie par les ordinogrammes. Ces derniers sont utilisés dans les cours d'initiation à la programmation, mais aussi dans d'autres domaines du savoir, notamment en éducation.

Voici deux exemples simples d'ordinogramme. Le premier est un algorithme programmable qui permet de calculer la somme des N premiers entiers positifs, quelle que soit la valeur du nombre N fourni à l'entrée. Le second est la présentation simplifiée d'une méthode en ingénierie pédagogique appelée LVR (« Learner Verification and Revision »), qui vise la validation des matériels pédagogiques par l'usager sur un certain nombre de cycles de vérification et de révision par les apprenants.

Ces deux exemples sont fort différents. Le premier peut être interprété mécaniquement d'une seule façon précise. Il est destiné à un ordinateur qui réalisera de telles boucles de calculs plusieurs fois à l'intérieur de programmes plus complexes. Le second est au contraire heuristique et imprécis. Il est destiné à une personne qui devra utiliser une bonne dose de jugement pour prendre les décisions qui s'imposent à chaque cycle.

Pourtant, les deux représentations ont en commun un certain nombre de caractéristiques différentes des exemples que nous avons présentés jusqu'ici. Elles se composent d'actions et de décisions qui orientent la suite des actions. Elles sont dynamiques plutôt que statiques. Elles se déroulent dans le temps et comportent un certain nombre de cycles ou

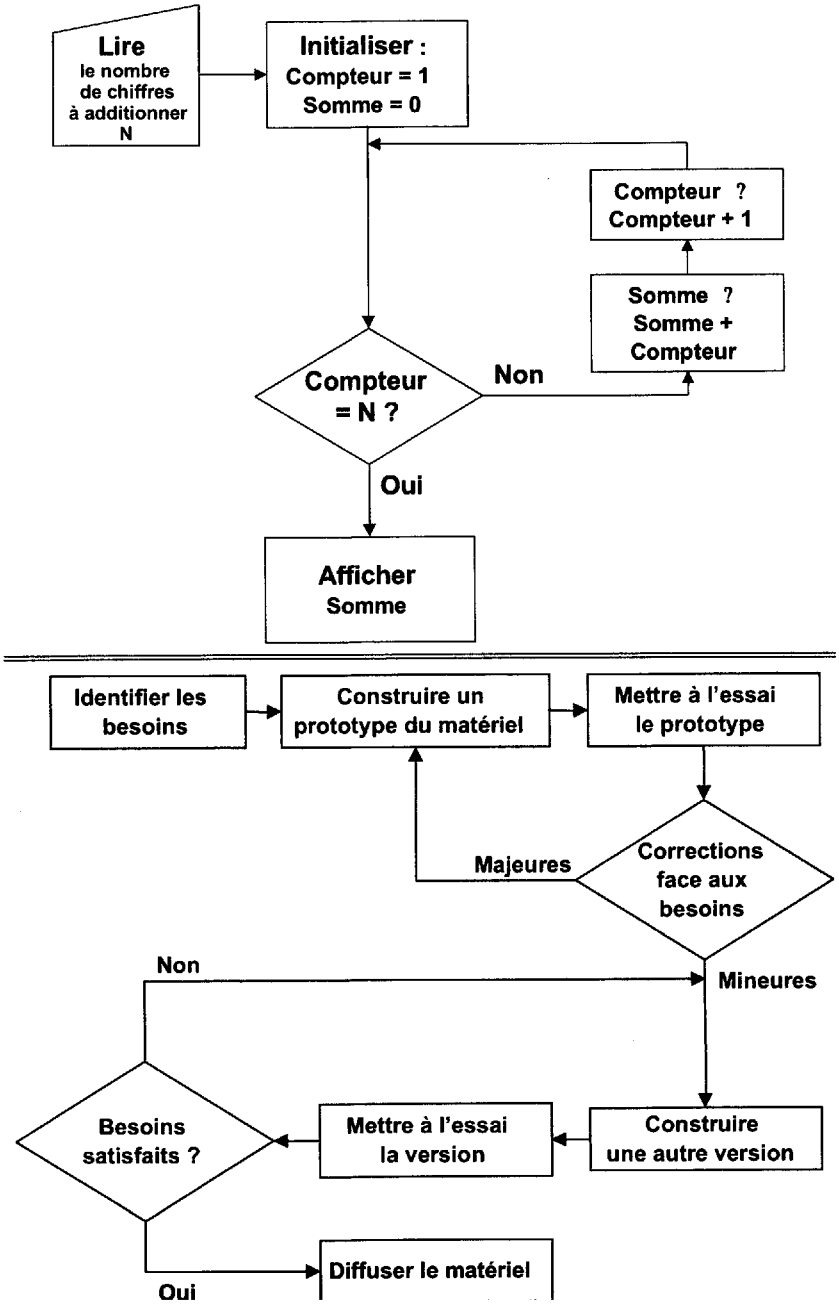
4. Les graphes « entités-relations » ont été proposés par Chen (1976).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 1.6

Deux exemples d'ordinogramme



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

de boucles qui se terminent lorsque certains énoncés sont satisfaits, par exemple quand la liste des nombres à additionner est épuisée ou encore quand les besoins sont satisfaits raisonnablement selon les résultats de la mise à l'essai.

De telles représentations procédurales sont nécessaires à l'apprentissage des processus et des méthodes. Elles nous serviront également à décrire les processus qui composent l'ingénierie pédagogique et qui peuvent guider un concepteur dans la production, fort complexe, des différentes composantes d'un système de téléapprentissage.

DIAGRAMME CAUSAL ET ARBRES DE DÉCISION

Le diagramme causal est une autre forme de représentation procédurale utilisée dans différents domaines, notamment dans les systèmes d'aide à la décision et les systèmes experts, pour établir des liens d'influence ou de cause à effet entre différents facteurs. Les décisions peuvent être de nature administrative, pédagogique ou autre. Elles peuvent être prises par un système informatique à base de connaissances ou par une personne qui doit considérer plusieurs facteurs. La figure 1.7a est un exemple d'un diagramme causal (partiel) concernant la recherche des causes de non-démarrage d'une automobiles.

Les liens sont lus de gauche à droite et sont interprétés comme suit. Le non-démarrage peut être causé par un problème de carburateur, de moteur ou d'électricité. Le problème de moteur peut être causé par une faible performance, une défaillance complète, un problème de voltage ou de bougies, un problème de lubrification ou de consommation de l'essence. Un problème de lubrification peut être lié à la température du moteur, au niveau d'huile ou à la pression d'huile.

Sur les liens, de façon facultative, on indique les valeurs que peut prendre chacun des attributs. Par exemple, la température peut être normale ou élevée, la lubrification peut être normale, causée par une température élevée, un bas niveau d'huile ou une pression d'huile basse. Dans d'autres cas, on pourrait indiquer sur les liens la probabilité que la cause provient de tel ou tel attribut.

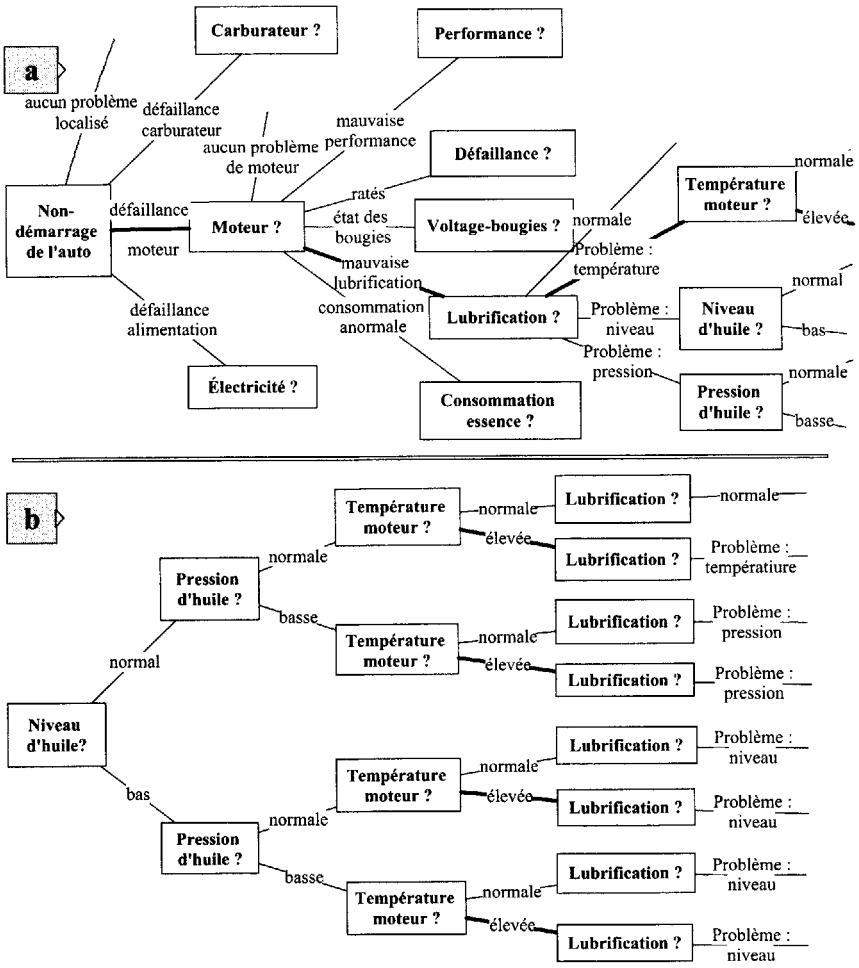
Dans un diagramme causal, chaque attribut et les attributs dont il dépend forment une contrainte (Paquette et Roy, 1990). Par exemple « Lubrification » et ses attributs dépendants « Niveau d'huile », « Pression d'huile » et « Température moteur » forment une contrainte.

5. Cet exemple est inspiré de Paquette et Roy (1990).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 1.7
Un diagramme causal et un arbre de décision pour déterminer des causes de défaillance



Pour bâtir un système expert, on peut construire un arbre de décision pour chacune des contraintes apparaissant dans le diagramme causal. La figure 1.7b montre un de ces arbres de décision, associé à la contrainte «Lubrification». Pour construire un tel arbre de décision, on commence avec un des attributs qui influencent la contrainte (ici le niveau d'huile) et l'on trace un arc pour chacune des valeurs possibles vers un deuxième attribut (ici la pression d'huile). On fait de même pour

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

ce deuxième attribut. Lorsque tous les attributs sont épuisés, on relie chaque branche de l'arbre à l'attribut de base de la contrainte (ici la lubrification) et l'on détermine la valeur de cet attribut dans chaque cas, ici le type de problèmes de lubrification.

En fait, un arbre de décision permet de construire directement un ensemble de règles qui constitueront la base de connaissances du système expert. Dans ce cas-ci, on obtient de l'arbre de décision les règles suivantes :

- Si Niveau d'huile = normal et Pression d'huile = normale et Température moteur = normale

  Alors Lubrification = normale

- Si Niveau d'huile = normal et Pression d'huile = normale et Température moteur = élevée

  Alors Lubrification = Problème de température

- Si Niveau d'huile = normal et Pression d'huile = basse
  Alors Lubrification = Problème de pression d'huile

- Si Niveau d'huile = bas

  Alors *Lubrification = Problème de niveau d'huile*

Le diagramme causal permet de subdiviser le problème de la prise de décision en un petit ensemble de décisions locales basé sur un seul attribut et sur les attributs qui l'influencent directement. Pour compléter la base de règles, il suffit d'associer à chacune des autres contraintes un arbre de décision, par exemple pour les causes possibles de défaillance du moteur ou du carburateur.

ARBRES DE DÉDUCTION

La déduction et la résolution de problèmes sont intimement liées. Toutes deux peuvent faire usage de représentations graphiques semblables aux arbres de décision. Souvent appelées arbres de déduction, ces représentations ont pour noeuds des énoncés reliés par des arcs sur lesquels on inscrit les règles qui autorisent la déduction.

Comme nous l'avons vu précédemment, les règles de déduction pour les propositions sont simples et génèrent rapidement des résultats. Pourtant, qui n'a pas été surpris de la conclusion d'un roman policier bien ficelé ? Dans l'analyse finale du détective, les faits s'enchaînent avec une rigoureuse logique pour désigner le coupable, alors que le lecteur patauge encore dans les rebondissements de l'intrigue et l'avalanche des évidences. La force du héros réside dans l'art de distinguer l'essentiel du superflu, de poser et d'éprouver des hypothèses, de raisonner par analogies ou d'accorder une grande importance à des détails apparemment sans signification.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Voici un exemple de faits recueillis par notre policier. Pouvez-vous trouver le coupable?

Si André est innocent, alors Bernard ne peut être coupable car les deux déclarent avoir été ailleurs ensemble le soir du meurtre. Pour les mêmes raisons, Guy est innocent si Françoise l'est aussi. Si Guy et Henri sont innocents, alors jean n'est pas coupable. D'autre part, si Bernard et Charles sont innocents, Françoise l'est aussi. Guy et Karin peuvent prouver l'innocence de Lien, s'ils sont innocents eux-mêmes. Si André est innocent, Zoltan l'est aussi. Il est certain qu'au moins l'un de William ou de jean est coupable. D'autre part, il est prouvé hors de tout doute que Henri, Charles et André ne peuvent avoir commis le crime.

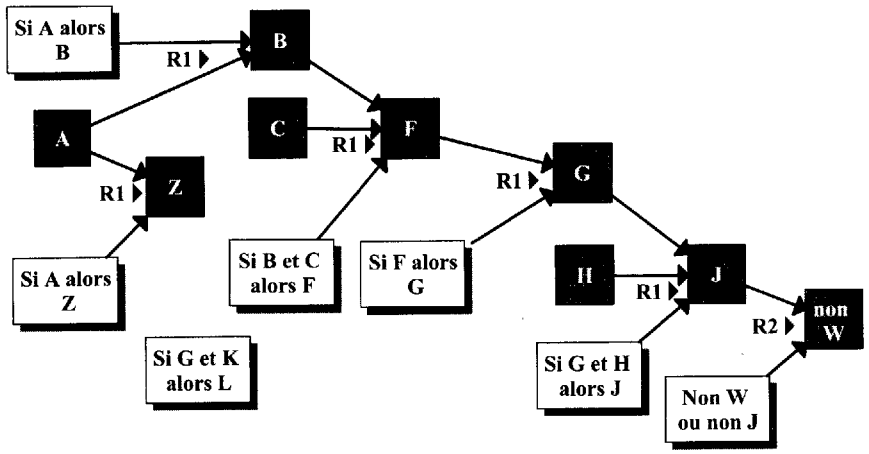
Représentons les énoncés « X est innocent» par l'initiale de chaque suspect X. Représentons ensuite chaque énoncé en logique propositionnelle. Cela nous donne les dix énoncés suivants :

Si A alors B ; Si F alors E ; Si G et H alors J ; Si B et C alors F ; Si G et K alors L ; Si A alors Z; W ou J; H; C; A

La figure 1.8 représente un arbre de déduction reliant ces énoncés au moyen de liens qui correspondent à une étape de déduction utilisant l'une ou l'autre des règles suivantes :

R1: De (X) et de (si X alors Y), on peut déduire (Y)
R2: De (non X) et de (X ou Y), on peut déduire (Y)

Figure 1.8
Un arbre de déduction



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

On interprète ce graphe comme suit : de « Si A est innocent alors B l'est aussi » et de « A est innocent », on déduit par la règle R1 que « B est innocent ». La dernière étape peut être interprétée comme suit : de « W est coupable (non innocent) ou J est coupable » et de « J n'est pas coupable », on déduit par la règle R2 que « W est coupable ».

MODÈLES ORIENTÉS OBJETS

Avec l'essor des langages de programmation objet, on a assisté au développement de langages graphiques de représentation dont la précision facilite la conception de systèmes informatiques complexes. Citons à titre d'exemple les méthodes « Modern structured analysis » (Yourdon, 1989), « Object Modelling Technique (OMT) » (Rumbaugh *et al.*, 1991), KADS (Scheiber *et al.*, 1993) et les graphes conceptuels (Sowa, 1984), pour n'en nommer que quelques-unes. Récemment, les auteurs de trois de ces techniques ont intégré leurs méthodes de représentation pour créer le langage UML (Unified Modeling Language) qui devient un standard en modélisation des systèmes orientés objets[6]. La figure 1.9 propose un exemple de ce type de modélisation[7].

Le graphe est interprété comme suit : un scénario pédagogique est une sorte de modèle MOT, donc il hérite des mêmes propriétés de base que les modèles MOT. En programmation objet, ces propriétés n'auront pas besoin d'être reprogrammées grâce au mécanisme d'héritage entre classes. Un scénario pédagogique se compose d'objets modélisés qui peuvent être des ressources, des activités, des liens et des règles. L'activité a pour origine une ressource qui peut être un instrument, un guide, un outil, un moyen de communication, un service ou une production. Elle a pour destination une ressource de type production.

De tels graphes sont utiles pour la conception de logiciels conçus autour du concept d'objets structurés en nous donnant une vue d'ensemble de la composition et des relations entre les objets à programmer. Cet exemple fait apparaître trois types de liens communs à la plupart des systèmes de représentation en modélisation objet.

L'héritage, représenté ici par les liens sorte-de, définit une relation «entre une classe et ses sous-classes qui nous invite à programmer les propriétés communes à tous les types de ressources dans l'objet ressource et

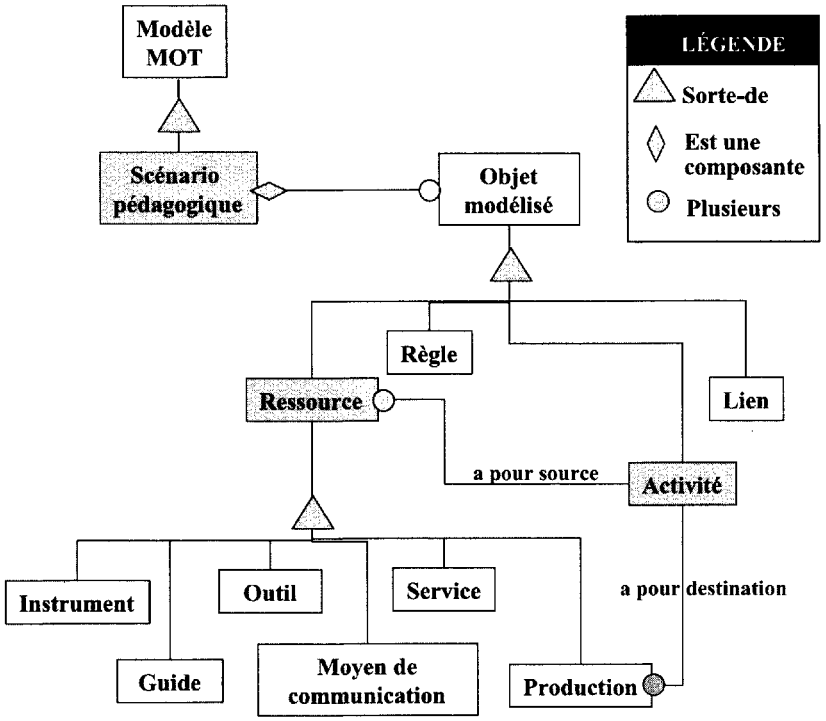
6. Voir Booch, Jacobson et Rumbaugh (1999).

7. Ces méthodes proposent de représenter un système informatique par plusieurs modèles. Le modèle illustré ici est un de ces modèles. Il montre une vision statique des classes d'objets. D'autres modèles sont nécessaires pour représenter l'aspect dynamique d'un système et,

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 1.9
Un exemple de modèle orienté objet



celles propres à chacun des types particuliers de ressources, dans les objets correspondants. L'agrégation, symbolisée par le lien «est une composante de », permet de décrire la composition des objets complexes. L'association, illustrée ici par les liens « a-pour-source » et « a pour destination », s'inspire des modèles entités-relations. Elle permet des liens latéraux entre les objets, lesquels contribuent à en préciser les propriétés.

1.3. REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES ET APPRENTISSAGE

Les quelques exemples qui précèdent montrent bien l'utilité de la représentation des connaissances dans de nombreux domaines en même temps que la diversité des méthodes de construction des modèles graphiques. Nous allons maintenant examiner le rôle de la représentation dans l'apprentissage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

LA REPRÉSENTATION PAR SCHÉMAS

Représentation structurée des connaissances et apprentissage sont intimement liés. Il nous est impossible de comprendre sans identifier et classifier les objets et les idées, et sans les relier par des associations dans une organisation, dans une structure. Sans ces structures, nous ne pourrions pas construire des représentations mentales nous rendant le monde intelligible. Les objets pourraient avoir une identité, mais nous ne pourrions les relier entre eux.

Ces structures ou schémas mentaux varient en complexité. Ils peuvent décrire des concepts abstraits ou concrets comme ceux d'ordinateur, de bonté ou d'économie. Ils peuvent combiner des séries d'événements en un scénario comme celui de la visite d'une exposition. Ils peuvent représenter des procédures complexes comme la fabrication du papier journal ou la solution d'équations différentielles. Ils peuvent également décrire des ensembles de lois ou de principes constituant une théorie.

La notion de schéma comme composante de base des structures mentales que nous construisons est maintenant bien établie en psychologie cognitive. Ce concept a d'ailleurs marqué le remplacement du behaviorisme par le cognitivisme, comme approche théorique dominante en psychologie et dans les autres sciences cognitives. Dès les années 1920, Jean Piaget (Inhelder et Piaget, 1958) utilisait les concepts de « schème », « schéma », « structure », « stratégie » et « opération » pour décrire les processus cognitifs. Selon Piaget, la croissance de l'intellect consiste essentiellement à élaborer des schémas de plus en plus logiques, nombreux et complexes. Parallèlement, les psychologues «gestaltistes » comme Wertheimer (1945) approfondissaient les concepts voisins d'« entité », de « pattern » et de « structure » et le psychologue anglais Bartlett (1932) découvrait que l'interprétation des textes semble guidée par des connaissances préexistantes qu'il décidait d'appeler « schémas ».

À la fin des années 1960, alors que la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle commencent à se développer, Bruner (1973) contribue de façon substantielle à démontrer la validité, sur le plan psychologique, du concept de construction interne et de représentation des connaissances. Newell et Simon (1972) développent, sur cette même base, une représentation de l'activité de résolution de problèmes, pendant que Minski (1975) définit le concept de *frame* comme élément essentiel pour comprendre la perception, et aussi comme moyen de réconcilier la vision déclarative et la vision procédurale des connaissances (Winograd, 1985).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les schémas jouent un rôle primordial dans la construction des connaissances (Rumelhart et Ortony, 1977), élément central du processus d'apprentissage.

- Les schémas guident la perception, définie comme un processus actif, constructif et sélectif. Par exemple, un piéton attend un autobus et il voit se profiler le devant du véhicule au-dessus des automobiles qui le précèdent. Quelques éléments lui suffisent pour reconnaître qu'il s'agit d'un autobus, parce qu'il possède un schéma lui permettant de reconstituer le reste des attributs de ce type de véhicules.
- Les schémas servent de matériaux aux processus de la mémorisation et du souvenir. Nous organisons nos représentations mentales de façon à pouvoir les retrouver. Plus un schéma est relié avec d'autres schémas, plus il sera facile à se rappeler.
- Les schémas rendent la compréhension possible par la confrontation des schémas existants avec des événements nouveaux. Si aucun schéma ne peut être relié à ces événements, ceux-ci demeureront incompréhensibles pour nous.
- Les schémas servent de soutien à la résolution de problèmes et à l'accomplissement de tâches complexes. Ils permettent de repérer les données, de déterminer le but à atteindre ainsi que les contraintes à respecter, puis de construire un plan de solution et de l'exécuter.

Du point de vue de la psychologie cognitive, l'apprentissage est le résultat d'un processus de construction et de reconstruction des schémas, une interaction avec le monde physique et social plutôt qu'une simple recherche et un transfert des informations que celui-ci contient.

Comment modifions-nous ou créons-nous nos systèmes de schémas, autrement dit, comment apprenons-nous ? Nous utilisons d'abord les événements externes pour donner des valeurs aux attributs des schémas existants. Puis nous tentons de les compléter dans le but de dégager une signification de ces événements. Cela peut se faire en recourant à d'autres schémas qui fournissent des valeurs différentes des attributs en appliquant une procédure, en effectuant une déduction ou en créant une version légèrement modifiée d'un schéma existant. Quand cette procédure d'adaptation échoue, les nouveaux événements ne pouvant être décrits à l'aide de schémas existants, un certain nombre de ceux-ci peuvent être restructurés et l'on peut assister à la création de nouveaux schémas.

Le lien entre représentation des connaissances et apprentissage peut être décrit ainsi : l'apprentissage est un processus par lequel on passe d'une forme de représentation des connaissances à une autre forme plus évoluée. L'apprentissage est le processus, alors que la représentation des connaissances est le point de départ et le résultat.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

DIAGNOSTIQUER ET ÉVALUER LES CONNAISSANCES

La représentation des connaissances joue un rôle central dans l'apprentissage. Elle peut servir à diagnostiquer ou à évaluer l'état des connaissances d'un apprenant, à communiquer à l'apprenant des informations structurées utiles pour son apprentissage ou servir de base à des stratégies d'apprentissage appliquées par l'apprenant.

Diagnostiquer ou évaluer les connaissances d'une personne est un processus en trois étapes : extraire les connaissances du sujet au moyen de diverses techniques, les représenter structurellement, puis comparer cette représentation avec un modèle idéal, qui peut être fourni par un expert du domaine (Jonassen *et al.*, 1993).

À titre d'exemple, nous avons présenté plus haut une carte conceptuelle sur les changements climatiques (figure 1.4). Cette carte peut servir à diagnostiquer les connaissances d'un apprenant. On peut présenter à celui-ci une liste de couples de concepts du domaine et lui demander de déterminer les liens entre les deux concepts de chaque couple. Les liens peuvent être laissés au libre choix du sujet ou choisis parmi une liste fixe, telle que : causé par, implique, produit, sorte de, nécessite, etc.

Un apprenant qui aurait accompli cette tâche en produisant le tableau 1.2 démontrerait qu'il connaît certains effets des pratiques actuelles, mais non les correctifs qui pourraient résulter de nouvelles pratiques agricoles. La carte conceptuelle correspondante différerait de la figure 1.4, notamment par cet aspect. En comparant les deux cartes conceptuelles, on obtient un diagnostic « structurel » des lacunes de l'apprenant.

Tableau 1.2
Liens entre concepts

Concept A	**Concept B**	**Lien A vers**	**Lien B vers A ?**
Changement climatique	Gaz à effet de serre	Causé par	*S.O.*
Changement climatique	Nouvelles pratiques agricoles	?	*?*
Gaz à effet de serre	Nouvelles pratiques agricoles	?	*?*
Pratiques agricoles	Fertilisants	Utilisent	S.O.
Fertilisants	Oxyde nitrique	Produisent	S.O.
Gaz à effet de serre	Oxyde nitrique	S.O.	Sorte de
.....	.....	.....	

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

STRUCTURER LES INFORMATIONS À COMMUNIQUER

Il s'agit ici de structurer le contenu de l'apprentissage dans le but de le présenter à l'élève ou de rassembler les matériels pédagogiques en fonction de cette structure. On pourra utiliser diverses méthodes de représentation sous forme de listes et de tableaux ou de représentations graphiques comme les cartes conceptuelles, les réseaux sémantiques, les cartes causes-effets, etc., dans le but d'offrir une vue synthétique de la matière.

Par exemple, l'arbre sémantique présenté à la figure 1.3 peut servir à organiser les informations sur les écoles et les peintres représentatifs de ces écoles pour un cours d'histoire de l'art. Utilisant l'expression *advance organizer*, Ausubel (1968) a proposé de se servir de telles représentations structurelles au début de la formation, de façon à fournir à l'apprenant un schéma de référence de haut niveau qui oriente ses apprentissages.

APPRENDRE EN REPRÉSENTANT LES CONNAISSANCES

Une stratégie d'apprentissage est un ensemble d'opérations mentales qu'un apprenant utilise pour acquérir des connaissances. Les stratégies d'apprentissage sont des habiletés généralisables qui peuvent être appliquées dans différents domaines. Elles visent à accroître le nombre d'associations entre de nouvelles informations et les connaissances déjà acquises. Au nombre de ces stratégies, on trouve différentes formes de construction graphique ou de tableau. Cette fois, c'est l'apprenant et non le formateur ou le concepteur qui construit les représentations. La construction de réseaux sémantiques par l'apprenant permet à celui-ci de bâtir ses stratégies d'apprentissage.

Dansereau (1978) a conçu une technique de représentation des connaissances dans ce but. Les étudiants structurent un domaine d'apprentissage en construisant un réseau qui prend la forme d'un ensemble de nœuds réunis par certains liens prédéfinis. Les nœuds représentent n'importe quel type d'objets, d'événements ou d'idées. Les liens sont non orientés, se lisent de haut en bas et ont la signification suivante

- un lien P signifie qu'un nœud a pour partie ou composante le nœud situé au-dessous ;
- un lien T signifie qu'un nœud a pour type ou est un exemple du nœud situé au-dessous ;
- un lien L signifie qu'un noeud conduit à, précède ou a pour résultat le nœud situé au-dessous ;
- un lien A signifie que les contenus de deux nœuds sont analogues ou similaires ;

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

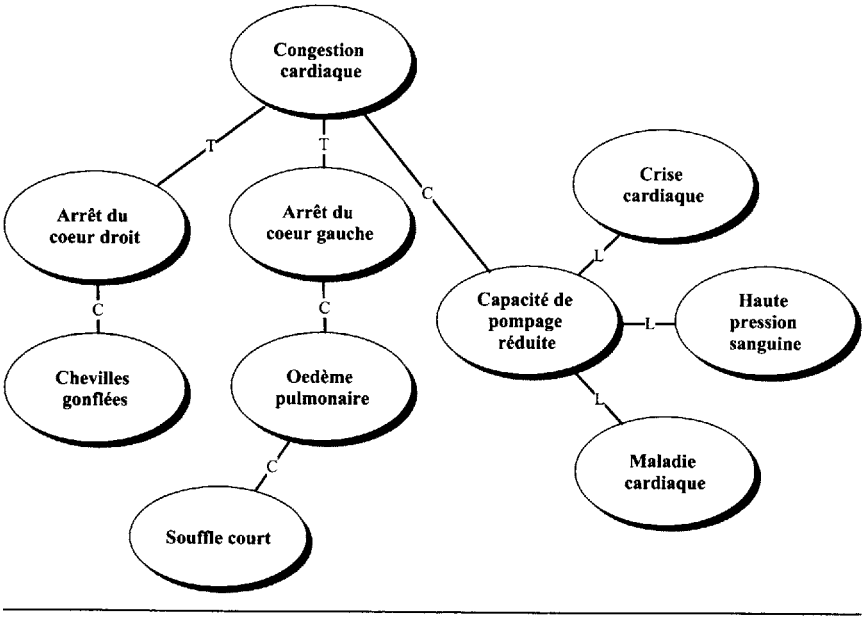
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- un lien C signifie qu'un nœud est une caractéristique ou un attribut du noeud situé au-dessus ;
- un lien E signifie que le contenu d'un nœud fournit une preuve du contenu d'un autre.

En utilisant ce système de représentation, les apprenants sont appelés à construire des réseaux sémantiques comme celui illustré à la figure 1.10.

Dansereau et ses collègues ont aussi créé un système plus complexe composé de 13 types de liens. Une première évaluation par les apprenants a démontré que ceux-ci trouvaient le système à 6 liens insuffisant, et celui à 13 liens difficile à appliquer. Des recherches subséquentes ont démontré que le système à 6 liens semble efficace et constitue un bon compromis entre la généralité et la spécificité (Dansereau et Holley, 1982). Les étudiants qui s'en sont servis se rappellent mieux les concepts que

Figure 1.10
Un exemple de réseau sémantique construit par un apprenant[8]



8. Cet exemple est traduit de Jonassen et al. (1993, p. 232).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

ceux qui n'ont pas utilisé la technique de représentation. De plus, les étudiants considèrent qu'il s'agit d'une technique utile pour la résolution de problèmes.

Une autre méthode moins structurée a été expérimentée. Elle permettait aux étudiants de générer leurs propres liens plutôt que les six liens prédéfinis. Les résultats (Holley et Dansereau, 1984) semblent démontrer que les étudiants dont les habiletés verbales sont faibles profitent davantage de l'approche plus structurée, alors que ceux possédant des habiletés verbales plus élevées peuvent profiter de la stratégie moins structurée.

1.4. REPRÉSENTATION DES CONNAISSANCES ET INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE

La méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage (MISA) permet de produire quatre devis : le devis des connaissances, le devis pédagogique, le devis des matériels et le devis de diffusion. Au cœur de chacun de ces devis, on construit un modèle graphique des connaissances, de la stratégie pédagogique, des matériels et des processus de diffusion. Cela suppose que nous aurons besoin d'une méthode générale de représentation des connaissances dont nous allons ici jeter les bases.

LES TYPES DE CONNAISSANCES EN ÉDUCATION

De plus en plus, les travaux en sciences de l'éducation utilisent le concept de schéma tout en distinguant des types de connaissances. L'intention derrière cette classification est d'associer des stratégies pédagogiques aux connaissances visées par l'apprentissage.

La Component Display Theory (CDT), théorie de l'instruction élaborée par Merrill (1994), suppose que les produits de l'apprentissage peuvent être classés en un nombre limité de catégories auxquelles on peut associer diverses stratégies pédagogiques. Cette classification met en jeu une matrice à deux dimensions principales : la performance[9] et le type de contenus. La performance comporte trois niveaux d'habiletés : se souvenir, utiliser et trouver (ou construire). Ces habiletés s'appliquent à différents « types de contenus » :

- les *faits* sont, par exemple, une association entre une date et un événement, le nombre associé à un objet ou la valeur d'un attribut d'un objet;

9. La « performance » de Merrill correspond à ce que Romiszowski appelle « habileté cognitive » et Pitrat (1990), « métaconnaissance ». Le système MOT présenté plus loin sera étendu à ces métaconnaissances dans la suite de cet ouvrage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- les *concepts* sont des classes d'objets, d'événements ou de symboles qui partagent un certain nombre de caractéristiques ;
- les *procédures* sont des ensembles d'étapes permettant de poser des actions ;
- les *principes* sont des relations de cause à effet dans un processus[10].

Dans un livre de référence très utilisé en design pédagogique, Romiszowski (1981) propose également une taxonomie des connaissances. Partant des performances attendues à la suite d'un apprentissage, il distingue d'abord deux catégories d'habiletés : le souvenir et la compréhension, qu'il associe respectivement à des connaissances factuelles et à des connaissances conceptuelles.

Il distingue ensuite les connaissances factuelles à propos d'objets, d'événements, de personnes et les connaissances factuelles sur la façon de procéder (les procédures). Puis, sur le plan conceptuel, il établit une distinction entre, d'une part, les concepts spécifiques permettant de reconnaître les instances d'un phénomène et de le définir et, d'autre part, les règles ou principes qui permettent de relier les concepts et les faits de façon à pouvoir prédire ou expliquer des phénomènes.

Finalement, Romiszowski distingue, lui aussi, quatre types de connaissances de base : les faits, les procédures, les concepts et les principes. Il mentionne que ce sont là les quatre catégories d'information utilisées par Williams (1977) pour étendre les taxonomies de Bloom et Gagné et qu'elles ressemblent également aux catégories d'information utilisées auparavant par Horn (1969) comme base de ses *information mappings* (Romiszowski, 1981, p. 241-243).

Autre chercheur de pointe en éducation, Tennyson (1990) propose un modèle de design pédagogique qui privilégie les connaissances contextuelles (ou stratégiques) dans les activités d'apprentissage. Décrivant les types de connaissances, il distingue les connaissances déclaratives, procédurales et contextuelles, qu'il décrit ainsi :

- les *connaissances déclaratives* impliquent une attention à l'information du domaine et renvoient au « connaître que », par exemple en soulignant les mots clés dans un texte ;
- les *connaissances procédurales* s'appuient sur un «savoir comment» utiliser les concepts, règles et principes du domaine;
- les *connaissances contextuelles* supposent un «savoir quand et pourquoi» utiliser les concepts, règles et principes d'un domaine (Tennyson et Rasch, 1988, p. 372; traduction libre de l'auteur).

10. Voir Merrill (1994, p. 109-112) ; traduction libre de l'auteur.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

D'autres auteurs", comme West et ses collaborateurs, reprennent également ces trois catégories

-les *connaissances déclaratives* peuvent être représentées en mémoire par un réseau associatif (Anderson, 1985) de propositions regroupant les faits et les concepts ; les réseaux peuvent être de nature sémantique ou épisodique ;

- les *connaissances procédurales* sont les savoir-faire qui se présentent sous la forme d'instructions à exécuter selon un certain ordre et à certaines conditions ;

- les *connaissances conditionnelles* consistent à savoir quand ou pourquoi utiliser une procédure ; elles ont la forme suivante : « si ces conditions sont respectées, alors faire telle et telle chose » (West *et al.*, 1991, p. 15-16; traduction libre de l'auteur).

Par rapport aux taxonomies de Merrill et de Romiszowski, celles de Tennyson et de West regroupent les faits et les concepts sous l'expression « connaissances déclaratives », et les principes sous les termes « connaissances contextuelles » ou « connaissances conditionnelles ». On peut donc soutenir que, de façon générale, les ouvrages en sciences de l'éducation font état de quatre catégories de connaissances : faits, concepts, procédures et principes. Ce sont également ces catégories que nous retiendrons comme base du système de représentation présenté au chapitre suivant.

LA REPRÉSENTATION DES INTERACTIONS ET DE LA COLLABORATION

Les dimensions de collaboration ou de coopération entre les agents dans un processus ont été longuement négligées, bien qu'elles soient de toute première importance en ingénierie pédagogique. Lorsqu'on modélise le contenu d'un système d'apprentissage, il faut pouvoir représenter cette coopération entre agents. Cette question doit être prise en compte dans la modélisation des scénarios pédagogiques, tout comme dans la représentation des processus de diffusion du téléapprentissage. Il en est de même, en particulier, dans les systèmes de soutien à la performance puisque, les tâches se complexifiant, leur réalisation nécessite la collaboration et la coopération de plusieurs acteurs ou agents.

De plus en plus, les systèmes de représentation abordent ces questions, que ce soit en intelligence artificielle distribuée (Bond et Gasser, 1988; Gasser, 1991), dans les systèmes multi-agents cognitifs ou réactifs (Ferber, 1994) ou en génie logiciel.

11. Voir aussi Tardif (1992).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La méthode KADS (Schreiber *et al.*, 1993) en génie logiciel propose un modèle de coopération parmi ses sept types de modèles. Le *modèle d'expertise* et le *modèle de coopération* sont les modèles centraux de cette méthode, car ils définissent les principales composantes et le comportement du futur système ; le modèle conceptuel reprend ces deux sous-modèles en un ensemble cohérent. Le *modèle de coopération* consiste à spécifier les tâches qui nécessitent un effort de coopération et à les attribuer aux agents qui ont à coopérer dans le système. Il est basé sur trois éléments :

- la distribution des tâches, qui assigne les sous-tâches à différents agents ;
- la communication entre les agents, qui assure que les liens de dépendance entre les tâches seront respectés, les extrants d'une tâche pouvant devenir intrants d'autres tâches;
- le contrôle, qui s'effectue par la reconnaissance locale de l'agent apte à effectuer la tâche.

La méthode UML, par ailleurs, propose de construire des diagrammes de collaboration, un diagramme étant la présentation graphique d'un ensemble d'éléments sous la forme d'un graphe composé de noeuds et de liens. Ce type de diagrammes regroupe des aspects statiques et dynamiques, soit une société de classes, d'objets, d'interfaces et d'autres éléments qui collaborent pour adopter un comportement plus grand que la somme de ses parties. Ces diagrammes servent à implanter notamment des cas d'utilisation ou des rôles des acteurs dans un système.

Le système de représentation des connaissances présenté dans la suite de cet ouvrage doit pouvoir prendre en compte la représentation des acteurs, de leurs rôles et de leurs interactions.

LA MODÉLISATION DES SYSTÈMES D'INFORMATION

Les auteurs de la méthode UML la présentent en soulignant l'importance de la modélisation pour l'élaboration des systèmes d'information complexes.

> La modélisation est une activité centrale de tous les processus qui conduisent au déploiement de logiciels de qualité. Nous construisons des modèles pour communiquer la structure et le comportement de nos systèmes. Nous construisons des modèles pour visualiser et contrôler l'architecture du système. Nous construisons des modèles, souvent, pour présenter des possibilités de simplification et de réutilisation. Nous construisons des modèles pour gérer les risques. (Booch *et al.*, 1999, p. 4; traduction libre de l'auteur).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ils font ensuite l'analogie suivante :

> Si vous voulez construire une cabane pour votre chien, vous pouvez commencer avec une pile de matériaux, des clous et quelques outils de base, puis vous mettre immédiatement au travail. En quelques heures, avec peu de planification préalable, vous réussirez probablement à construire seul une cabane qui fera l'affaire de votre chien, surtout s'il est habitué à coucher dehors. Si maintenant vous voulez construire une maison pour les membres de votre famille, vous pouvez procéder de la même façon, mais ces derniers risquent d'être plus exigeants que votre chien. Vous avez avantage à dresser d'abord des plans détaillés et à obtenir des conseils avant de commencer le tout premier assemblage. Si votre but est de construire un gratte-ciel, il serait complètement idiot d'entreprendre la construction sans en confier la planification détaillée à une équipe en lui donnant le temps nécessaire, de façon à obtenir un édifice respectant toutes les contraintes réglementaires, architecturales ou budgétaires. Vous éviterez surtout les erreurs coûteuses qui pourraient compromettre complètement le projet. Très souvent, des organisations désirent bâtir un gratteciel en faisant comme s'ils construisaient une simple cabane à chien. (Booch et al., 1999, p. 8-9; traduction libre de l'auteur).

Dans la plupart des cas, nous avons besoins de modèles pour comprendre dans sa totalité le système que nous voulons bâtir. La modélisation nous permet d'atteindre quatre buts :

1. visualiser un système tel qu'il est ou tel que nous voudrions qu'il soit;
2. spécifier la structure et le comportement du système ;
3. obtenir des plans et devis qui guideront la construction du système ; 4. documenter par la suite les décisions que nous avons prises.

C'est pour l'ensemble de ces raisons que nous avons mis la modélisation au coeur de la méthode d'ingénierie pédagogique présentée au chapitre 4. Un système de téléapprentissage étant aussi un système d'information relativement complexe, nous aurons besoin d'une méthode de représentation qui tienne compte notamment des principes suivants :

- *Le choix du type de modèles à construire influe nettement sur la façon dont les problèmes sont abordés et les solutions élaborées.* Nous présenterons au chapitre 7 une taxonomie des modèles des connaissances. Une des clés de l'ingénierie pédagogique consiste justement à choisir un modèle de départ qui corresponde aux objectifs de la formation, c'est-à-dire qui contribue à réduire l'écart entre les compétences actuelles et les compétences visées des apprenants. Comme nous le verrons plus loin, il existe un lien direct entre une compétence et un type de problèmes à résoudre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- *Chaque modèle peut être construit avec différents niveaux de précision.* En ingénierie pédagogique, il s'agira d'établir le bon niveau de précision, en élaborant davantage les connaissances et les habiletés pour lesquelles l'écart à combler est important, mais aussi en tenant compte de la taille du système d'apprentissage projeté : programme, cours ou activité de courte durée.

- *Les meilleurs modèles sont rattachés à la réalité.* Le modèle d'un système d'apprentissage doit pouvoir représenter le plus fidèlement possible un aspect de ce système lorsqu'il sera réalisé. Idéalement, on pourra parcourir les connaissances comme dans un document de référence ou simuler les activités d'un scénario pédagogique.

- *Aucun modèle unique ne suffit en général. Chaque système non trivial doit être conçu en utilisant un petit nombre de modèles presque indépendants.* C'est un des principes que nous avons mis en évidence dans le chapitre 4. Les quatre modèles qui correspondent aux quatre devis de la méthode d'ingénierie pédagogique évoqués plus haut, sont indépendants tout en étant associés. Ils ne sont pas construits de la même façon, mais ils utilisent tous une même technique de représentation qui sera décrite dans les chapitres suivants.

CONCLUSION

Nous avons mis en évidence le rôle central de la représentation des connaissances et des langages qui permettent de construire des représentations, c'est-à-dire des modèles de la réalité. Nous avons également décrit divers systèmes de représentation graphique des connaissances utilisés en éducation et, de façon générale, dans les sciences de l'information.

La représentation des connaissances est au coeur de l'apprentissage. Les schémas qui constituent nos représentations mentales sont les intrants et les produits du processus d'apprentissage. Ils peuvent servir notamment à diagnostiquer et à évaluer nos connaissances actuelles, à structurer les informations en fonction des connaissances ou des habiletés à développer et, enfin, à soutenir des stratégies d'apprentissage engageant les apprenants dans des activités explicites de représentation des connaissances.

La représentation des connaissances est aussi au coeur de l'ingénierie pédagogique. Elle doit permettre de construire des modèles d'un système d'apprentissage qui tienne compte des types de connaissances et de liens dans le domaine à traiter, ainsi que des interactions entre les acteurs de l'apprentissage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Une attention particulière doit être apportée au choix des modèles à utiliser, à leur niveau de précision, à leur rapport avec la réalité du système à construire, ainsi qu'à l'indépendance et à l'articulation entre les modèles qui, ensemble, représenteront un système d'apprentissage à construire.

Ces principes d'orientation fournissent les bases du système de modélisation par objets typés (MOT) qui sera décrit au chapitre suivant.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

2

LA MODÉLISATION PAR OBJETS TYPÉS - MOT

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La modélisation par objets typés (MOT) est une méthode de représentation graphique des connaissances conçue à l'intention des concepteurs pédagogiques qui désirent construire un système d'apprentissage ou un système d'aide à la tâche[1]. Elle peut également être utilisée dans d'autres contextes, notamment par les apprenants, comme outil de soutien de leurs travaux et de leurs stratégies d'apprentissage.

Dans le cadre d'une pédagogie constructiviste, ces deux types d'activités se rejoignent. Un système d'aide à la tâche, parce qu'il place l'usager en situation de résolution de problèmes, l'amène à construire de nouvelles connaissances. Inversement, un système d'apprentissage constructiviste utilise généralement un système d'aide à la tâche pour soutenir un ensemble d'activités d'apprentissage axées sur la résolution de problèmes fictifs ou réels. Un tel environnement peut également engager les apprenants dans des activités d'ingénierie pédagogique, en appliquant le principe qui veut que l'on comprenne bien ce que l'on peut expliquer clairement à d'autres.

Nous avons souligné, au chapitre précédent, la diversité des formes de représentation des connaissances utilisées en éducation et dans le domaine du génie logiciel. Les différents modèles utilisés dans un projet font appel à des techniques de modélisation à la fois complémentaires et différentes. Le concepteur pédagogique a besoin d'une forme intégrée, facile d'accès et capable de l'aider à construire une vue d'ensemble cohérente des principaux processus, concepts et stratégies qui décrivent un système d'apprentissage.

Plutôt que de distinguer modèles conceptuels, modèles procéduraux et modèles théoriques et de multiplier les types de représentations, le système décrit ici insiste sur le traitement intégré des divers types de connaissances, soit les concepts, les procédures et les principes, et sur leur instanciation sous forme de faits. Cette intégration apparaît nécessaire pour faciliter l'apprentissage de la technique aux concepteurs et aux utilisateurs d'un système d'apprentissage.

Cet effort de simplification est compensé par le caractère général de la modélisation par objets typés. Ce système de représentation peut servir aux mêmes fonctions que la plupart des autres techniques mentionnées

1. La méthode de représentation que nous décrivons dans ce chapitre est issue de l'élaboration, au cours de l'année 1992, d'un enseignement universitaire sur le design pédagogique (Paquette, 1993) dont l'objectif était d'intégrer la modélisation des connaissances aux activités d'un concepteur pédagogique. Cette méthode s'est raffinée par la suite et a finalement donné naissance à un outil modélisateur intégré à un atelier de génie didactique (Paquette *et al.*, 1994). Cet outil est maintenant intégré dans l'Atelier distribué d'ingénierie d'un système d'apprentissage (ADISA), mais il existe également en deux versions autonomes, MOT et MOT+, qui seront présentées au chapitre 8.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

au chapitre précédent. Ces dernières prendront la forme de divers types de modèles MOT dont nous présenterons une classification au chapitre suivant.

Le typage des connaissances et des liens dans un modèle MOT est apparu essentiel, puisque le traitement pédagogique variera selon le type de connaissances. Par exemple, si la connaissance est un concept, on pourra la construire par un processus d'induction qui fait alterner la spécification et la généralisation à l'aide d'exemples et de contre-exemples. Si la connaissance est une procédure, on pourra la simuler et la construire par la résolution de problèmes de plus en plus complexes. Si la connaissance est un principe, on pourra la mettre à l'épreuve dans des applications diverses, puis l'établir en la précisant dans des forums de discussion.

Nous présentons d'abord les principes de base du système de représentation, puis ses principales composantes et les règles de composition des modèles. Nous terminons ce chapitre par une analyse des possibilités et des limites du système de représentation eu égard à un certain nombre de critères.

2.1. PRINCIPES DE BASE DE LA MODÉLISATION PAR OBJETS TYPÉS

Pour définir les principes de base du système de représentation MOT nous faisons d'abord appel au concept de schéma et à l'identification de différents types de connaissances et de liens contenus dans d'autres systèmes de représentation. Puis nous énonçons les objectifs et les principes que nous voulons concrétiser dans la définition du système de représentation.

LA REPRÉSENTATION PAR SCHÉMAS DANS MOT

Le système de représentation MOT est fondé sur la théorie des schémas exposée au chapitre précédent. La distinction entre deux grandes catégories de schémas, les schémas déclaratifs ou conceptuels et les schémas procéduraux, est établie depuis longtemps. Les premiers regroupent les données, alors que les seconds contiennent les procédures ou les méthodes de traitement des données permettant d'organiser l'information.

Plus récemment, une troisième catégorie de schémas, appelés « conditionnels » (Paris, 1983) ou « stratégiques », a été proposée. Ces schémas se composent de principes dotés d'une ou de plusieurs conditions décrivant le contexte d'application et d'une séquence de procédures à appliquer ou de concepts entre lesquels établir une association. On

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

distingue donc deux types de principes : les principes d'opération, qui indiquent quand appliquer certaines procédures, et les principes relationnels, qui associent deux ou plusieurs concepts, notamment les relations de cause à effet.

Les schémas se prêtent bien à une représentation graphique des connaissances conceptuelles, procédurales ou stratégiques qui décrit leurs principales composantes appelées *attributs*, de même que le type de « valeurs » que ces attributs peuvent prendre. Ces valeurs sont dites *concrètes si* on peut leur associer un objet du monde réel, mais le plus souvent elles seront *abstraites* (un nombre, une couleur, une forme) et pourront être décrites par d'autres schémas.

Dans le système MOT, nous utilisons quatre types de connaissances les faits, les concepts, les procédures et les principes. Des schémas seront utilisés pour décrire ces quatre types de connaissances. En ce qui concerne les faits, nous en distinguons trois types selon qu'on les obtient en spécifiant un concept, une procédure ou un principe. On parle alors respectivement d'exemple du concept, de trace d'une procédure ou d'énoncé d'un principe. On trouve essentiellement dans le système MOT les catégories de connaissances présentes dans des travaux comme ceux de Merrill, de Romiszowski ou de Tennyson dont nous avons parlé au chapitre précédent.

Dans MOT on représente les acteurs par des connaissances de type principe, l'acteur étant vu comme appliquant des principes qui visent à contrôler une procédure. En rattachant ces unités aux procédures qu'elles régissent par un lien spécial dit de régulation, on peut représenter la distribution des tâches entre les agents. En décomposant le principe, on peut décrire la stratégie de communication et de contrôle à la base de la coopération de façon aussi détaillée que nécessaire.

Ces schémas peuvent être combinés au moyen de six types de liens de base : l'instanciation, la spécialisation, la composition, la précédence, la relation intrant/produit et la régulation. Un septième lien d'application servira à lier des modèles entre eux, notamment pour la représentation des compétences. Au besoin, le modélisateur pourra aussi utiliser des liens non typés pour illustrer d'autres types d'associations entre les schémas représentant les connaissances. Soulignons que ces liens sont aussi des schémas qui ont un nom, une représentation graphique, une origine et une destination. Contrairement à ce qu'on trouve dans d'autres systèmes de représentation, ce sont donc des liens orientés.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

OBJECTIFS DE LA REPRÉSENTATION

Pour construire ce système de représentation, nous nous sommes fixé cinq grands objectifs : simplicité, généralité, complétude, facilité d'interprétation, de même que standardisation et communicabilité.

- *Simplicité.* Le système de représentation doit être facile à utiliser par des concepteurs, des apprenants et des formateurs avec un minimum d'initiation. Pour cela, il doit comporter un nombre de composantes de base ni trop grand, ce qui rendrait difficile l'usage du système, ni trop petit, ce qui compliquerait les modèles de façon artificielle.
- *Généralité.* Le système doit remplir les mêmes fonctions, avec si possible autant de facilité, que les différentes représentations graphiques en usage en éducation : les cartes conceptuelles, les arbres et réseaux sémantiques, les ordinogrammes et arbres de décision, les diagrammes de cause à effet, ainsi que les composantes dynamiques utilisées dans le domaine du génie logiciel.
- *Complétude.* Le système doit pouvoir reproduire toutes les situations que l'on désire représenter dans les différents domaines du savoir. Il doit lui être possible, à l'aide d'un petit nombre de types de connaissances et de liens entre ces connaissances, de représenter des modèles complexes tels que les systèmes conceptuels, les processus (y compris la coopération entre agents), les méthodes et les théories.
- *Facilité d'interprétation.* Les composantes du système doivent pouvoir être interprétées facilement par les usagers. Les liens en particulier doivent avoir des significations qui les distinguent suffisamment les uns des autres. Ces significations doivent être naturelles de façon qu'on puisse les expliciter rapidement, sans ambiguïté.
- *Standardisation et communicabilité.* Enfin, le système doit favoriser la communication des connaissances entre ses utilisateurs. La standardisation des composantes et des règles qui président à l'assemblage des modèles facilitera les communications. Chaque modèle bien construit par une personne doit être interprétable par une autre personne, sans qu'il soit nécessaire d'y ajouter une documentation abondante ou de nombreux commentaires.

PRINCIPES DE CONSTRUCTION DU SYSTÈME DE REPRÉSENTATION

Dans le but d'atteindre les objectifs qui précèdent, nous énonçons un certain nombre de principes que devra respecter le système de représentation et qui seront explicités dans la section suivante.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

1. Toutes les connaissances seront représentées par des schémas dont la forme dépendra du type de connaissances : faits, concepts, procédures ou principes.
2. Tous les attributs des schémas pourront être représentés par des liens entre connaissances, tels que l'instanciation, la spécialisation, la composition, la précédence, la relation intrant-extrant, la régulation ou l'application.
3. Toutes les connaissances abstraites (concepts, procédures, principes) pourront être instanciées pour produire différents ensembles de faits, respectivement appelés exemples, traces ou énoncés.
4. Toutes les connaissances abstraites (concepts, procédures, principes) pourront être hiérarchisées.
5. La notion de processus[2] pourra être représentée par une connaissance de type procédure munie de ses intrants, de ses extrants et de ses principes d'opération;
6. Les intrants ou données, de même que les extrants ou produits d'une procédure, pourront être représentés par des concepts instanciés et au besoin par des faits selon le niveau de généralité de la procédure.
7. La structure de contrôle d'une procédure pourra être représentée par des principes régissant la procédure de l'extérieur ou intégrés dans la procédure sous la forme de règles de décision.
8. Les agents ou les acteurs d'un système distribué ou coopératif pourront, si nécessaire, être représentés par des schémas de type principe qui ne mettront en évidence que leur aspect de contrôle.

2.2. LA SÉMANTIQUE DU LANGAGE DE REPRÉSENTATION MOT

Au chapitre précédent, nous avons vu quelles sont les composantes d'un langage naturel ou formel comme le français, le morse ou un langage de programmation. En tant que langage graphique, le système de représentation MOT sera décrit au moyen des mêmes composantes.

2. Nous préférons le terme de « processus » à celui de « tâche ». On peut établir une distinction entre les deux, la tâche étant la description déclarative d'une production à effectuer, c'est-à-dire l'extrant du processus. Ce dernier a un sens plus dynamique, puisqu'il représente tous les éléments de la démarche permettant d'effectuer une tâche ou un ensemble de tâches.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Nous allons maintenant présenter le *lexique ou vocabulaire* de MOT, soit les types de connaissances et de liens. Puis, systématiquement, nous indiquerons les interprétations que l'on peut donner à ces connaissances et à ces liens dans diverses situations, définissant ainsi leur *sémantique.* Nous préparons ainsi l'énoncé des règles de *grammaire* du langage graphique MOT qui feront l'objet de la prochaine section[3].

COMPOSANTES DE BASE D'UN MODÈLE MOT

Un modèle MOT se compose de six types de connaissances[4] et de sept types de relations, ou de liens, entre ces connaissances.

Les *connaissances* sont représentées par des figures géométriques qui en indiquent le type. Il peut s'agir de connaissances abstraites ou de faits et aussi, nous le verrons plus loin, d'habiletés.

- Les *connaissances abstraites* sont des connaissances qui représentent des classes d'objets, permettant de classifier les faits et de les organiser en des ensembles cohérents plus ou moins complexes. On distingue trois types de connaissances abstraites : les concepts, les procédures et les principes (voir tableau 2.1)
- Les *faits* sont les données, les observations, les exemples, les prototypes, les démarches de production ou les énoncés qui nous permettent de décrire des objets particuliers. On distingue également trois types de faits : les exemples, les traces et les énoncés (voir tableau 2.2).

Les *relations* entre les connaissances sont représentées par des liens orientés dotés d'une lettre désignant le type de la relation. Les relations entre connaissances correspondent à sept types de base. Un premier type de liens, l'instanciation, relie les connaissances abstraites et les faits. Cinq autres types de liens rattachent entre eux les divers types de connaissances abstraites. Un septième type de lien, qui associe notamment les habiletés aux connaissances, sera présenté plus en détail plus loin.

3. Un langage comporte généralement une partie procédurale ou pragmatique qui spécifie les processus par lesquels on peut construire une représentation, la modifier ou l'utiliser. Nous présenterons les aspects pragmatiques du système de représentation MOT au chapitre 4.

4. Le concept de connaissance utilisé ici est plus large que dans la plupart des ouvrages qui traitent du sujet. Il inclut non seulement les faits et les connaissances abstraites, concepts, procédures, principes, mais aussi les habiletés mentales vues comme des métaconnaissances. Celles-ci seront traitées plus loin dans cet ouvrage. En somme, est considéré comme une connaissance tout ce qui peut être appris par l'esprit humain, y compris les habiletés cognitives, motrices ou socioaffectives.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.1
Les types de connaissances abstraites et leur symbole graphique

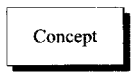
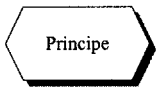
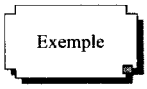
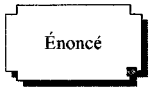
Connaissances abstraites	Symbole
Les *concepts* ou connaissances conceptuelles décrivent la nature des objets d'un domaine (le quoi) ; ils représentent une classe d'objets par les propriétés communes à ces derniers, chaque objet de la classe se distinguant des autres par les « valeurs » que prennent ses propriétés.	
Les *procédures* ou connaissances procédurales décrivent des ensembles d'opérations permettant d'agir sur les objets (le comment) ; elles s'intéressent aux combinaisons d'actions qui s'appliquent dans plusieurs cas, chaque cas se distinguant des autres par les objets auxquels les actions peuvent s'appliquer et les transformations qu'on leur fait subir.	
Les *principes* ou connaissances stratégiques sont des énoncés permettant de décrire les propriétés des objets, d'établir des liens de cause à effet entre des objets (le pourquoi) ou de déterminer dans quelles conditions appliquer une procédure (le quand) ; les principes prennent le plus souvent la forme « Si telle condition. Alors telle condition ou telle action ».	

Tableau 2.2
Les types de faits et leur symbole graphique

Faits	Symbole
Les *exemples* sont obtenus en spécifiant les valeurs de chacun des attributs d'un concept, ce qui donne un ensemble de faits décrivant un objet concret bien précis.	
Les *traces* sont obtenues en spécifiant les variables de chacune des actions qui composent une procédure, ce qui donne un ensemble d'actions particulières bien précises, une trace d'exécution.	
Les *énoncés* sont obtenus en spécifiant les variables d'un principe, ce qui donne un lien de cause à effet entre les propriétés d'objets particuliers ou entre des propriétés d'un objet particulier et une action précise à effectuer.	

- Le *lien d'instanciation* (I) relie une connaissance abstraite à un fait obtenu en donnant des valeurs à tous les attributs (variables) qui définissent la connaissance abstraite. Chaque connaissance abstraite, concept, procédure ou principe, « s'instancie » ainsi à un ensemble de faits appelés respectivement exemple, trace ou énoncé.

  Exemple : « Les voitures Renault » a pour instance « la-voiture-de-Jean ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Le *lien de composition* (C) relie une connaissance à une de ses composantes ou de ses parties constitutives[5]. On peut ainsi définir les attributs d'un objet comme étant des composantes de la connaissance représentant l'objet en reliant celle-ci à chacun de ses attributs par un lien de composition « se compose de ».

  Exemple : L'« automobile » se compose d'une « carrosserie ».

- Le *lien de spécialisation* (S) met en relation deux connaissances abstraites de même type, dont l'une est « une sorte de », un cas particulier de l'autre. Autrement dit, la seconde est plus générale ou plus abstraite que la première.

  Exemple : Une « décapotable » est une sorte d'« automobile ».

- Le *lien de précédence* (P) relie deux procédures ou principes dont le premier doit être terminé ou évalué avant que le second commence.

  Exemple : « Faire le plan » précède « rédiger le texte ».

  - Le *lien intrant/produit* (I/P) relie un concept et une procédure. Du concept vers la procédure, on dira que le concept est un intrant de la procédure. De la procédure vers le concept, on dira que la procédure a pour produit le concept, celui-ci représentant généralement la classe d'objets résultant de la procédure.

  Exemple : « Le plan » est intrant de « rédiger le texte ». « Rédiger le texte » a pour produit « le texte ».

  - Le *lien de régulation* (R) s'utilise d'un principe vers une autre connaissance abstraite qui peut être un concept, une procédure ou un autre principe. Dans le premier cas, le principe définit le concept par des contraintes à satisfaire (parfois appelées contraintes d'intégrité) ou encore établit une loi ou une relation entre deux ou plusieurs concepts. D'un principe vers une procédure ou un autre principe, le lien de régulation signifie que le principe contrôle de l'extérieur (régit) l'exécution d'une procédure ou la sélection d'autres principes.

  Exemples : « Les règles de disposition sur la page » régissent « le plan ». « Les règles de contrôle du trafic » régissent «faire décoller un avion ». « Les règles de gestion de projet » régissent « les principes de design à appliquer ».

5. Notons que le lien de composition revêt un sens plus large que dans d'autres systèmes de représentation où il prend le sens de « a pour partie » (on lit toujours les liens de l'origine vers la destination). Ici, le lien C peut être utilisé à cette fin comme dans « l'automobile se compose (a comme parties) de la carrosserie et de la transmission », mais aussi plus largement pour tout attribut d'un objet, par exemple « l'automobile (le concept) se compose d'une carrosserie, d'un *prix*, d'une couleur».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Le *lien d'application* (A) relie un fait à une autre connaissance ; ce fait est déterminé par une connaissance générique définie dans un autre domaine (qualifié de domaine des «métaconnaissances »), et il s'applique à des connaissances spécifiques d'un domaine d'application[6].

  Exemple : L'habileté « simuler une procédure » s'applique à la procédure «faire une recherche dans l'Internet ». Le concept générique « la théorie est suffisamment démontrée » s'applique à « la théorie de l'évolution ».

INTERPRÉTATION DES CONNAISSANCES

Nous présentons ici diverses formes d'interprétation des symboles graphiques qui viennent d'être définis. L'interprétation permet d'associer des objets du monde réel à différents agencements de symboles. Elle permettra également de justifier en partie les règles de grammaire et les exceptions qui seront présentées plus loin.

La généralité d'un système de représentation dépend de la souplesse avec laquelle on peut interpréter les symboles utilisés dans différents contextes. Ainsi, les connaissances du système MOT peuvent servir à représenter différentes catégories d'objets du monde réel, ainsi qu'il apparaît au tableau suivant.

Il est à noter que les connaissances abstraites sont toujours interprétées au moyen de classes d'objets, d'actions ou d'énoncés. Les concepts, les procédures ou les principes doivent admettre la variabilité des individus, des actions ou des énoncés possibles. Si une seule instance est possible, il s'agit alors d'un ensemble de faits : exemple, trace ou énoncé.

INTERPRÉTATION DES LIENS I

Le lien d'instanciation entre un concept et un exemple, entre une procédure et une trace, ou entre un principe et un énoncé s'interprète comme suit tous les attributs variables doivent recevoir une valeur précise, produisant ainsi un individu unique, membre de la classe. La connaissance abstraite est un schéma, un moule qui permet de former différentes instances.

6. La relation d'application est la seule dont l'interprétation repose sur une association entre deux domaines de connaissances. Le premier domaine, celui des métaconnaissances, étudie les connaissances. On y représente notamment les propriétés des connaissances ainsi que les processus de transformation des connaissances (les habiletés). Quand on dit que « simuler une procédure » s'applique à « faire une recherche dans l'Internet », cela implique que la variable «procédure » du domaine des « métaconnaissances » prend une valeur spécifique dans le domaine d'application, soit la procédure « faire une recherche dans l'Internet ». Nous aurons besoin de ce type de liens pour traiter adéquatement la notion de compétence (voir chapitre 5).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.3
Interprétation des divers types de connaissances

Type	Interprétations et exemples
Concept	• Classes d'objets : pays, vêtements, véhicules moteurs • Types de documents : formulaires, fascicules, images • Catégories d'outils : éditeurs de texte, téléviseurs • Catégories de personnes : médecins, Européens • Classes d'événements : inondations, colloques
Procédure	• Opérations génériques : additionner, assembler un moteur • Tâches générales : rédiger un rapport, superviser une production • Activités générales : participer à un examen, donner un cours • Instructions : suivre une recette, assembler un appareil • Scénarios : décider du déroulement d'un film, d'une rencontre
Principe	• Propriétés : le contribuable a des enfants, les voitures ont quatre roues • Contraintes : la tâche doit être effectuée en 20 jours • Relations cause à effet : s'il pleut moins de 5 jours, alors la récolte sera manquée • Lois : tout métal chauffé suffisamment s'allonge • Théories : l'ensemble des lois de l'économie de marché • Règles de décision : les règles permettant de choisir un placement • Prescriptions : les principes de design pédagogique • Agent régulateur ou acteur : la personne qui rédige un texte

L'effet de l'instanciation est différent selon qu'il s'agit d'un concept, d'une procédure ou d'un principe.

- Dans le cas d'un concept, on obtient un individu membre de la classe d'objets que représente le concept (un exemple). Chaque instance se compose d'un ensemble de faits de type « attribut = valeur ».
- Dans le cas d'une procédure, on obtient un ensemble d'actions exécutées dans un cas particulier (une trace). Chaque instance se compose d'une suite d'actions qui ont été exécutées dans ce cas particulier.
- Dans le cas d'un principe, on obtient une affirmation particulière qui peut être vraie ou fausse (un énoncé). Chaque instance se compose des énoncés particuliers obtenus par l'instanciation des conditions « si », et des énoncés particuliers obtenus par l'instanciation des conditions *« alors »* ou des traces des procédures apparaissant dans la partie *« alors »* du principe.

Le tableau 2.4 illustre ces trois cas en présentant les attributs d'un concept, d'une procédure ou d'un principe et les ensembles de faits qui résultent de l'instanciation. Ce tableau montre qu'il existe autant d'exemples du concept d'objet métallique qu'il y a de valeurs possibles de ses attributs, comme la longueur, l'épaisseur et le type du métal. De même, il y a autant de traces de la procédure « chauffer un objet

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.4
Interprétation des liens d'instanciation (I)

Type	Connaissance attributs	Instances (ensemble de faits)
Concept	Un objet métallique - Type de métal : X - Longueur: Y - Épaisseur : Z	Type de métal = fer; longueur = 1,6 m ; épaisseur = 1 mm. • Type de métal = plomb ; longueur = 2 m ; épaisseur = 1 mm.
Procédure	Mesurer la dilatation d'un métal chauffé - Sélectionner l'objet métallique ; - Chauffer à la température B ; - Mesurer la dilatation C.	• Sélectionner une barre de fer 1,6 m x 1 mm; chauffer à 200 OC; mesurer la dilatation = 0,5 mm. • Sélectionner une barre de plomb 2 m x 1 mm;, chauffer à 250 OC; mesurer la dilatation = 0,8 mm.
Principe	Loi de dilatation des métaux - SI un objet métallique; - SI chauffé à plus de 150 °C; - ALORS l'objet s'allonge.	• SI objet est une barre de fer 1,6 m x 1 mm; si objet chauffé à 200 °C; ALORS objet s'allonge. • SI objet est une barre de plomb 2 m x 1 mm ; si objet chauffé à 250 °C, ALORS objet s'allonge.

métallique » $_{q}$u'il y a d'ensembles d'actions concrètes obtenues en faisant varier l'objet sélectionné et la température de chauffage. Enfin, il y a autant d'énoncés du principe « Tout métal chauffé suffisamment s'allonge » qu'il y a d'énoncés particuliers montrant que tel objet particulier, chauffé à telle température, s'allonge de telle longueur.

Soulignons que la notion de concept et d'exemple est relative. Ainsi, dans le domaine de la modélisation des connaissances, un « téléviseur » est un exemple du concept « concept » et « additionner » un exemple du concept « procédure », alors que dans leurs domaines respectifs ils sont respectivement « concept » et « procédure ». Les mêmes distinctions existent entre procédures et traces et entre principes et énoncés.

INTERPRÉTATION DES LIENS S

Le lien de spécialisation donne lieu à des interprétations diverses selon qu'il s'agit des composantes d'un concept, d'une procédure ou d'un principe.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.5
Interprétation des liens de spécialisation (S)

Type	Connaissances spécialisées	Sortes de
Concept	automobile, avion... texte de loi, poème... éditeur Word, éditeur français... contribuable marié, fortuné... métaux alcalins, métaux lourds...	• véhicules à moteur • documents • éditeurs de texte • contribuables • métaux
Procédure	additionner des entiers, des fractions... rédiger un livre d'histoire... gérer un projet informatique... suivre une recette de confiture...	• additionner des nombres • rédiger un livre • gérer un projet • suivre une recette
Principe	définition d'un primate... géométrie projective... règles de placement obligataire... Tout objet en métal, chauffé à plus de 300 °C, s'allonge... SI sécurité recherchée ou placement inférieur à 5000 $, ALORS offrir un dépôt à terme. SI sécurité recherchée, ALORS offrir un dépôt à terme de moins d'un an.	• définition d'un mammifère • théorie mathématique • règles de placement • Tout objet en métal, chauffé à plus de 200 °C, s'allonge. • SI sécurité recherchée, ALORS offrir un dépôt à terme. • SI sécurité recherchée, ALORS offrir un dépôt à terme de moins d'un an.

Le lien de spécialisation entre deux concepts signifie que la classe qui correspond au concept « origine du lien » est un sous-ensemble de la classe « destination du lien ». On dira, par exemple, que les automobiles sont des sortes de véhicules à moteur.

Dans le cas des procédures, l'interprétation est légèrement différente. La procédure spécialisée permettra en général de traiter une partie seulement (un sous-ensemble) des cas traités par la procédure plus générale, mais souvent de façon plus efficace. Pour ce faire, elle aura plus de composantes, plus de sous-procédures. Par exemple, la gestion d'un projet informatique comporte des tâches spécialisées qu'on ne retrouve pas dans la gestion d'autres projets.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans le cas des principes, ont peut distinguer plusieurs cas.

- Si le principe est un ensemble de principes, l'interprétation de la spécialisation est l'inverse de l'inclusion entre ensembles. Par exemple, la définition d'un primate ou d'un rongeur nécessite une énumération de propriétés (de principes) beaucoup plus longue que la liste de propriétés qui définit les mammifères.
- Pour ce qui est des principes simples de la forme « si... *alors* », le tableau précédent illustre plusieurs façons d'obtenir un principe plus spécialisé à partir d'un autre principe, soit un principe qui s'applique à moins de cas : on peut ajouter au principe d'autres conditions ou remplacer la conclusion par une condition plus restrictive ou une procédure plus spécialisée.

INTERPRÉTATION DES LIENS C

Le lien de composition donne lieu à des interprétations différentes selon qu'il s'agit des composantes d'un concept, d'une procédure ou d'un principe. Notons aussi que les instances (ensembles de faits résultant de l'instanciation) peuvent se décomposer d'une façon analogue aux connaissances abstraites dont elles sont issues.

L'interprétation générale du lien de composition veut qu'une composante soit en quelque sorte une des parties constitutives d'une connaissance, par exemple un de ses attributs dans le cas d'un concept ; une sous-procédure, une action, une opération ou une sous-tâche dans le cas d'une procédure ; une condition (un principe) ou une action (une procédure) définissant un principe ou un ensemble de principes dans le cas d'un principe. Le tableau 2.6 donne quelques exemples du lien de composition.

L'interprétation du lien C dans le cas des concepts et des procédures est directe. L'interprétation dans le cas d'un principe regroupant un ensemble de principes (les trois premiers cas du tableau) est tout aussi directe.

Cependant, l'interprétation du lien de composition dans le cas des deux derniers principes demande à être précisée. Cela nous amène à distinguer deux types de principes, les *principes relationnels* et les *principes d'opération.*

- On appelle *principe relationnel (propriété ou loi)* un principe de la forme « si... *alors* », qui met en relation les valeurs que peuvent prendre un ou plusieurs attributs d'un ou de plusieurs objets. Les propriétés qui suivent le *« si*» sont appelées *conditions* et celles qui suivent le *« alors »*, *conclusions.*

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.6
Interprétation des liens de composition (C)

Type	Exemples	Composantes
Concept	• véhicule à moteur	• moteur, système électrique, direction...
	• document	• chapitre, sections, paragraphes, nombre de pages...
	• éditeur de texte	• fonctions de sauvegarde, de copie, prix...
	• contribuable	• âge, revenu, personnes à charge...
	• rendez-vous	• heure, lieu, sujet...
Procédure	• additionner	additionner les unités, les dizaines...
	• rédiger un livre	• faire la recherche, faire le plan...
	• donner un cours	• introduire le sujet, proposer un exercice...
	• suivre une recette	• regrouper les ingrédients, préparer la marinade...
	• suivre l'ordre du jour	• adopter l'OJ, traiter le point 1...
Principe	• définition d'un mammifère	animal poilu, animal vivipare...
	• géométrie	• chacune des définitions et chacun des théorèmes
	• les règles de placement	• chacune des règles de choix d'un placement
	• Tout objet en métal, chauffé à plus de 200 °C, s'allonge.	• L'objet est en métal, la température de chauffage est plus élevée que 200 °C, l'objet s'allonge.
	• SI sécurité, ALORS offrir un dépôt à terme.	• Le besoin du client est la sécurité, offrir un dépôt à terme

Par exemple, la loi de dilatation des métaux se compose des trois propriétés illustrées par la figure 2.1: 1) X est un objet métallique; 2) X est chauffé à plus de 200 'C; et 3) X s'allonge.

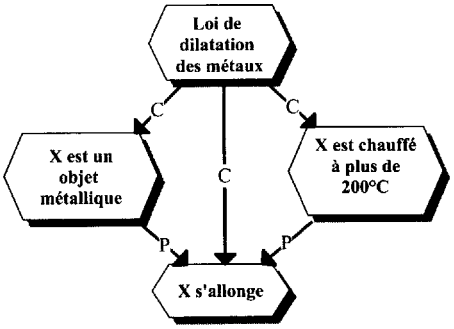
Les deux premières sont les conditions et la troisième est la conclusion.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2. I

Exemple de principe relationnel



Pour faire disparaître les mots si et *alors* qui ne font pas partie de la représentation graphique, on ajoute ici des liens de précédence P entre chacune des deux conditions et la conclusion. Il s'agit ici d'une précédence de vérification des conditions avant l'évaluation de la conclusion.

Le lien P s'interprète donc ainsi : la conclusion sera vérifiée seulement quand toutes les conditions qui précèdent la conclusion auront d'abord été vérifiées. C'est là une façon de représenter graphiquement (et de façon opératoire) un lien de causalité ou d'influence entre les conditions et la conclusion.

E Par ailleurs, on appelle *principe d'opération* un principe de la forme «*Si... alors »* qui se compose de conditions (propriétés suivant le *« si »)* et de procédures (suivant le *« alors »)* appelées actions ou opérations.

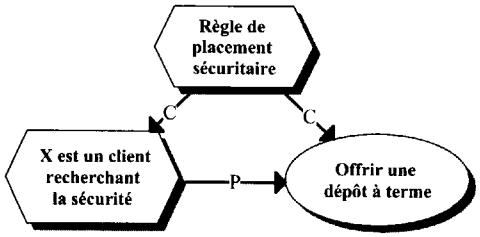
Par exemple, la règle de placement sécuritaire illustrée par la figure 2.2 se compose d'une condition, « X est un client qui recherche la sécurité », et d'une action, « Offrir un dépôt à terme ».

Comme dans les principes relationnels, pour faire disparaître les mots si et *alors* qui ne font pas partie de la représentation graphique, on ajoute un lien P entre la condition et l'action. Le lien P s'interprète ainsi : l'action sera exécutée seulement si les conditions qui précèdent l'action ont été évaluées comme étant vraies.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.2
Exemple de principe de décision



INTERPRÉTATION DES LIENS P

Quatre situations peuvent mettre en jeu les liens de précédence (P) : un principe précède un principe (illustré par la figure 2.8, p. 65), un principe précède une procédure (illustré par la figure 2.9, p. 66), une procédure précède une procédure et une procédure précède un principe.

Le troisième cas où le lien de précédence relie deux procédures ne présente pas de difficulté d'interprétation. La première procédure doit être terminée avant qu'on exécute la suivante, comme dans l'exemple de la figure 2.3.

Figure 2.3
Exemple de liens P entre deux procédures

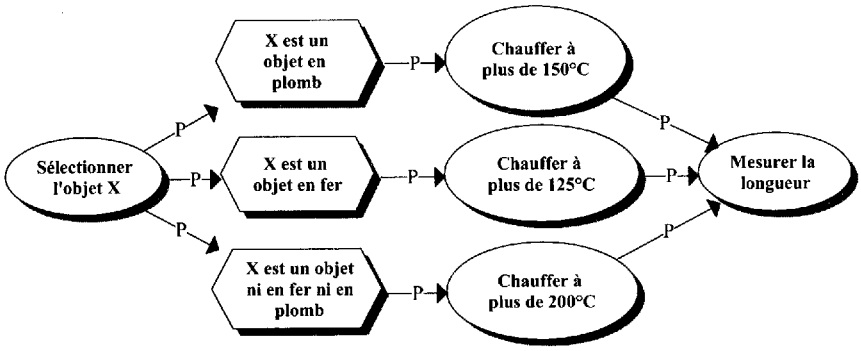
Complétons maintenant cet exemple en représentant les trois sous-procédures, mais en décomposant la procédure «Chauffer l'objet» en trois cas, selon que le métal chauffé est du plomb, du fer ou un autre métal. On peut remplacer la procédure «Chauffer l'objet » par les trois principes d'opération (aussi appelés règles de décision) indiqués à la figure 2.4. Nous avons ici un exemple du quatrième cas, où une procédure précède un principe.

Ce modèle de la procédure « Mesurer la dilatation d'un métal chauffé » doit être interprété de la façon qui suit : on exécute la procédure « Sélectionner l'objet»; puis, dans un ordre quelconque, on exécute l'un ou l'autre des trois principes d'action au centre de la figure. Pour chacun d'eux, on évalue la condition et, si celle-ci est vérifiée, on exécute l'action

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.4
Exemple de liens P entre une procédure et un principe



correspondante, suivie dans chaque cas de la procédure finale « Mesurer la longueur ». La procédure se compose maintenant des huit connaissances présentes dans le modèle, soit cinq procédures et trois principes.

INTERPRÉTATION DES LIENS I/P

Deux situations peuvent mettre en jeu les liens intrant/produit (I/P) : un concept est intrant à une procédure ou une procédure a pour produit le concept.

Un concept intrant à une procédure peut signifier que la procédure effectuera une transformation des objets représentés par le concept ou s'en servira pour transformer d'autres objets. Le produit est le résultat, la production, le bien livrable résultant d'une transformation effectuée par une procédure.

Dans l'exemple de la figure 2.5, un objet métallique est transformé par la procédure en un autre objet métallique, puisqu'il n'a plus la même longueur, bien que les deux objets soient tous deux des instances du concept « objet métallique ». Par ailleurs la température n'est pas modifiée, mais elle est utilisée pour effectuer la transformation, pour dilater l'objet.

Signalons que la valeur de la composante « longueur » est à la fois intrant et produit de la procédure « Mesurer la dilatation d'un objet chauffé ». On appelle *attachement procédural d'un concept* une procédure qui prend en intrants certaines composantes d'un concept et retourne comme produit une nouvelle valeur de la composante ou d'une autre composante du même concept.

L'exemple 2.6 illustre un autre cas d'attachement procédural dont l'intrant est la valeur des trois côtés d'un triangle et le produit est son périmètre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.5
Interprétation de liens intrant /produit

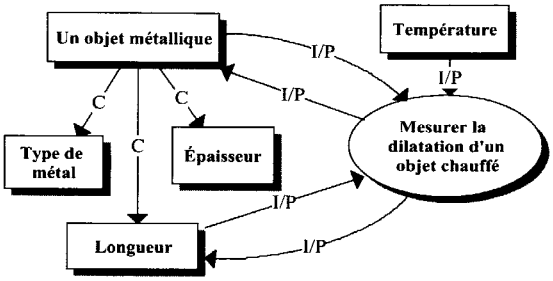
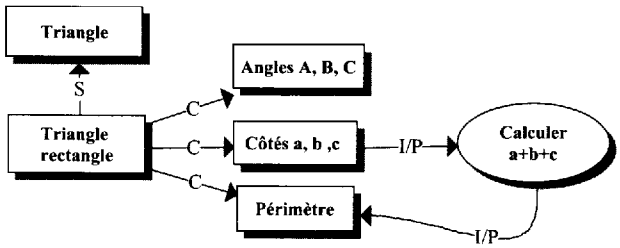


Figure 2.6
Lien intrant /produit et attachement procédural



INTERPRÉTATION DES LIENS R

Trois situations peuvent mettre en jeu les liens de régulation (R) : le principe régit un ou plusieurs concepts, une ou plusieurs procédures ou d'autres principes. Le cas où un principe régit un concept peut être interprété comme une *définition*, au moins partielle, de ce concept. Il peut également être interprété comme une *norme ou* une *contrainte* que chacune des instances du concept devra respecter de la façon illustrée par la figure 2.7.

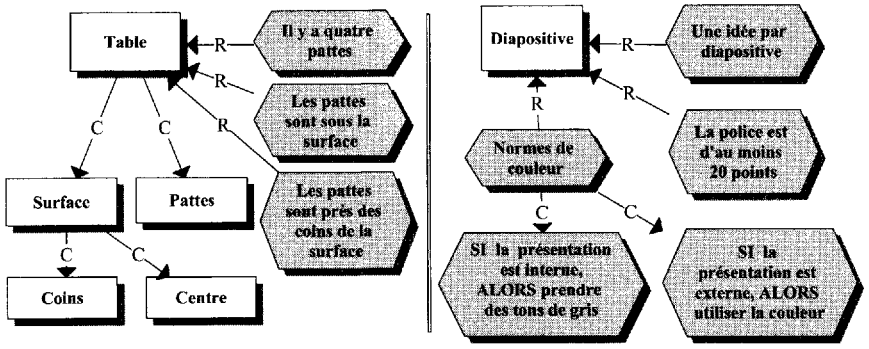
Les principes qui régissent une procédure sont interprétés comme étant une *structure de contrôle* de la procédure. Contrairement à l'exemple de la figure 2.4 où des principes sont une partie interne d'une procédure, ici les principes régissent la procédure de l'extérieur, en précisant de quelle façon la procédure et ses composantes seront exécutées.

La figure 2.8 illustre deux structures de contrôle possibles pour la procédure « Mesurer la dilatation d'un métal ». Dans la structure de gauche, l'exécution est séquentielle ; on aurait pu se contenter de tracer

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.7
Principes régissant un concept



des liens de précédence entre les sous-procédures (1: sélectionner, 2: chauffer, 3 : mesurer et 4 : terminer). Dans la structure de droite, les sous-procédures s'exécutent en partie séquentiellement, en partie parallèlement, ce qui permet de mesurer en continu, c'est-à-dire sans interrompre le chauffage du métal avant que ne soit atteint le seuil de 300 ° C.

Soulignons que la régulation externe d'une procédure par des principes d'exécution permet de se libérer de la rigidité des liens de précédence. À la manière des systèmes experts à base de règles, on peut ainsi définir des structures de contrôle qui spécifient toute combinaison d'exécutions en série, en parallèle, en spirale ou autre.

Passons maintenant au dernier cas où un principe régit un autre principe. Le lien R doit alors être interprété comme suit : le principe spécifie les conditions de sélection des principes qu'il régit; le résultat est l'exécution du principe, de ses conditions et de ses conclusions. Le principe à l'origine du lien R peut également modifier les principes qu'il régit avant leur application, comme dans la partie droite de la figure 2.9. Si le métal est impur, on choisit le principe de chauffage selon le métal majoritaire et l'on modifie ce principe en augmentant la température de 20 %.

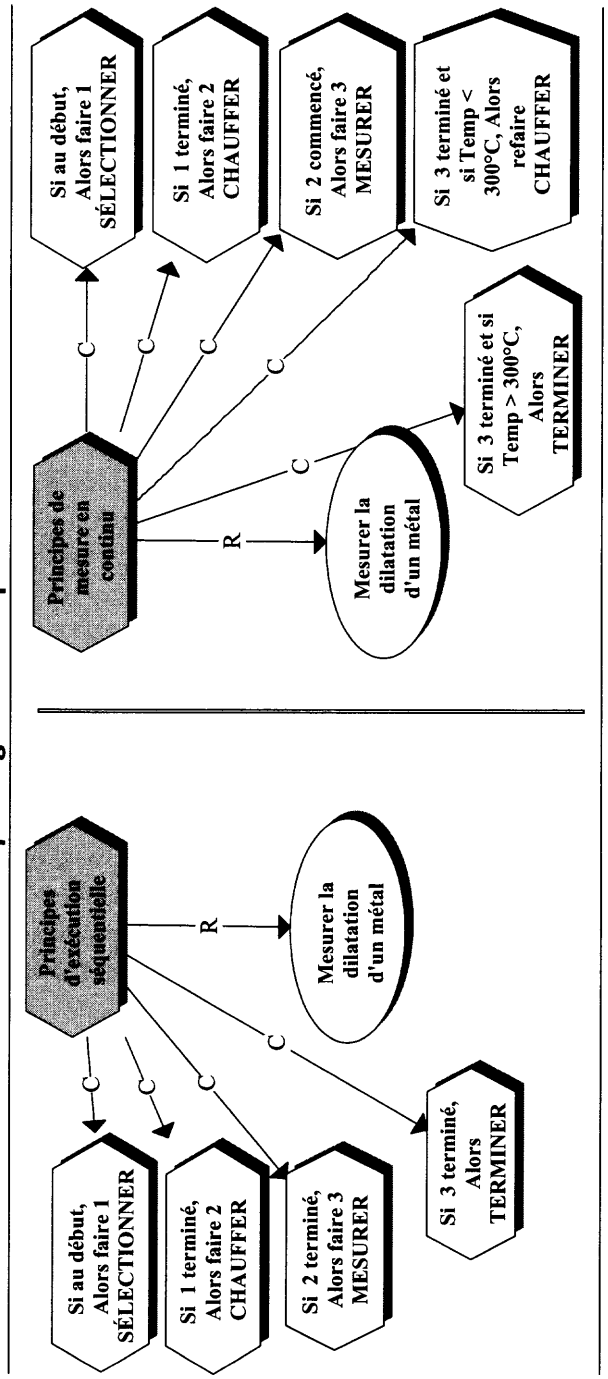
INTERPRÉTATION DES LIENS A

Contrairement aux autres liens qui établissent des relations dans un même domaine, le lien A sert à établir une relation entre le domaine où il est utilisé, appelé le domaine d'application, et un autre domaine, dit de métaconnaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.8
Principes régissant une procédure

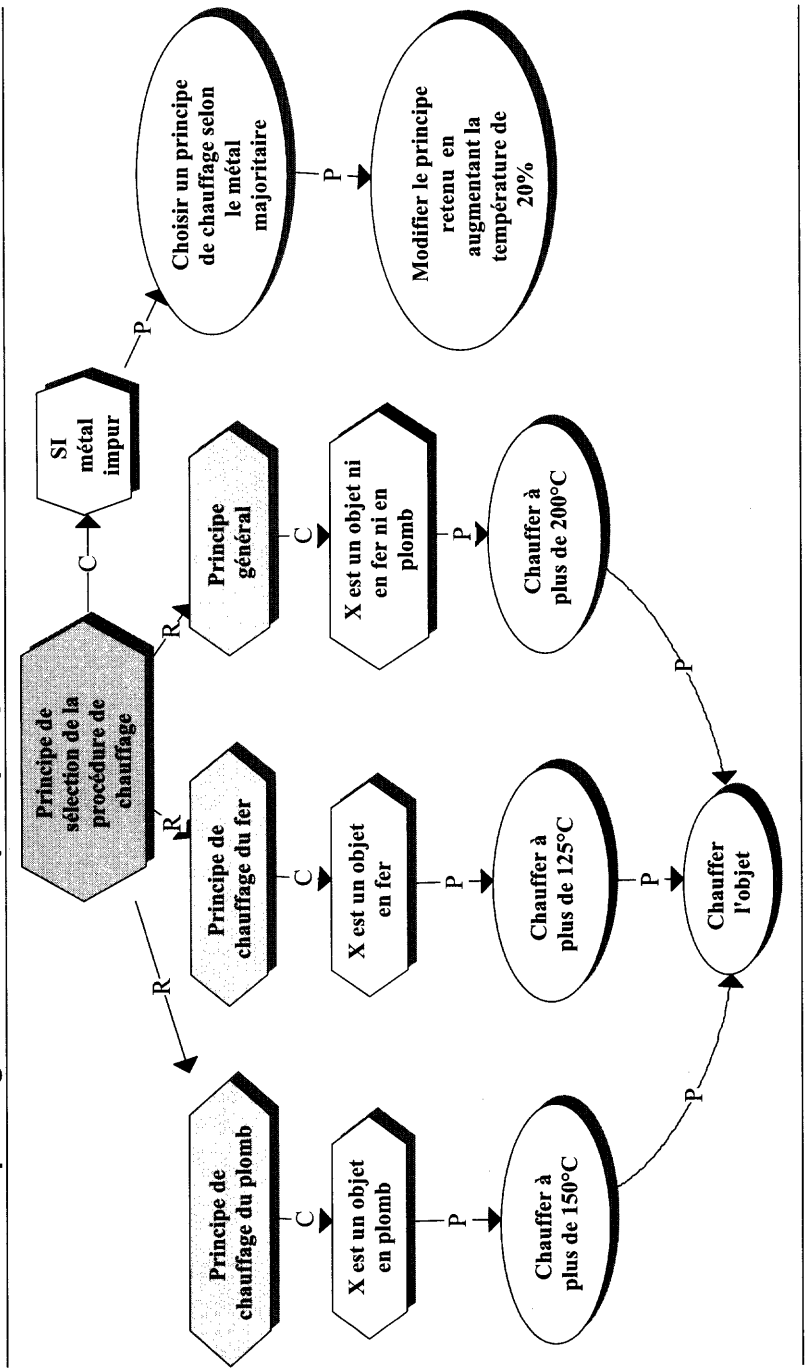


© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.9

Principes régissant d'autres principes qui contrôlent l'exécution d'une procédure



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chaque domaine d'application, comme la physique, la sociologie ou le droit, regroupe un ensemble de connaissances et de faits. Le domaine qui consiste à étudier les connaissances elles-mêmes est particulièrement important pour l'apprentissage. *Les connaissances au sujet des connaissances seront appelées métaconnaissances*[7].

Puisque les métaconnaissances sont aussi des connaissances (sur les connaissances), nous distinguerons, comme pour les connaissances, trois grandes catégories de métaconnaissances abstraites et leurs faits correspondants. Ce sont ces derniers qui permettent de relier le domaine des métaconnaissances à un domaine d'application. Mais examinons d'abord les concepts, les procédures et les principes d'un domaine de métaconnaissances.

Les *métaconcepts*, que l'on pourrait aussi qualifier *d'attributs* ou de *propriétés des connaissances*, sont des concepts définissant des systèmes de valeurs qui s'appliquent aux connaissances dans divers domaines.

Par exemple, on peut vouloir affirmer que telle connaissance de physique ou d'économie est prioritaire, utile, démontrée, connue de tous. Un concept comme celui de « priorité », n'appartient ni à la physique ni à l'économie, mais au domaine dont les objets d'étude sont les connaissances. Il s'agit en effet d'un attribut d'une connaissance (variable) qui prend une valeur qui peut être définie, par exemple, par échelle d'importance à trois niveaux : utile, importante, essentielle. La figure 2.10 illustre l'application d'un tel métaconcept dans deux domaines d'application. Ce métaconcept est défini dans le domaine des métaconnaissances (qui étudie les connaissances) où il s'instancie à trois valeurs : priorité=utile, priorité=importante, priorité=essentielle[8].

Appliqués au domaine de la mécanique automobile, ces méta-exemples nous informent que la capacité à faire un diagnostic du problème est jugée essentielle, que la connaissance des composantes d'une automobile est jugée importante et que la capacité à expliquer le diagnostic au client est jugée seulement utile, car généralement elle sera faite par un préposé à la clientèle. Appliqués au domaine de la médecine, les méta-exemples nous indiquent que la capacité à faire un diagnostic

7. En ce sens, toute métaconnaissance peut être qualifiée de générique parce qu'elle s'applique dans plusieurs domaines de connaissances. Dans les ouvrages, on trouve aussi les termes « concept générique », « processus générique », « tâche générique », « méthode générique ». Nous pensons qu'il y a beaucoup d'avantages à regrouper ces diverses notions et à les traiter dans un même domaine d'étude, soit celui qui étudie les connaissances.

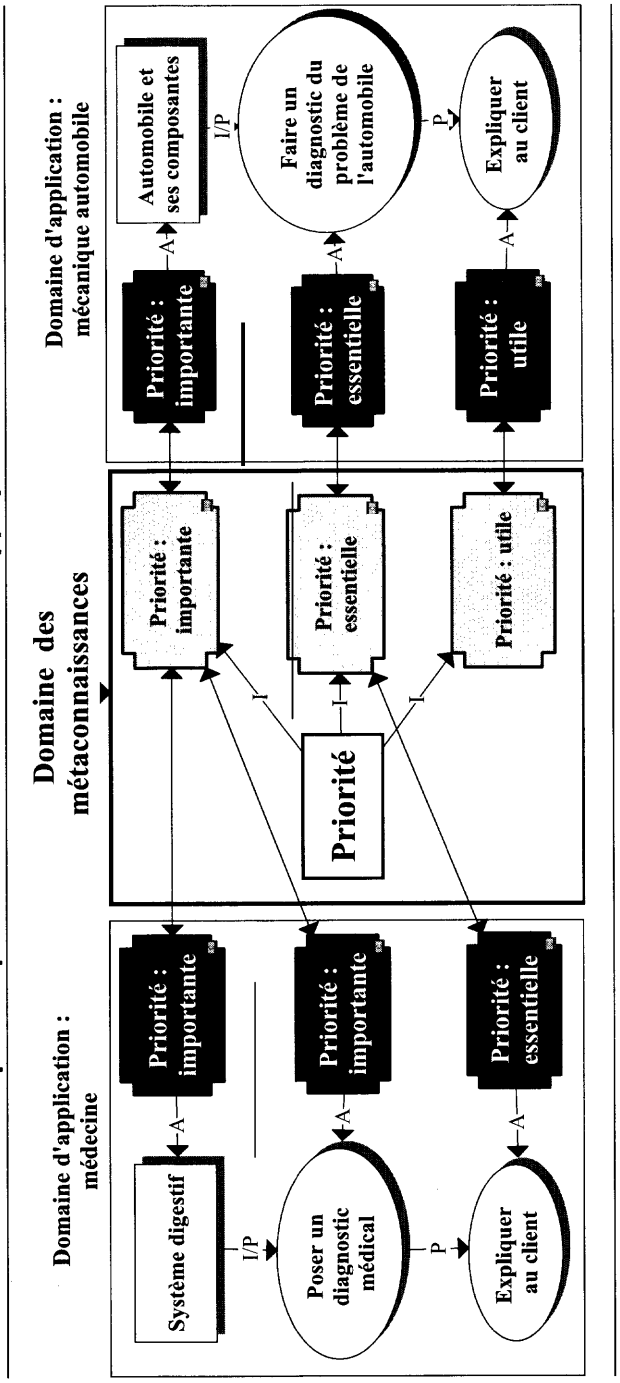
8. C'est par rapport au domaine d'application que ces valeurs attribuées à une connaissance sont qualifiées de métaconnaissances. Dans le domaine qui étudie les connaissances, les méta-exemples ou les métaconcepts sont tout simplement des exemples ou des concepts. Il en est de même des autres types de métaconnaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.10

Métaconcept de « priorité des connaissances » appliqué dans deux domaines



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

médical est jugée importante, de même que la connaissance du système digestif, et que la capacité d'expliquer le diagnostic au client est jugée essentielle, car elle peut influencer la guérison.

Remarquons que les valeurs particulières du métaconcept « priorité » peuvent être associées aussi bien à des concepts qu'à des procédures, à des principes ou à des faits du domaine d'application. Il y a totale indépendance entre le type d'une métaconnaissance et ses exemples et le type des connaissances auxquelles on l'applique dans les divers domaines d'application.

Le lien d'application (A) qui permet d'associer un métaexemple à une connaissance du domaine d'application joue un rôle charnière entre les deux domaines. On note que le métaexemple possède une « connaissance-miroir », une réification, dans le domaine qui étudie les connaissances, ce qui est représenté par la double flèche dans la figure 2.10. La signification de ce lien de réification est tout simplement : « pour connaître la définition du métaexemple (et du métaconcept qu'il instancie), consulter le modèle de sa connaissance-miroir dans le domaine des métaconnaissances ». Cela s'applique également aux métaprocédures et aux métaprincipes.

Les *métaprocédures*, que l'on pourrait aussi qualifier « d'opérations sur les connaissances », sont des actions sur les connaissances de divers domaines visant, notamment, à examiner, à transformer ou à communiquer ces connaissances.

Par exemple, la classification est une métaprocédure qui se définit comme l'ensemble d'opérations permettant de déterminer la plus petite classe d'une taxonomie à laquelle appartient un objet particulier. Instancier une telle métaprocédure consiste à choisir la taxonomie et l'objet auxquels on désire l'appliquer, par exemple une taxonomie de l'embranchement des vertébrés et une chauve-souris, ou encore une taxonomie des professions et un individu donné. Le résultat de l'instanciation de la métaprocédure est une métatrace des opérations particulières de classification dans le domaine d'application : « La chauve-souris satisfait la définition de vertébré, puis la définition de mammifère, puis celle de mammifère chéiroptère » ou, dans un autre domaine d'application «L'individu satisfait la définition des membres d'une profession libérale, puis celle des professionnels du droit, puis celle des notaires ». Au chapitre 4, nous donnons l'exemple détaillé d'une habileté représentée par une métaprocédure.

Les *métaprincipes* sont des énoncés génériques qui s'appliquent à divers domaines et qui visent à régir l'usage des autres métaconnaissances ou à établir des relations entre elles. Selon qu'il s'agit de principes

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

d'opération ou de principes relationnels, on pourrait les qualifier de « principes de contrôle et d'usage des connaissances » ou de « principes d'association entre connaissances ».

La décomposition d'un problème nous fournit un exemple de méta-principe d'action : « Pour résoudre un problème complexe, on peut d'abord le résoudre dans un cas particulier. » Instancier un tel métaprincipe revient à choisir la connaissance, ici le problème, auquel on l'applique. On obtient ainsi des métaénoncés tels que : « Pour construire une procédure générale de calcul d'un intérêt composé, résoudre d'abord le problème pour un intérêt au taux de 10 % » ou encore : « Pour diagnostiquer une panne d'automobile, diagnostiquer d'abord l'état du système électrique. »

Un métaprincipe relationnel, comme « Si une connaissance est plus générale qu'une autre, la seconde est du même type que la première » met en relation les métaconcepts de «type d'une connaissance » et de « généralité d'une connaissance ». Instancier un tel métaprincipe revient à choisir les connaissances auxquelles on l'applique. On obtient ainsi des métaénoncés tels que : « Le concept de vertébré est plus général que celui de mammifère, par conséquent ce dernier est aussi un concept » ou encore : « La loi des gaz parfaits est plus générale que celle de GayLussac ; la première étant un principe, la seconde est aussi un principe. »

Le tableau 2.7 résume les interprétations du lien A et fournit d'autres exemples de son utilisation.

2.3. DÉFINITION DU SYSTÈME DE REPRÉSENTATION GRAPHIQUE MOT

Dans cette section, nous complétons la définition du système de représentation MOT en énonçant ses règles de grammaire. Celles-ci permettent de définir des graphes bien construits sur le plan sémantique, dont l'interprétation pourra donc se faire sans ambiguïté. Nous présentons cette définition en utilisant le formalisme graphique développé dans la section précédente. C'est ce qu'on appelle construire un métamodèle.

LE CONCEPT DE MODÈLE PAR OBJETS TYPÉS

Dans le présent métamodèle, le système de représentation est décrit en tant que système conceptuel, c'est-à-dire que les objets du système MOT sont représentés par des concepts unis par les relations de composition

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 2.7
Interprétation des liens A

Origine du lien A	Interprétation du lien A	Exemples
Métaexemple	Le métaexemple est une propriété, instance d'un métaconcept générique qui, dans le domaine d'application, *est attribué* par le lien A au fait, au concept, à la procédure ou au principe.	La procédure de calcul d'une hypothèse est utile. Cette personne maîtrise la mécanique automobile. Cette loi de la physique a été démontrée par un grand nombre d'expériences.
Métatrace	La métatrace est un ensemble d'actions, instances d'une métaprocédure qui, dans le domaine d'application, *prend comme intrant* le fait, le concept, la procédure ou le principe auquel elle est associée par le lien A.	La procédure de diagnostic du système électrique s'applique au système automobile de M. X. La procédure de simulation d'une procédure s'applique à la procédure de recherche d'informations dans l'Internat. La procédure d'induction d'une loi s'applique à la loi de l'offre et de la demande en économie.
Métaénoncé	Le métaénoncé est une affirmation, instance d'un principe générique qui, dans le domaine d'application, *régit* le fait, le concept, la procédure ou le principe auquel il est associé par le lien A ou encore qui associe entre elles des connaissances.	Le principe de variété des faits observés s'applique à cette expérience de chimie. Le principe de complétude de la description s'applique à la taxonomie du règne animal. Le principe de parcours en largeur d'un arbre de connaissances s'applique à cette procédure de recherche d'information. Le principe de non-falsification des lois s'applique à la loi d'Ohm.

et de spécialisation. Autrement dit, le processus de modélisation, avec ses aspects procéduraux (comment modéliser) ou stratégiques (quand et pourquoi modéliser), n'est pas décrit ici.

Le schéma de la figure 2.11 présente de façon synthétique les composantes d'un modèle par objets typés. On peut y lire les informations qui suivent.

- Un modèle par objets typés est composé uniquement de connaissances et de relations.
- Chacune des relations se compose d'une connaissance appelée « origine », d'un lien et d'une connaissance appelée « destination ».
- Il y a sept sortes de liens : C, S, I, R, P, I/P et A.
- Chaque lien est identifié par un nom, un symbole et une expression qui le désignent lui et lui seul.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Il y a deux sortes de connaissances : les faits et les connaissances abstraites.
- Il y a trois sortes de faits : les exemples, les traces, les énoncés.
- Il y a trois sortes de connaissances abstraites : les concepts, les procédures, les principes.
- Les habiletés sont des sortes de connaissances.
- Chaque connaissance est désignée par son nom et par une figure géométrique.

On distingue aussi sur le graphe deux groupes de principes ou règles de grammaire : les règles quant à l'origine et à la destination des liens qui déterminent les liens possibles entre deux connaissances données, et les règles qui indiquent les propriétés des relations quant aux cycles et à la multiplicité des liens dans un graphe.

RÈGLES QUANT À L'ORIGINE ET À LA DESTINATION DES LIENS

Tous les liens d'un modèle ont une origine et une destination, toutes deux des connaissances. Le tableau suivant indique les liens possibles selon les types de connaissances qui servent d'origine et de destination aux liens.

De ce tableau, on peut déduire les règles de composition suivantes

- Le lien d'instanciation ne peut lier qu'un concept à un exemple, une procédure à une trace ou un principe à un énoncé.

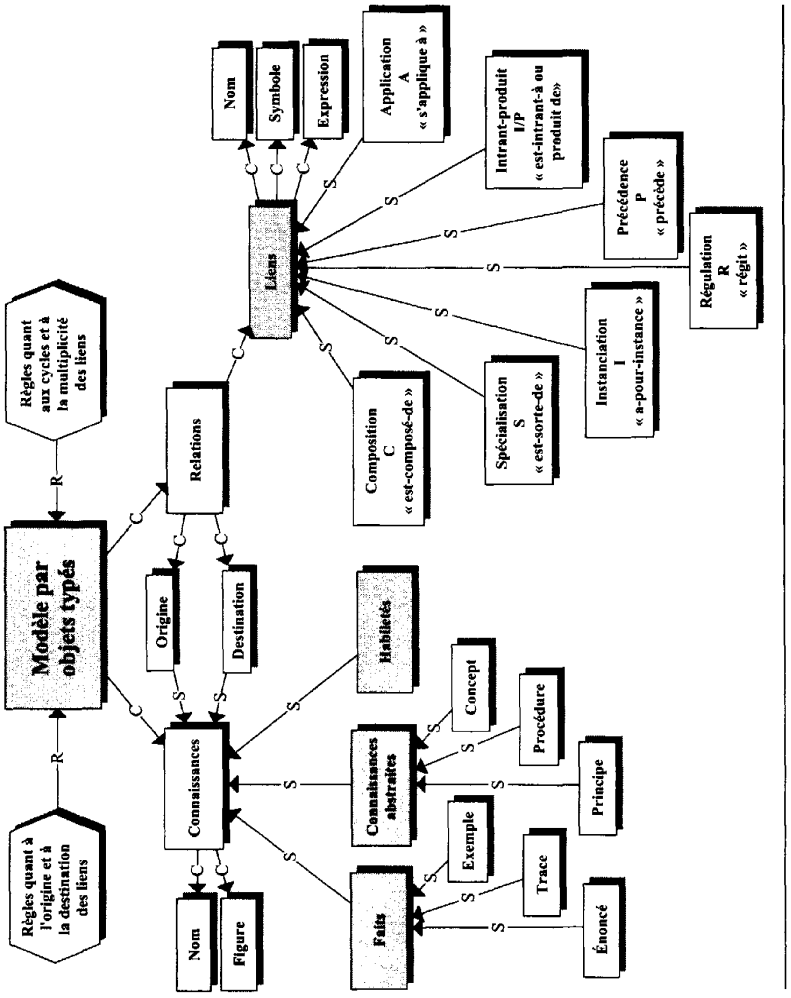
Tableau 2.8
Règles quant à l'origine et à la destination des liens

Destination	**Connaissance abstraite**			**Fait**		
origine	**Concept**	**Procédure**	**Principe**	**Exemple**	**Trace**	**Énoncé**
Concept	C, S	I / P		I, C		
Procédure	I / P	C, S, P	C, P		I, C	
Principe	R	C, R, P	C, S, P, R			I, C
Exemple	A	A	A	A, C	A, I / P	A
Trace	A	A	A	A, I / P	A, C, P	A, C, P
Énoncé	A	A	A	A, R	A, C, R, P	A, C, R, P

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.11
Concept de modèle par objets typés



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Le lien de composition ne peut lier que des connaissances de même type sauf pour les procédures qui peuvent se composer de principes et vice versa (de même pour les faits qui sont des traces et des énoncés). Le lien C est aussi possible entre concept et exemple, procédure et trace, principe et énoncé.
- Le lien de spécialisation ne peut lier entre elles que des connaissances abstraites, connaissances qui doivent être de même type.
- Le lien intrant/produit ne peut lier qu'un concept à une procédure ou vice versa (de même pour les faits qui sont des exemples et des traces).
- Le lien de précédence ne peut lier qu'une procédure ou un principe à une procédure ou un principe (de même pour les faits qui sont des traces et des énoncés).
- Le lien de régulation a toujours pour origine un principe et pour destination une autre connaissance abstraite (de même pour les énoncés relativement aux autres faits).
- Le lien d'application a toujours pour origine un fait et pour destination tout autre type de connaissances abstraites ou de faits.

La justification de ces règles ne peut se faire une par une, mais les unes par rapport aux autres. Par exemple, il aurait été possible d'admettre des procédures ou des principes comme composantes d'un concept. Nous excluons maintenant ce type de représentations afin de favoriser la transparence et la commodité de la représentation. Plutôt que de représenter un principe de définition d'un concept comme composante de ce concept, nous préférons le représenter à l'extérieur du concept et tracer un lien R du principe vers le concept (voir figure 2.7) ; la sémantique est plus naturelle et le principe peut être utilisé pour régir d'autres concepts. Dans le même esprit, nous excluons les procédures comme composantes possibles d'un concept et nous les représentons plutôt à l'extérieur du concept sous la forme d'un attachement procédural (voir les figures 2.5 et 2.6).

Le lecteur peut également se demander pourquoi nous avons exclu le lien de précédence entre deux concepts. Là encore, il s'agit de favoriser la transparence de l'interprétation. Contrairement à des procédures ou à des règles de décision qui peuvent toujours être ordonnées dans le temps selon le moment où on les exécute, des concepts représentent des classes d'objets et leurs propriétés. En soi, des objets ne sont pas ordonnés entre eux dans le temps, à moins que l'on ne fasse intervenir un principe relationnel entre eux qui les régit de l'extérieur. Prenons par exemple le

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

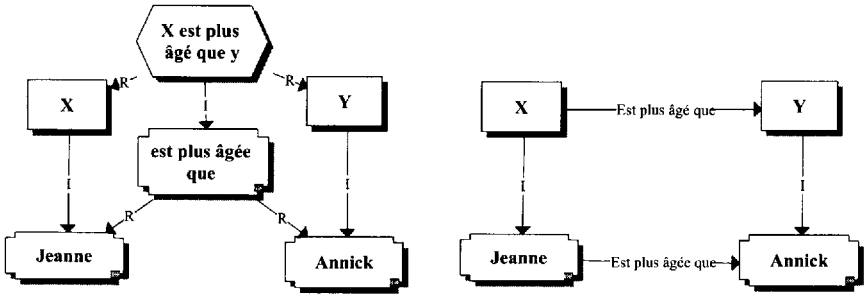
concept de personne et une série d'exemples de ce concept[9]. On pourrait ordonner ces exemples selon l'âge, la taille, la résistance au stress ou tout autre critère. De tels critères de «précédence » ou d'ordonnancement peuvent être exprimés avec plus de précision au moyen d'un principe relationnel.

La figure 2.12 illustre une relation de précédence selon l'âge entre deux personnes X et Y représentées par des concepts, et selon la résistance au stress. Ces concepts peuvent correspondre ou non à des groupes différents de personnes. On peut ensuite instancier ces concepts à deux individus précis, par exemple Jeanne et Annick, et les énoncés obtenus en instanciant le principe relationnel. Si l'on veut représenter une situation réelle, on ne représentera que les énoncés vrais, ici « Jeanne est plus âgée qu'Annick ». Cette notation graphique précise, mais un peu lourde, peut être abrégée en utilisant un lien non typé «est plus âgé que » qui sera interprété comme un principe relationnel entre les deux objets. On peut ainsi représenter toutes les relations binaires autres que celles faisant partie du lexique MOT.

Plus largement, le lecteur peut se demander pourquoi nous ne laisserions pas l'usager totalement libre d'utiliser les liens de son choix entre deux connaissances données. Nous cherchons à limiter cette pratique à des cas, comme celui de la figure 2.12, où l'interprétation revêt un sens précis.

Il y a plusieurs bonnes raisons d'imposer des contraintes dans l'usage des liens. Imaginez d'abord une langue française sans règles de grammaire, où les noms, les adjectifs et les verbes pourraient être utilisés

Figure 2.12
Relation d'ordre entre groupes de personnes et son abréviation



9. On pourrait, autrement, représenter la notion d'événement historique par une procédure régie par des acteurs, donnant un sens dynamique à la notion d'événement. Chaque événement serait alors une procédure. Entre les procédures on peut utiliser le lien P, avec l'interprétation standard entre les procédures ou entre les traces.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

de n'importe quelle façon, dans n'importe quel ordre. Les phrases seraient difficiles à interpréter, ce qui réduirait la possibilité de communiquer correctement notre pensée à d'autres personnes. Pour les mêmes raisons, nous avons voulu créer un langage graphique dont l'interprétation soit naturelle et la moins ambiguë possible.

Une raison encore plus fondamentale tient au fait que nous avons choisi de « typer » les connaissances et les liens. Ce choix fait en sorte que nous devons tenir compte de liens « naturels » de la pensée entre trois catégories d'idées : des objets, des actions sur les objets et des énoncés à propos des objets, des actions et d'autres énoncés. Cela explique pourquoi les liens I/P et les liens R ont été définis comme ils l'ont été.

Enfin, si l'on désire une liberté totale dans le choix des liens, il n'est plus vraiment possible de distinguer entre les types de liens et de connaissances. C'est d'ailleurs le choix qui est à la base des représentations par entités-relations. Nous reconnaissons l'utilité de ces modèles. Au chapitre 8, lorsque nous présenterons les éditeurs de modèles MOT et MOT+. Nous laisserons d'ailleurs à l'usager la possibilité d'utiliser des connaissances et des liens non typés pour alléger la représentation graphique, comme nous l'avons fait dans l'exemple 2.11. Mais soyons clair l'utilisation de ces liens nous prive de la cohérence de la modélisation par objets typés. Un modèle qui utiliserait à la fois des connaissances et des liens typés et non typés serait un peu comme un texte hybride recourant à la syntaxe de deux langues différentes, avec les dangers que cela comporte. Nous conseillons au lecteur d'utiliser soit l'un, soit l'autre ou, s'il utilise les deux, de toujours préciser l'interprétation qu'il donne aux liens non typés.

RÈGLES QUANT AUX CYCLES ET À LA MULTIPLICITÉ DES LIENS

Les sept relations de base de la modélisation par objets typés sont des relations binaires. À ce titre, elles comportent des propriétés intrinsèques, notamment quant à la présence de cycles dans le graphe et à la multiplicité des liens. Comme toute bonne règle de grammaire, la plupart des règles qui suivent admettent des exceptions.

- Antiréflexivité : L'origine et la destination de tout lien doivent être deux connaissances distinctes. Autrement dit, on ne peut tracer un lien d'une connaissance à elle-même.

  Exception : Un lien C peut exister d'une connaissance abstraite (ou d'un fait) à elle-même. Par exemple, le concept « groupe de personnes » peut se composer d'autres « groupes de personnes ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- **Asymétrie :** Deux connaissances qui sont liées par un lien ne sont pas liées en sens inverse par le même type de liens, ni par un lien d'un autre type.

  Exception : Un lien I/P et son inverse peuvent exister entre certains concepts et certaines procédures, directement ou indirectement. Cette propriété permet notamment l'attachement procédural et l'itération dans une procédure.

- **Transitivité :** Si un lien relie une connaissance A à une connaissance B et qu'un lien de même type relie cette connaissance B à une connaissance C, alors le même type de liens relie A à C.

  Exceptions : Seuls les liens C, S et P sont pleinement transitifs, même si en général on se dispensera de tracer sur le modèle le lien de la première à la troisième connaissance, celui-ci étant reconnu implicitement. Les liens R et I sont transitifs par défaut, car, si A est relié à B par un de ces liens, B ne peut pas en général être relié à une autre connaissance par le même type de liens (sauf pour le lien R entre principes pour lequel la transitivité s'applique). Il en est de même du lien A. Le lien I /P n'est pas transitif car, si A est lié à B et B à C, A et C sont nécessairement des concepts qui ne peuvent être liés par un lien I/P

- **Unicité du lien :** Si un lien d'un certain type existe entre deux connaissances A et B, aucun autre lien direct ou indirect d'un autre type n'existe entre ces deux connaissances.

- **Cardinalité des liens sortant d'une connaissance :** Pour tous les types de liens, une connaissance peut être à l'origine d'un seul ou de plusieurs liens de même type ou de types différents, suivant les liens possibles inscrits au tableau 2.8.

- **Cardinalité des liens arrivant à une connaissance :** Pour tous les types de liens, une connaissance peut être la destination d'un seul ou de plusieurs liens de même type ou de type différent, dans la mesure où ces liens sont inscrits comme possibles au tableau 2.8.

2.4. EXEMPLES DE REPRÉSENTATION

Nous terminons ce chapitre en reprenant nos exemples de représentation graphique et en les modélisant à l'aide du système de représentation MOT. Cet exercice permettra au lecteur d'évaluer le niveau d'expressivité et de généralité que permet la modélisation par objets typés.

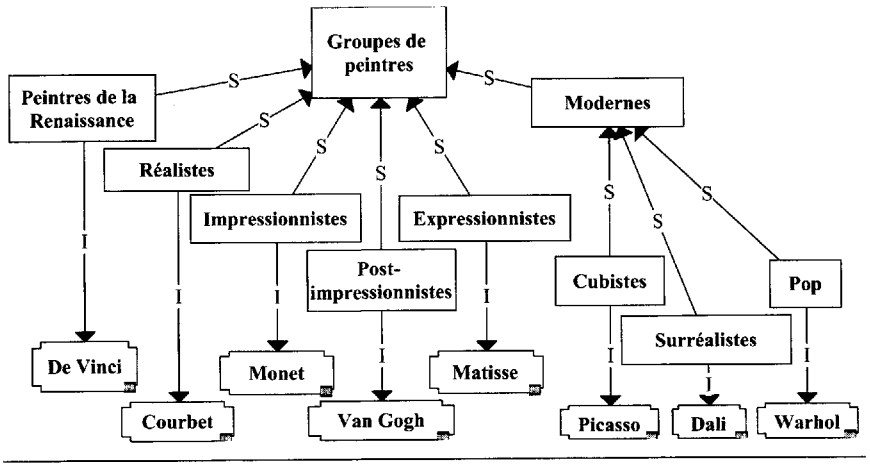
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

MODÈLES MOT D'UN ARBRE SÉMANTIQUE ET D'UNE CARTE CONCEPTUELLE

La figure 2.13 présente un modèle MOT de l'arbre sémantique présenté à la figure 1.3. Contrairement à l'arbre sémantique, le modèle MOT fait apparaître explicitement les deux types de liens et les deux types d'objets, c'est-à-dire les groupes de peintres et les peintres. Les premiers sont représentés comme des concepts qui sont des « sortes-de » groupes de peintres. Les seconds sont représentés comme des instances de concepts, donc des exemples de tel ou tel groupe de peintres.

Figure 2.13
Modèle MOT d'un arbre sémantique

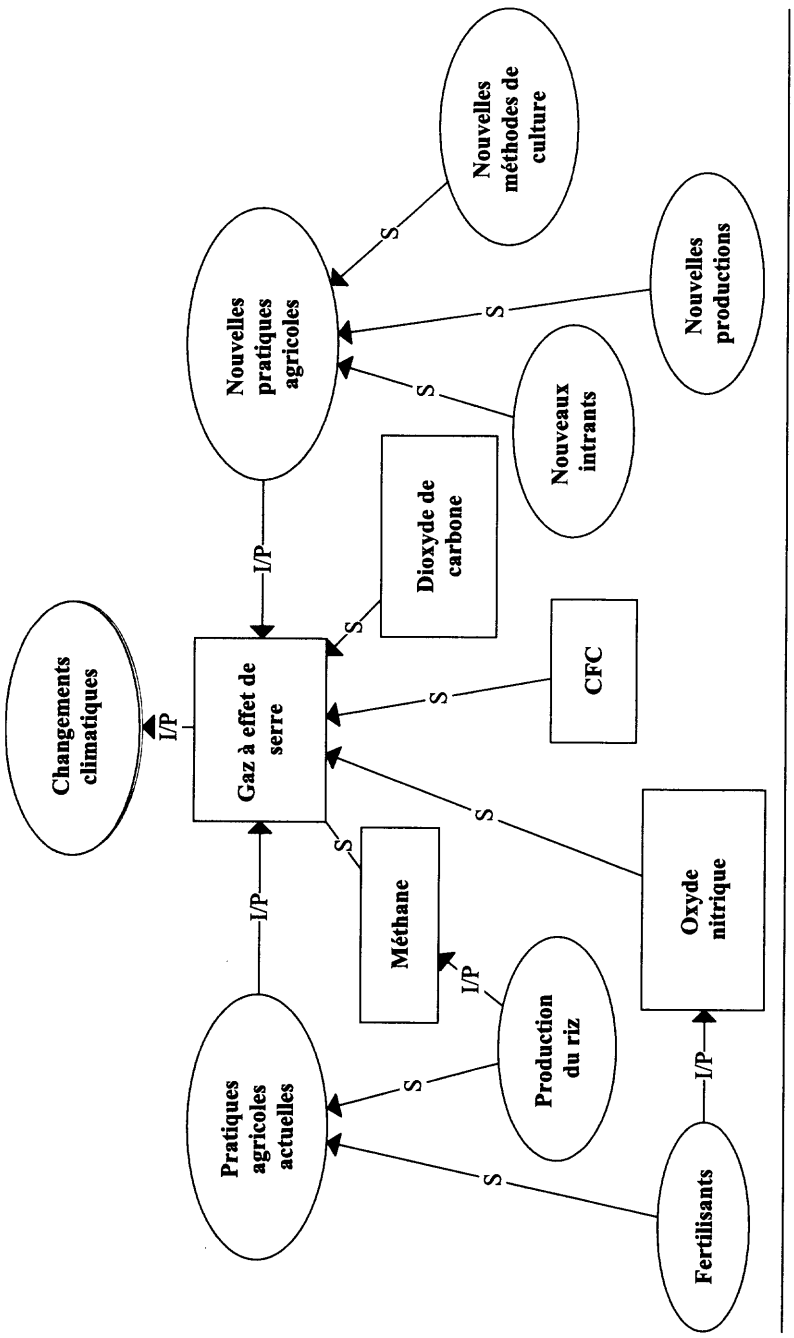


La figure 2.14 présente un modèle MOT qui correspond à la carte conceptuelle de la figure 1.4. Cet exemple est intéressant, car il montre la clarification qu'apporte la distinction entre les types de connaissances dans MOT.

Ici, les pratiques agricoles, actuelles ou nouvelles, sont présentées comme des procédures, car l'auteur du modèle les considère comme des ensembles d'activités humaines dont certaines catégories (liens S), par exemple l'usage de fertilisants ou la production de riz, produisent (liens I/P) une augmentation des gaz à effet de serre comme le méthane ou les oxydes nitriques. Il en est de même des nouvelles pratiques agricoles qui peuvent produire une diminution des gaz à effet de serre. Le modèle fait également ressortir des catégories de gaz à effet de serre et le fait que ceux-ci sont des intrants des changements climatiques.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.14
Modèle MOT d'une carte conceptuelle



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

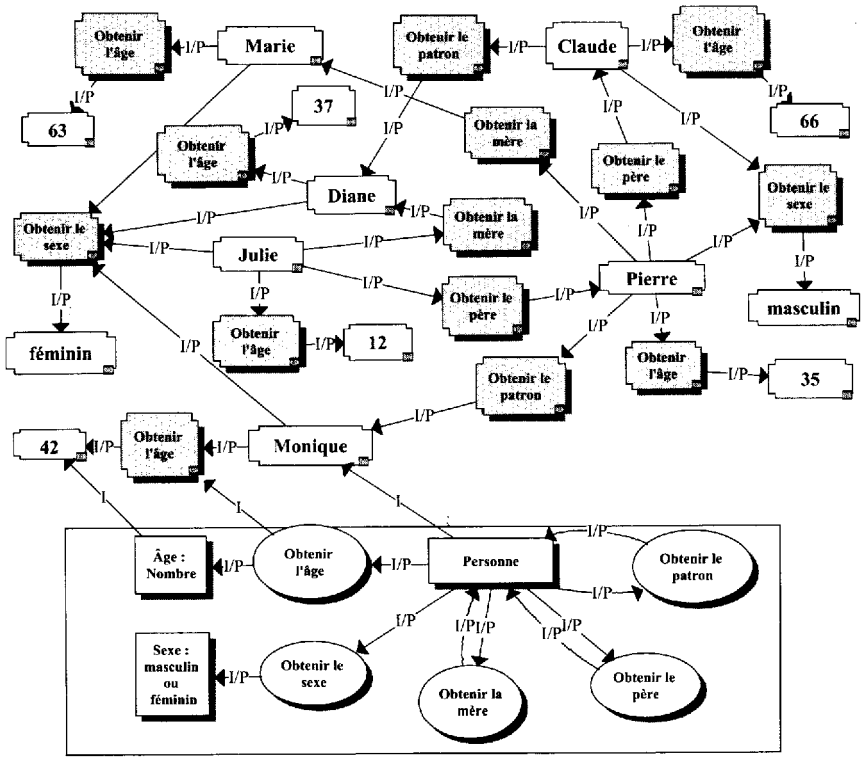
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

MODÈLE MOT D'UN RÉSEAU SÉMANTIQUE

La figure 2.15 présente un modèle MOT qui correspond au réseau sémantique illustré à la figure 1.5. Ce réseau sémantique se compose d'un ensemble de faits. Tous les noeuds du réseau sémantique (en blanc) sont des objets bien précis, des exemples de personne, de nombre ou de sexe. Nous avons remplacé les liens du réseau de la figure 1.5 par des traces de procédure (en gris) qui sont des actions précises permettant d'obtenir le sexe, l'âge, le père, la mère ou le patron d'un individu représenté sur le graphe. Ce modèle MOT contient exactement la même information que le réseau sémantique. Le graphique est plus chargé, mais il met en évidence que nous avons affaire à des faits.

L'encadré dans le bas de la figure 2.15 montre que le modèle MOT peut faire apparaître la structure derrière un réseau sémantique. Tous, les faits représentés dans le réseau concernent des personnes, en relation avec

Figure 2.15
Modèle MOT d'un réseau sémantique



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

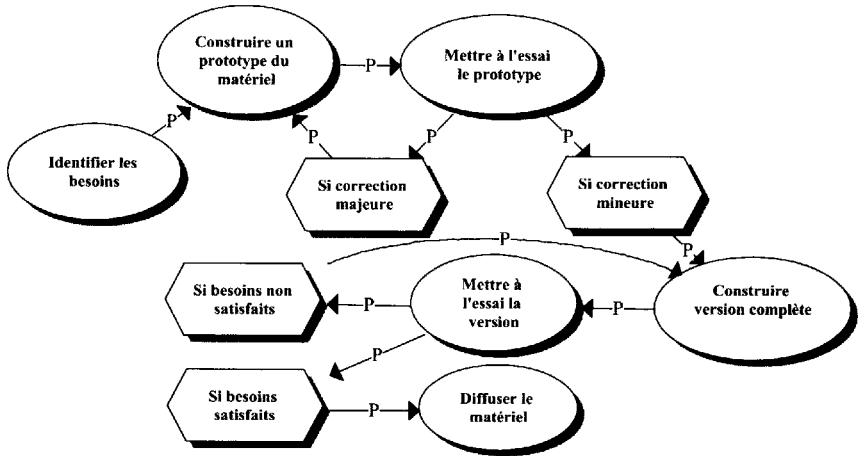
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

d'autres personnes, des nombres donnant leur âge ou des termes indiquant le sexe. Le réseau met donc en jeu trois concepts : personne, âge et sexe. Les attributs des personnes sont présentés ici sous forme procédurale : obtenir une valeur pour l'âge, le sexe, la mère, le père ou le patron. Tous les triplets personne-attribut-valeur du réseau sont obtenus par instanciation du modèle encadré, notamment le triplet « Monique obtenir l'âge : 42 » illustré par la figure.

MODÈLE MOT D'UN ORDINOGRAMME

La figure 2.16 présente un modèle MOT d'une procédure de développement d'un matériel pédagogique avec autant d'expressivité que le fait le deuxième ordinogramme apparaissant à la figure 1.6.

Figure 2.16
Modèle MOT d'un ordinogramme



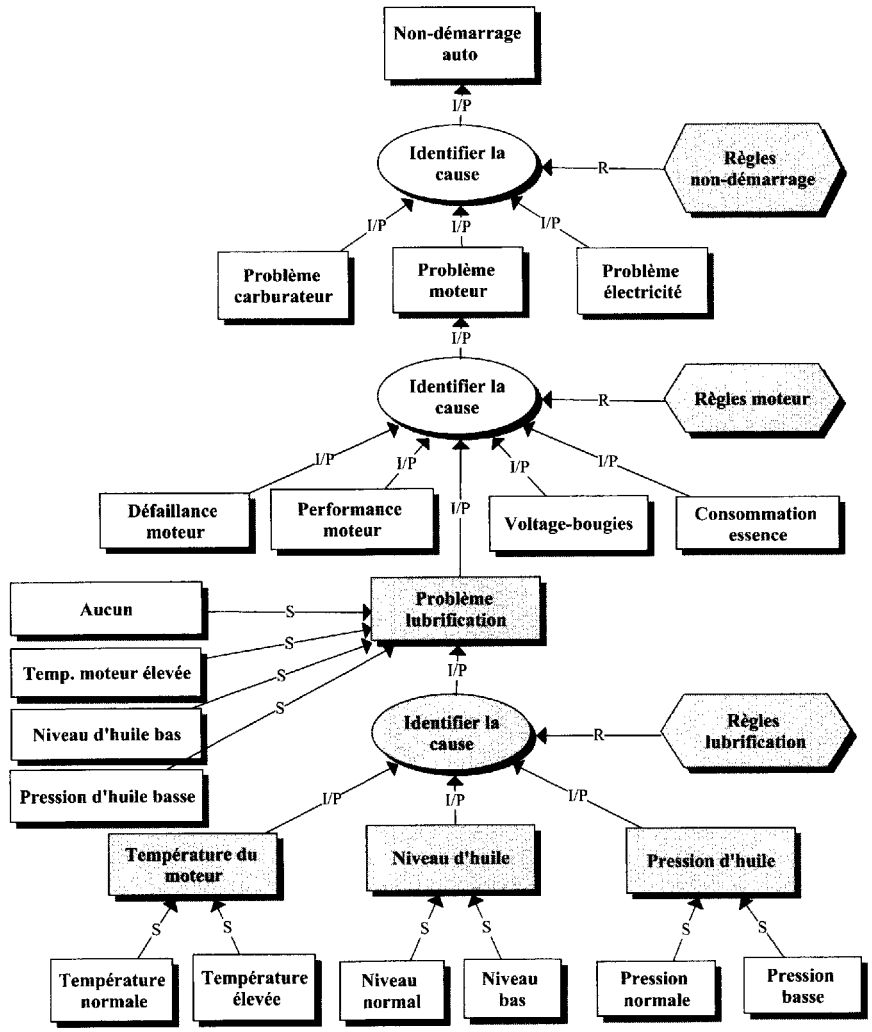
MODÈLES MOT D'UN DIAGRAMME CAUSAL ET D'UN ARBRE DE DÉCISION

La figure 2.17 présente un modèle MOT qui correspond au diagramme causal présenté à la figure 1.7a pour la recherche des causes d'une panne automobile. Ici, les causes possibles sont présentées sous la forme de concepts, reliés entre eux par des procédures « Déterminer la cause ». Par exemple, pour trouver la cause du non-démarrage de l'automobile, il faut examiner s'il s'agit d'un problème de carburateur, de moteur ou d'électricité. Puis, pour déterminer le type de problèmes de moteur, il faut voir

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 2.17
Modèle MOT d'un diagramme causal



s'il s'agit d'une défaillance, de la performance, du voltage et des bougies, de la consommation d'essence ou d'un problème de lubrification. Finalement, pour déterminer le type de problèmes de lubrification, on doit examiner le niveau d'huile, la pression d'huile et la température du moteur.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

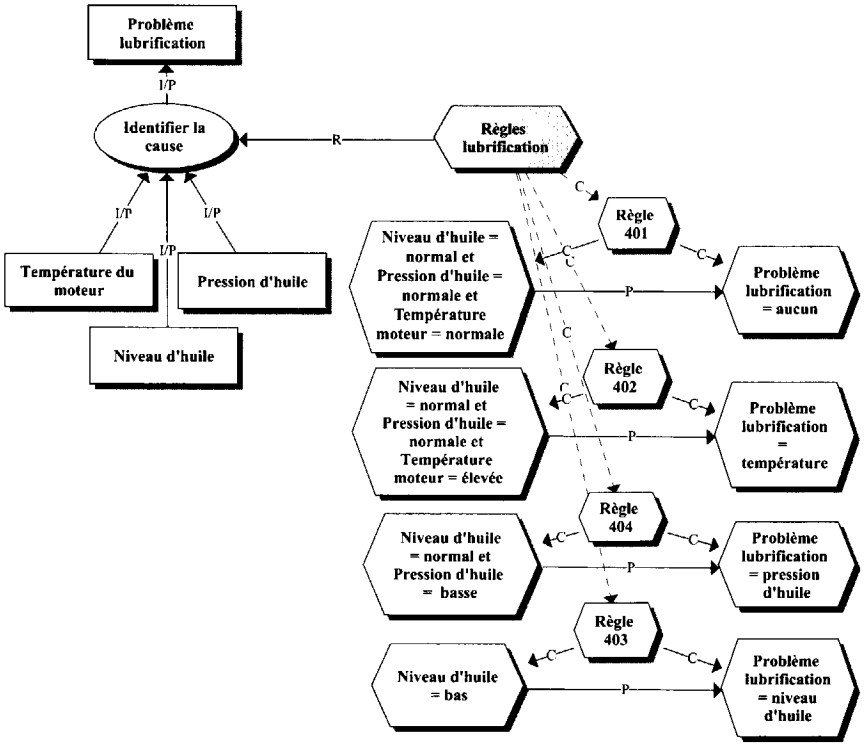
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le modèle fait apparaître aussi des principes qui régissent chacune des procédures permettant de déterminer la cause. Ce sont des groupes de règles à appliquer dans chaque cas. Celles qui concernent la lubrification font l'objet d'un sous-modèle MOT présenté à la figure 2.18, lequel correspond à l'arbre de décision de la figure 1.7b. Nous avons choisi d'énoncer directement les règles sous la forme de quatre principes relationnels, chacun étant une composante des « Règles de lubrification ».

Chacun de ces principes a deux composantes :

- une condition qui énonce certaines propriétés des attributs influençant le résultat, ici le niveau d'huile, la pression d'huile et la température du moteur, et
- une conclusion énonçant une propriété de l'attribut visé, ici la lubrification.

Figure 2.18
Modèle MOT d'un arbre de décision



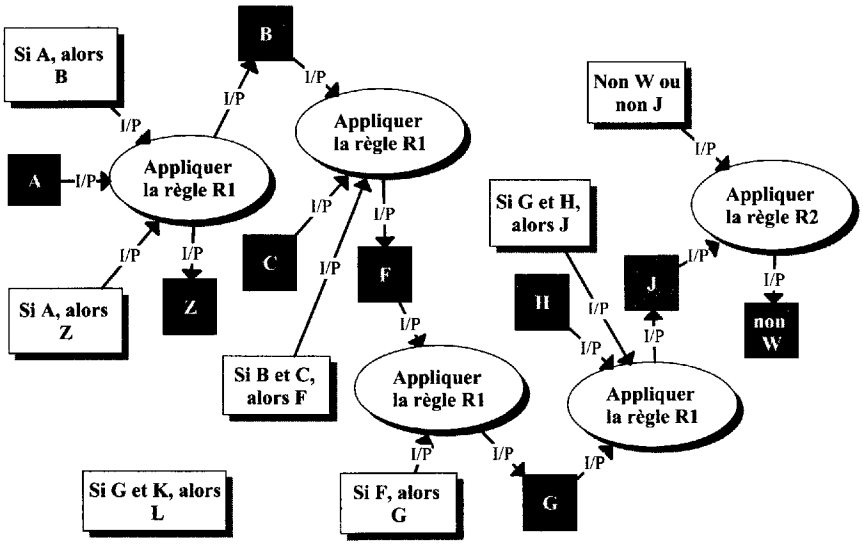
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Toutes les règles permettant de décider d'autres sources possibles du non-démarrage de l'automobile, soit celles concernant le moteur, le carburateur ou le système électrique, pourraient être énoncées de la même façon. Le modèle de la figure 2.17 fait ressortir clairement à quel niveau de décision chaque groupe de règles s'applique. Le modèle de la figure 2.18 permet de représenter les règles directement, plutôt qu'indirectement comme sur un arbre de décision.

MODÈLE MOT D'UN ARBRE DE DÉDUCTION

La figure 2.19 présente un modèle MOT qui correspond à l'arbre de déduction illustré à la figure 1.8. Dans ce cas, bien que l'on travaille sur des énoncés, on a choisi de montrer la situation sous la forme d'un processus. Les règles sont représentées par des procédures (appliquer la règle R1, appliquer la règle R2), ce qui rend l'interprétation du processus de déduction plus transparent. Le modèle prend un peu plus d'espace, mais il est plus explicite.

Figure 2.19
Modèle MOT d'un arbre de déduction



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CONCLUSION

Au terme de ce chapitre, il convient de nous demander si nous avons atteint les objectifs de simplicité, de généralité, de complétude, de facilité d'interprétation, de standardisation et de communicabilité énoncés au début.

Il y a évidemment un compromis à faire entre la généralité et la simplicité d'une représentation. La modélisation MOT a été utilisée dans différents milieux et dans différentes applications : pour la modélisation d'une école et d'un campus virtuels, pour l'ingénierie pédagogique de cours universitaires et de programmes de formation en milieu de travail ou encore comme outil de travail par des étudiants. Ces expériences, étalées sur plus de cinq ans, montrent que l'appropriation du système ne prend que quelques heures et que, pour une certaine utilisation, ce mode de représentation est suffisamment simple pour la plupart de ses utilisateurs.

Il est évident que le système décrit ici est plus complexe que les représentations par arbre sémantique ou par ordinogramme, mais ces dernières ont des applications très limitées. Si l'objectif est de construire ce type de modèles, le système MOT pourra le faire aussi simplement, mais de façon plus précise, en mettant en évidence les types de connaissances et les types de liens.

Comme on peut le constater dans les exemples de la section 2.5, un modèle MOT rend explicites des éléments qui n'étaient pas clairement distingués dans d'autres représentations. En ce sens, MOT facilite l'interprétation des graphes, d'autant plus que les mêmes composantes des modèles seront réutilisées d'un modèle à l'autre, avec la même signification.

Cette standardisation des représentations, grâce à une syntaxe précise des graphes, est un facteur important pour faciliter l'interprétation, mais aussi pour communiquer les idées contenues dans les graphes. Les modèles doivent pouvoir être lus et interprétés correctement par d'autres personnes que leur auteur, avec un minimum d'explications et de commentaires.

Enfin, la généralité et la complétude de la représentation MOT ne peuvent être démontrées que par un grand nombre d'exemples illustrant la diversité des applications et la capacité d'expression de la représentation MOT. Ce sera l'objet du prochain chapitre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

3

TAXONOMIE DES MODÈLES

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Avec un petit nombre de types de connaissances et de liens, il est possible de construire des représentations de systèmes de connaissances complexes, comme les taxonomies, les théories, les processus et les méthodes, qui servent à décrire les différents domaines du savoir.

Dans ce chapitre, nous allons construire une taxonomie des modèles des connaissances et fournir des exemples de chaque type de modèles. Notre objectif est de démontrer la généralité de la représentation en modélisant une grande variété de situations pour lesquelles on utilise d'autres types de représentations ou qui, parfois, ne font même pas l'objet de représentations graphiques.

Ce faisant, nous constituerons une bibliothèque de modèles qui aidera le concepteur à démarrer la construction d'un modèle des connaissances en lui offrant un choix de modèles qu'il pourra adapter aux sujets qu'il désire traiter.

3.1. BASES D'UNE CLASSIFICATION DES MODÈLES

Le système de représentation par objets typés permet de modéliser des systèmes de connaissances beaucoup plus diversifiés que les quelques exemples présentés jusqu'à maintenant. Les types de connaissances de base, concepts, procédures et principes, et les trois types de faits peuvent se combiner en des systèmes de plus en plus complexes de connaissances structurées.

MODÈLES DES CONNAISSANCES COMPLEXES

La figure 3.1 présente quatre types de systèmes composés, les systèmes conceptuels, les théories, les processus et les méthodes, que l'on retrouve partout et auxquels nous allons être en mesure de donner un sens précis et une représentation graphique dans une classification des modèles des connaissances.

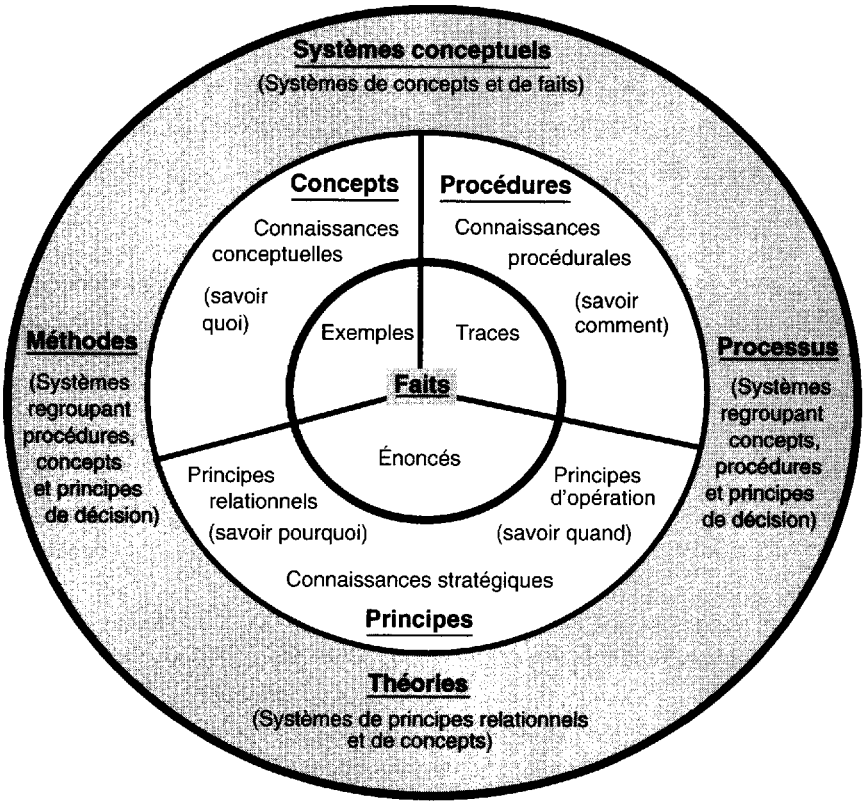
Les *systèmes conceptuels* sont constitués d'un nombre plus ou moins grand de concepts mis en relation sous la forme d'un réseau sémantique. Chaque concept possède un certain nombre d'attributs qui sont eux-mêmes reliés par des liens de généralisation, de composition ou d'autres types de liens.

Les exemples sont nombreux dans tous les domaines du savoir. Si l'on se tourne vers les sciences naturelles, on pense à la célèbre taxonomie de Linné dans le domaine des végétaux, aujourd'hui abandonnée, mais aussi aux descriptions qu'il fit de milliers d'espèces animales. En physiologie humaine, les grands systèmes, respiratoire, sanguin, osseux,

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.1
Taxonomie des connaissances:
faits et connaissances abstraites



musculaire, nerveux, hormonaux, leurs composantes et leurs interrelations sont des systèmes conceptuels. En science, la classification et la description des solides tridimensionnels, le tableau des éléments périodiques en chimie ou la description des particules atomiques et subatomiques en physique constituent d'autres exemples de systèmes conceptuels. Dans les sciences humaines, la description des régimes politiques, celle des pays et des populations, des époques et des civilisations dans lesquelles les historiens situent les événements, la composante et les fonctions d'une économie sont autant d'exemples de systèmes conceptuels.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les *théories* sont des systèmes de connaissances qui regroupent plusieurs principes relationnels (les lois ou les théorèmes) établissant des relations entre les concepts (définitions) du domaine.

Là encore, on trouve des exemples dans tous les domaines de la connaissance. La théorie de l'économie de marché regroupe des lois comme celle de «l'offre et de la demande », en plus des systèmes conceptuels comme ceux qui définissent l'offre, la demande ou encore les échanges économiques. La théorie des nombres, qui décrit les types de nombres et leurs propriétés, ainsi que les lois et les concepts permettant d'expliquer la gravitation universelle sont des théories, tout comme les principes qui expliquent la dérive des continents en géologie.

Les *processus* regroupent plusieurs procédures pouvant se dérouler séquentiellement, en parallèle ou de façon itérative. Un processus se compose également des objets intrants et des produits des procédures qui le composent, lesquels objets sont décrits par des concepts. Au sein du processus, le passage d'une procédure à une autre est déclenché en fonction de connaissances stratégiques qui sont des règles de décision déterministe ou des règles heuristiques régissant ces procédures.

Tous les domaines du savoir contiennent la description de processus qui représentent la partie dynamique de la discipline, celle où l'on s'intéresse au groupe d'actions qui produisent des résultats. On pense ici à des processus comme la rédaction coopérative d'un texte, l'examen d'un bilan financier, les protocoles expérimentaux en science, les grands processus de l'histoire qui décrivent l'ascension et le déclin des civilisations, les techniques de modelage, de sculpture ou de peinture dans les arts plastiques.

Les *méthodes* sont des systèmes prescriptifs, plutôt que descriptifs, qui regroupent à la fois des processus, des systèmes conceptuels, des réseaux de concepts, des taxonomies, des systèmes d'interprétation, mais surtout des principes méthodologiques ou des stratégies qui servent à guider l'activité humaine dans un domaine.

Il existe de nombreuses méthodes dans tous les domaines. Parmi les plus connues, la méthode expérimentale, elle-même composante de la méthode scientifique, consiste à observer les phénomènes, à en tirer des hypothèses et à vérifier les conséquences de ces hypothèses dans une expérimentation scientifique. Le génie logiciel, l'ingénierie des connaissances, le design et l'ingénierie pédagogique sont des exemples de méthodes.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

TAXONOMIE DES MODÈLES DES CONNAISSANCES

Nous allons maintenant définir les différents types de modèles des connaissances que nous venons de présenter et d'autres, dans une taxonomie des modèles des connaissances dont nous donnerons par la suite des exemples sous la forme de modèles MOT.

La figure 3.2 présente cette taxonomie de façon synthétique. Elle montre cinq grandes classes de modèles qui se subdivisent ensuite en sous-classes, pour un total de dix-sept classes principales de modèles.

Le tableau 3.1 présente la définition des cinq classes de modèles de premier niveau. Comme on peut le constater, la distinction entre les classes de modèles s'effectue en examinant les types de connaissances et de liens qu'elles contiennent. Pour certaines sous-classes, toutes les connaissances sont de même type.

Bien que les processus et les méthodes soient en quelque sorte des extensions les uns des modèles procéduraux et les autres des modèles prescriptifs, ces deux types de modèles impliquent un équilibre entre les aspects conceptuel, procédural et prescriptif. Cela nous a incité à les traiter dans une classe à part. Plusieurs exemples de ces modèles ont été vus au chapitre 2. D'autres seront présentés plus loin pour illustrer les différentes sous-classes des cinq classes principales.

3.2. SYSTÈMES FACTUELS

Les systèmes factuels, ou ensembles de faits, proviennent du regroupement des faits obtenu en instanciant un concept et ses composantes (exemple de gauche de la figure 3.3) et, plus généralement, une ou plusieurs connaissances reliées (exemple de droite de la figure 3.3). Les systèmes de faits sont souvent présentés sous la forme de tableaux.

La figure 3.3 présente deux groupes de faits. Le premier est un groupe d'exemples du concept de « chronologie » et de ses trois attributs date, événement, époque. Le second est un groupe de traces de l'opération de multiplication avec ses intrants, l'opération et le produit (communément appelé « table de multiplication »).

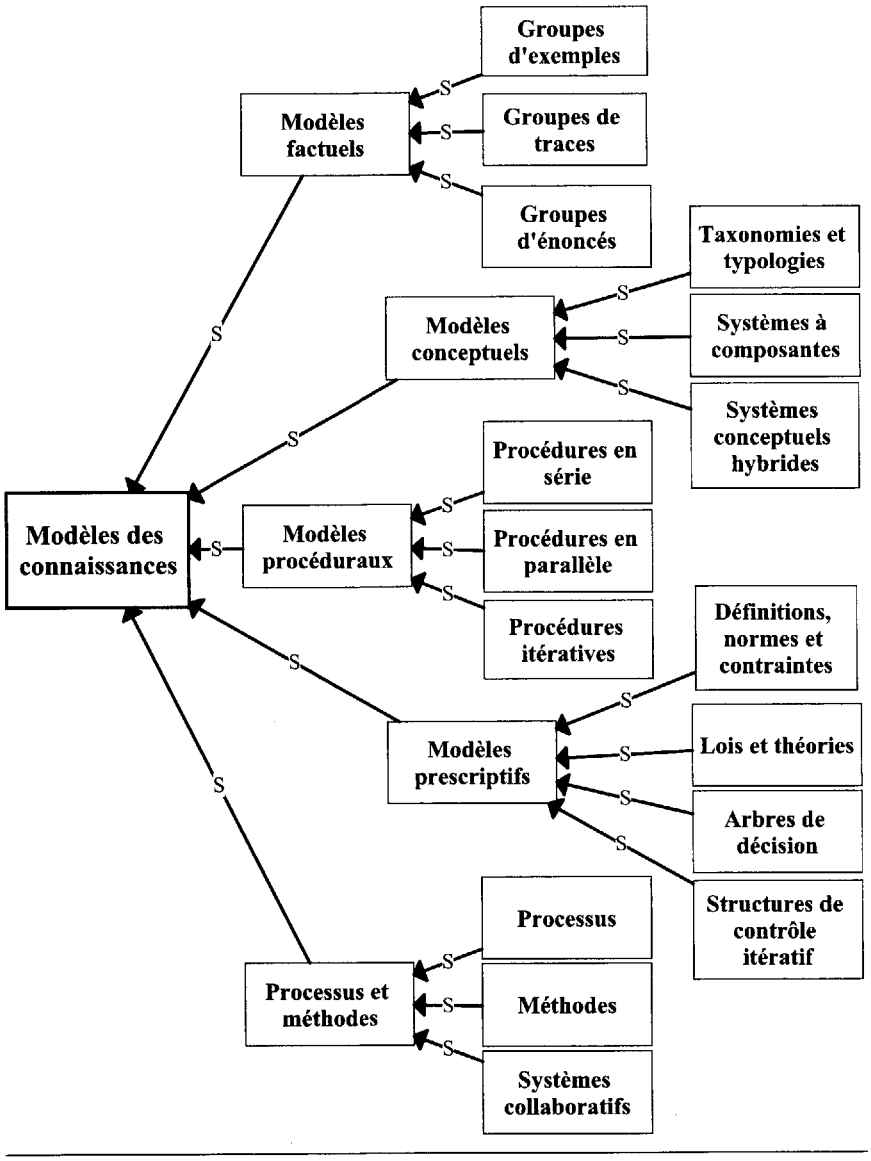
Le modèle du réseau sémantique de la figure 2.15 est également un groupe d'énoncés. La figure 3.4 présente les mêmes informations que dans ce modèle, mais sous la forme d'un réseau d'énoncés. On y retrouve six énoncés donnant les propriétés de chaque personne sur la base du

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.2

Présentation de la taxonomie des modèles des connaissances



© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 3.1
Catégories principales de modèles

Classe	Définition	Exemples
Modèles factuels	La majorité des connaissances sont des faits.	Les traces d'exécution d'une procédure de traitement d'un formulaire, un réseau de liens entre des personnes
Modèles conceptuels	La majorité des connaissances sont des concepts.	Une automobile, ses sous systèmes et leurs composantes; la taxonomie du règne animal
Modèles procéduraux	La majorité des connaissances sont des procédures.	Une procédure de calcul de l'impôt sur le revenu, la procédure de résolution des systèmes d'équation à deux inconnues
Modèles prescriptifs	La majorité des connaissances sont des principes.	Une liste de contrôle *(check list)* des conditions permettant de choisir une maison en fonction de ses besoins, les lois de la gravitation, la théorie de l'évolution des espèces.
Processus et méthodes	Aucun type de connaissances n'est majoritaire.	Un processus ou une méthode de gestion de projets, la méthode expérimentale

Tableau 3.2
Trois sous-classes de systèmes factuels

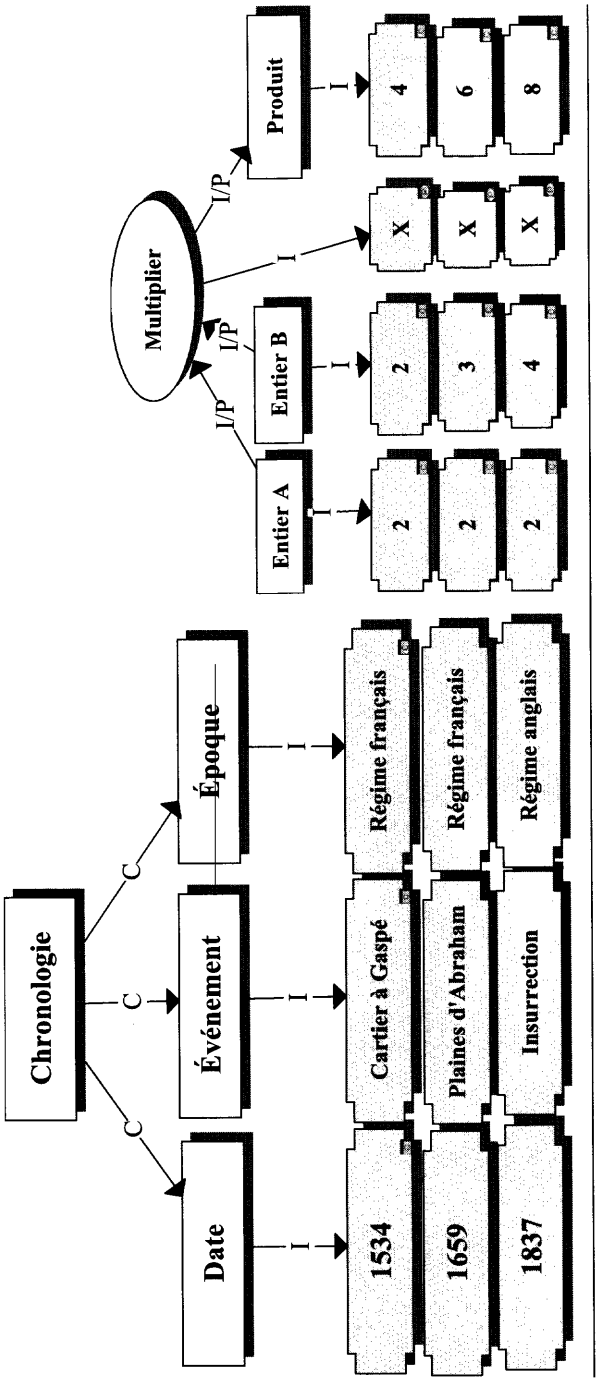
Nom de la classe	Définition	Exemples
Groupe d'exemples	Les exemples du groupe sont tous des instances du même concept, appelé « concept d'origine ».	Une liste d'événements, un tableau comparatif d'ordi-nateurs particuliers avec leur nom, leur capacité de mémoire, etc.
Groupe de traces	Les traces du groupe sont toutes des instances des mêmes procédures, appelées « procédures d'origine ».	Une table d'addition ou de multiplication, la démarche précise suivie par un contribuable qui rédige sa déclaration de revenus
Groupe d'énoncés	Les énoncés du groupe sont tous des instances des mêmes principes, appelés « principes d'origine ».	L'énoncé de toutes les propriétés qui caractérisent un médecin particulier, en tant que professionnel de la santé

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.3

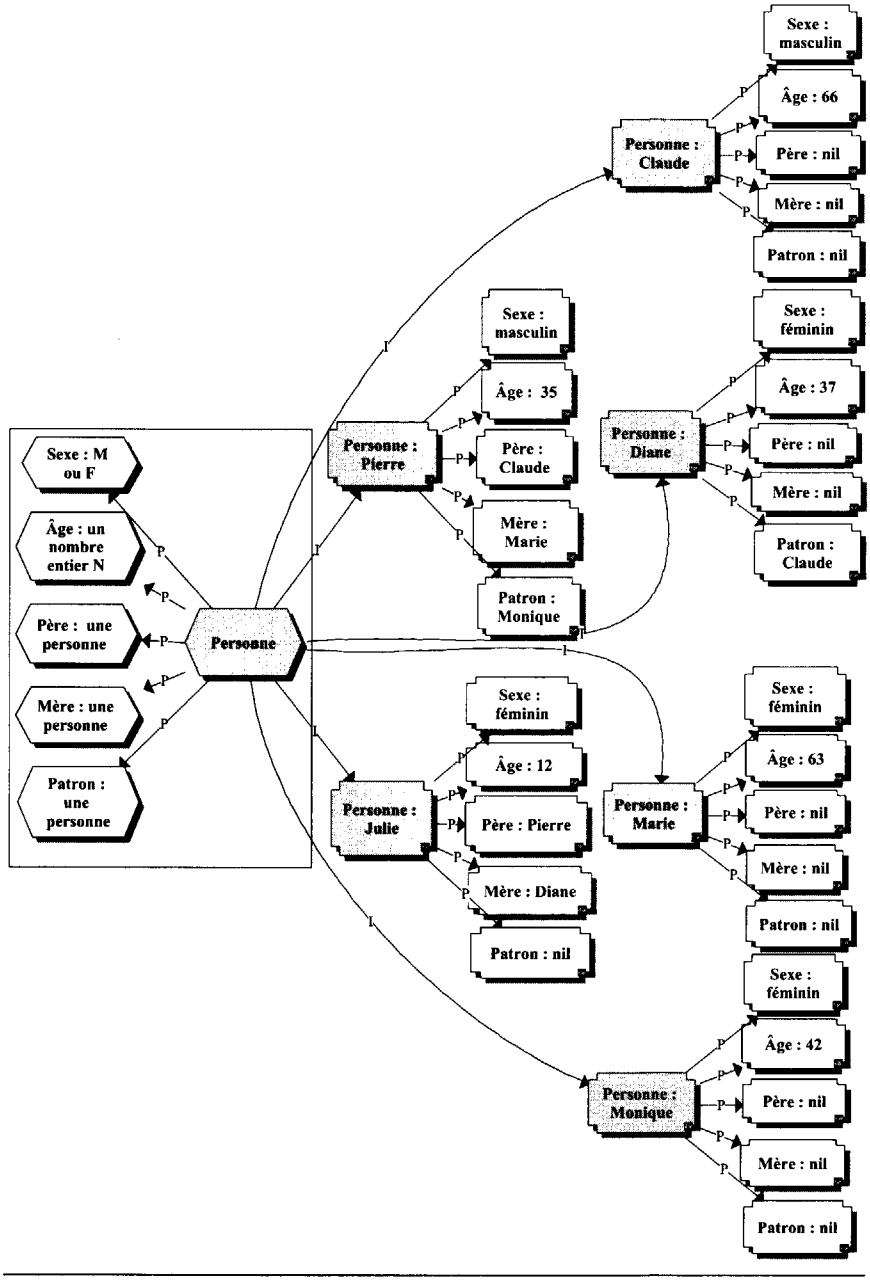
Deux systèmes factuels : un groupe d'exemples et un groupe de faits



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.4
Un réseau d'énoncés



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

principe relationnel présenté dans l'encadré[1]. La condition de ce principe peut se lire « si la personne s'appelle X » et la conclusion « alors son sexe est M ou F, etc. ». Sur la figure, l'instanciation de ce principe fournit six énoncés particuliers qui s'appliquent chacun à une personne. Le premier a pour destination l'énoncé suivant : « Si la personne est Pierre, il est de sexe masculin, a 35 ans, a pour père Claude, pour mère Marie et pour patron Monique. »

3.3. SYSTÈMES CONCEPTUELS

Un système conceptuel est un modèle composé presque exclusivement de concepts. Par conséquent, l'accent est mis sur la description des objets qui composent un système et des liens qui les unissent. Ce sont généralement des liens de composition ou de spécialisation. D'autres types de connaissances pourront figurer dans le modèle, par exemple un attachement procédural ou une contrainte de définition (voir la figure 3.7), mais ces procédures ou ces principes ont pour but de mieux faire comprendre le système.

Tableau 3.3
Trois sous-classes de systèmes conceptuels

Classe	Définition	Exemples
Typologies et taxonomies	Tous les liens sont des liens S.	Un ensemble de classes et de sous-classes de champignons
Systèmes de composantes	Tous les liens sont des liens C.	Un ordinateur, ses sous-systèmes et leurs composantes
Systèmes conceptuels hybrides	Certains des liens entre concepts sont des liens C et d'autres, des liens S.	Un système composé de figures géométriques de différentes catégories, composées de divers attributs

LES TAXONOMIES

Les taxonomies réunissent surtout des concepts mis en relation par des liens de spécialisation, c'est-à-dire entre classes et sous-classes.

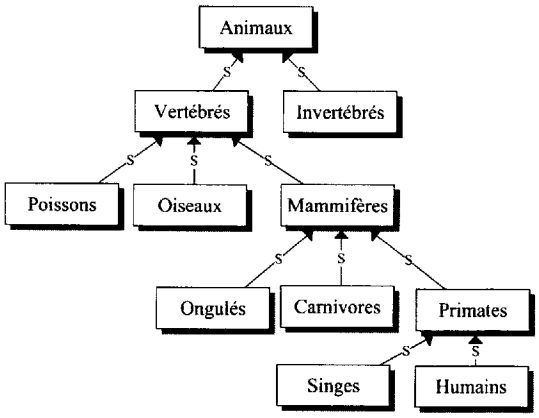
En descendant la hiérarchie des classes et des sous-classes, on arrive à des concepts regroupant un nombre de plus en plus petit d'instances possibles.

1. Notons qu'il n'est pas nécessaire que le principe engendrant le groupe d'énoncés fasse partie du modèle, à condition que l'on interprète le lien P entre deux principes dans son contexte, c'est-à-dire comme un lien si... *alors.*

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.5
Une taxonomie du monde animal



On trouve des exemples de taxonomie dans tous les domaines êtres vivants, catégories grammaticales, unités administratives dans une organisation hiérarchique, classification des médias, etc.

LES SYSTÈMES DE COMPOSANTES

Les systèmes conceptuels à composantes regroupent des concepts mis en relation par des liens de composition. Un système composé est subdivisé en ses principaux sous-systèmes, dont chacun est ensuite décomposé à son tour et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on arrive à des composantes que l'on juge terminales parce qu'elles n'ont plus besoin d'être décomposées. On trouve des exemples de systèmes composés dans tous les domaines physiologie humaine, mécanique, design pédagogique, etc.

LES SYSTÈMES CONCEPTUELS HYBRIDES

Un système conceptuel hybride est constitué, en majorité, de concepts qui sont liés tantôt par des liens de spécialisation, tantôt par des liens de composition. Certains concepts peuvent aussi être régis par des principes qui les définissent en énumérant leurs propriétés, ce qu'on appelle aussi une *définition en compréhension.* Enfin, d'autres concepts peuvent être définis par *un attachement procédural qui* spécifie la façon dont la valeur d'une composante peut être calculée à partir des autres composantes du concept.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.6
Un système de composantes

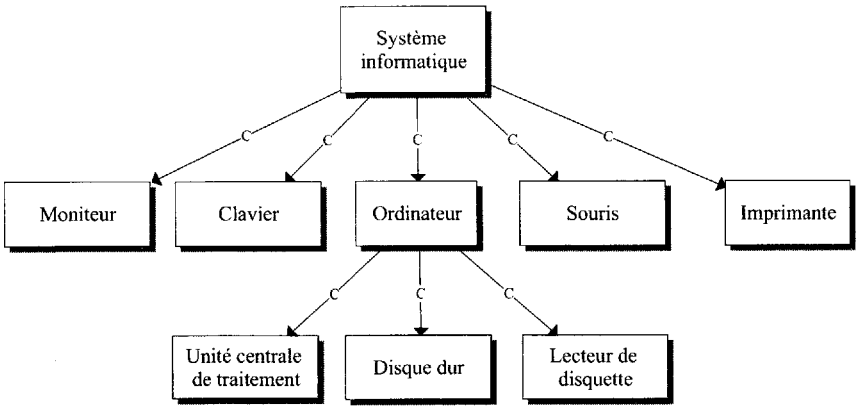
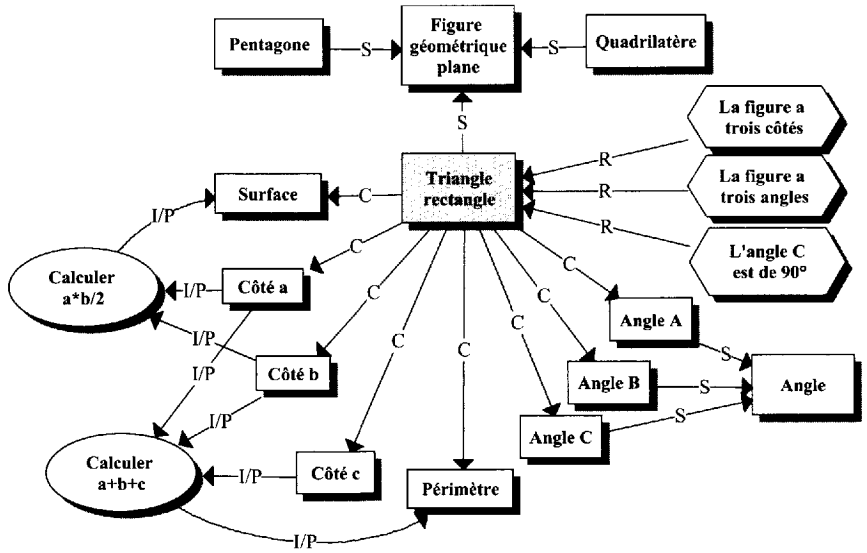


Figure 3.7
Un système conceptuel hybride



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

3.4. SYSTÈMES PROCÉDURAUX

Les systèmes procéduraux forment une organisation plus ou moins complexe de procédures qui décrivent un ensemble d'actions. On distingue trois sous-types de systèmes procéduraux: les procédures séquentielles, les procédures en parallèle et les procédures itératives ou récursives.

Tableau 3.4
Trois sous-classes de systèmes procéduraux

Classe	Définition	Exemples
Procédures séquentielles	Les procédures sont totalement ordonnées par le lien P. Chacune a au plus une procédure précédente et une procédure suivante. Il en est de même des sous-procédures qui composent une même procédure.	L'ordre du jour d'une réunion avec ses points de discussion et ses sous-points
Procédures en parallèle	Les procédures sont partiellement ordonnées par le lien P. Une procédure peut avoir plusieurs procédures suivantes et deux procédures peuvent n'avoir aucun lien P entre elles. Il en est de même des procédures qui composent une même procédure.	Les tâches de rédaction d'un ouvrage collectif ou de réalisation d'un projet où certaines tâches se font en parallèle par différentes personnes
Procédures itératives	La chaîne des liens P et I/P (entre les intrants ou produits des procédures) présente des cycles; un principe de décision déterminant les conditions d'arrêt des cycles.	Une boucle de rétroaction dans un thermostat, une procédure permettant de distribuer des personnes en un certain nombre de groupes

PROCÉDURES SÉQUENTIELLES

Les procédures séquentielles se composent de procédures, chacune étant liée par un et un seul lien de précédence à une procédure dite suivante.

Chacune des procédures peut être ensuite décomposée de la même façon jusqu'à un niveau de précision jugé suffisant. Parmi les exemples, on trouve : la suite des opérations sur une chaîne de montage permettant d'assembler un appareil ménager, un ordre du jour avec sa liste de sujets principaux et ses sous-points à discuter dans une assemblée (figure 3.8).

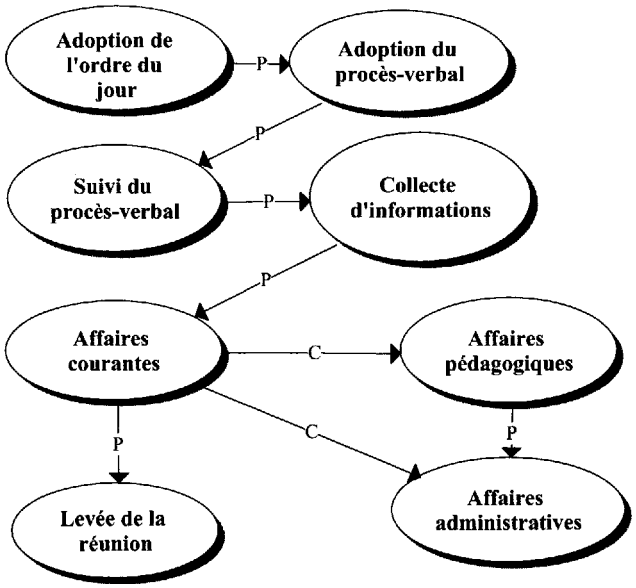
PROCÉDURES EN PARALLÈLE

Les procédures en parallèle sont des procédures qui peuvent s'exécuter simultanément, sans que l'une précède l'autre. Parmi les procédures en parallèle, on trouve la mise en page d'un journal par sections (figure 3.9),

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.8
Une procédure séquentielle



chaque section pouvant être montée simultanément par différentes personnes. Un autre exemple est celui du calendrier des ligues sportives où plusieurs matches ont lieu le même jour jusqu'à la fin de la saison, le classement étant déterminé par le total des points obtenus.

PROCÉDURES ITÉRATIVES

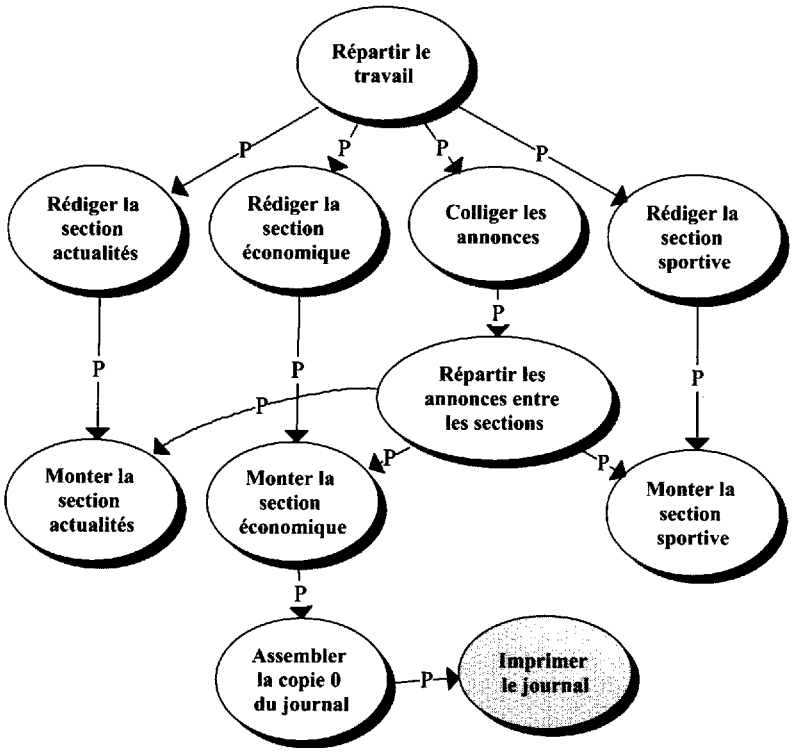
La procédure itérative possède un caractère hybride. Elle peut consister en procédures séquentielles ou en parallèle, mais elle fait aussi appel à des principes d'opération ainsi qu'à des concepts intrants et produits des procédures qui la composent. Les principes spécifient des conditions qui, lorsqu'elles sont satisfaites, amènent l'exécution d'une autre procédure.

L'itération se produit lorsqu'une des conditions d'un principe de décision a pour action subséquente de revenir à une procédure précédente, et ce jusqu'à ce que la condition dite d'arrêt d'un autre principe soit satisfaite, ce qui permet alors soit de terminer la procédure, soit d'entreprendre une autre procédure.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.9
Une procédure en parallèle



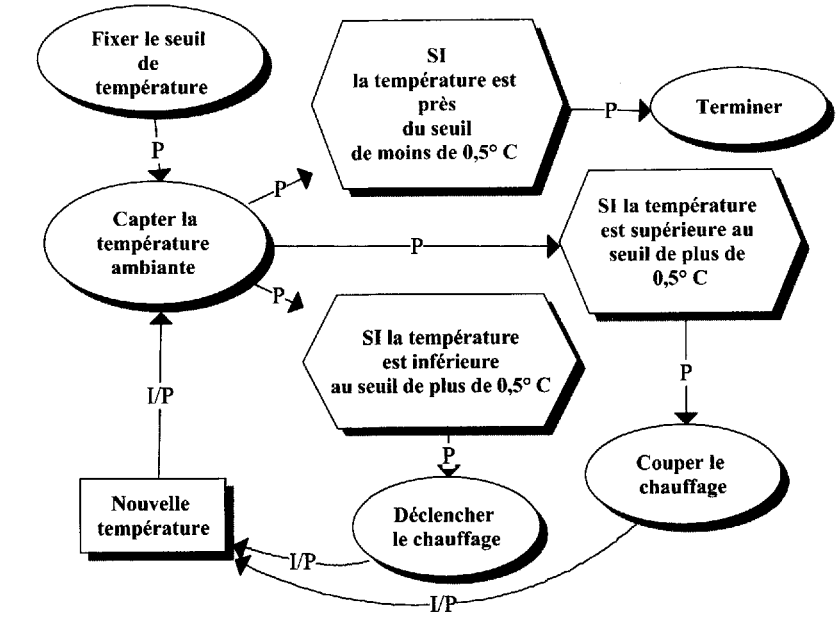
L'exemple de la figure 3.10 illustre cette situation. Il s'agit du modèle du fonctionnement d'un thermostat. Une fois que le seuil de la température désirée est fixé, le thermostat capte la température ambiante. Si celle-ci diffère peu du seuil fixé, son travail s'arrête là. C'est là la condition d'arrêt.

Si la température ambiante est trop en deçà du seuil, le chauffage démarre et le thermostat capte à nouveau la température ambiante. Si le seuil est dépassé, le thermostat coupe le chauffage et capte à nouveau la température ambiante. L'exécution de la procédure se poursuit ainsi jusqu'à ce que la condition d'arrêt soit satisfaite.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.10
Une procédure itérative



3.5. SYSTÈMES PRESCRIPTIFS

Les systèmes prescriptifs se composent principalement de principes, donc d'affirmations. On distingue ici quatre sous-classes de systèmes prescriptifs selon que le but est de définir les propriétés d'un objet, d'établir des relations de dépendance ou de causalité entre concepts (lois et théories), de sélectionner un objet après de multiples décisions ou de gérer le flux de contrôle entre les procédures qui composent un processus.

DÉFINITIONS, NORMES OU CONTRAINTES

Le cas où un principe régit un concept peut être interprété comme une *définition*, au moins partielle, de ce concept. Il peut également être interprété comme une *norme ou* une *contrainte* que chacune des instances du concept devra respecter. Nous avons présenté deux exemples de définition illustrés à la figure 2.7.

Les règles concernant l'origine et la destination d'un modèle MOT présentées au chapitre 2 sont également des contraintes qui contribuent à la définition du concept de modèle MOT. D'autres exemples sont fournis

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

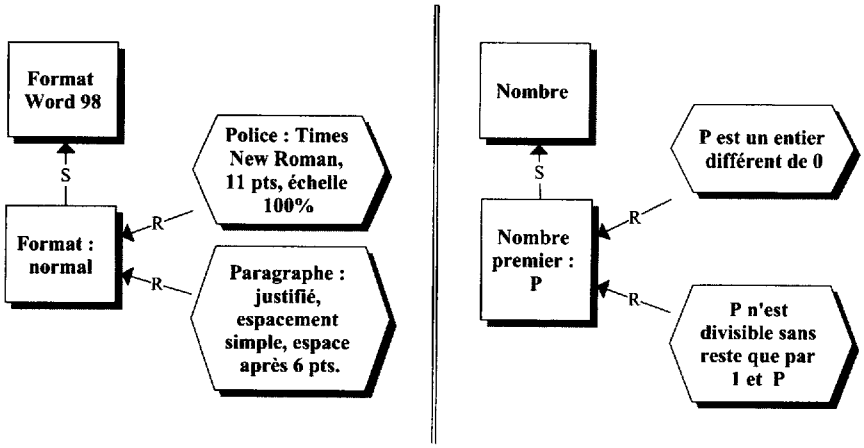
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 3.5
Quatre sous-classes de systèmes prescriptifs

Classe	Définition	Exemples
Définitions, normes et contraintes	Chaque principe est un énoncé régissant un seul concept et décrivant une condition à laquelle les instances du concept doivent satisfaire.	Une liste des propriétés qui caractérisent les oiseaux, la définition du concept de « surplus accumulé » en comptabilité
Lois et théories	Chaque principe régit plus d'un concept et met en relation Si... Alors des conditions sur les concepts régis.	La loi de l'offre et de la demande en économie, les théorèmes de géométrie plane, les lois de la gravitation en physique
Arbres de décision	Les principes sont ordonnés par des liens P; cet arbre de précédente se termine par l'exécution d'une procédure.	Un ensemble de règles pour choisir une maison ou un véhicule financier en fonction de ses besoins
Structures de contrôle itératif	Les principes ne sont pas ordonnés par des liens P; ils expriment une exécution comportant des cycles dans les procédures qu'elles régissent.	Les principes qui régissent le diagnostic médical, des principes de gestion de projet

par les gabarits ou les feuilles de style. Par exemple, le format normal que nous utilisons pour ce paragraphe est défini par les principes illustrés dans la première partie de la figure 3.11. La définition d'un nombre premier, illustrée dans la seconde partie, fournit un autre exemple.

Figure 3.11
Deux exemples: une norme et une définition



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

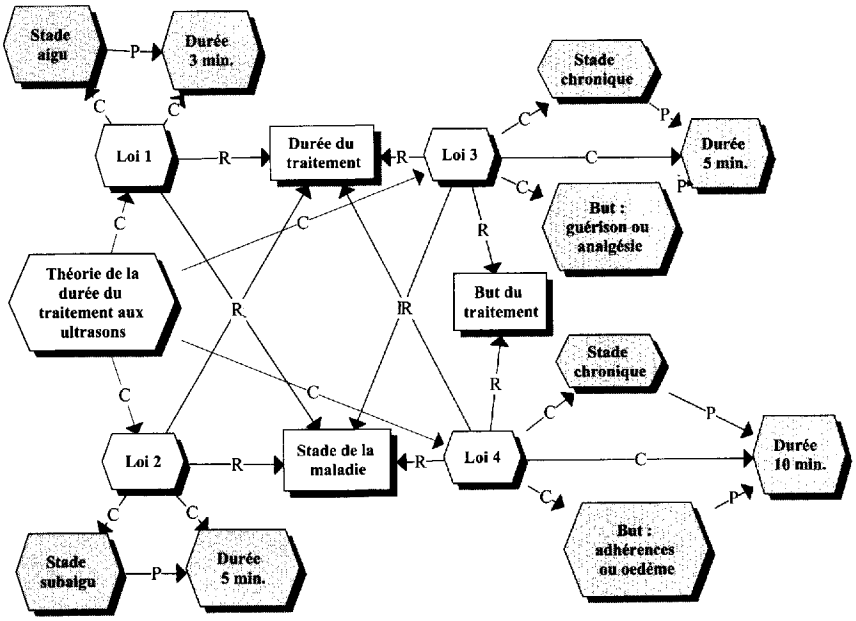
LOIS ET THÉORIES

Dans chaque domaine du savoir, on vise à établir des lois qui, regroupées, formeront une théorie du domaine. On peut donner en exemple les lois de la gravitation en astrophysique, la théorie de l'offre et de la demande en science économique ou les axiomes et les théorèmes de la géométrie qui établissent des relations entre les concepts de point, de droite, de cercle, de polygone, etc.

Chacune des lois dans ces domaines n'est rien d'autre qu'un principe relationnel énonçant un lien de cause à effet ou de dépendance entre des propriétés rattachées à des concepts du domaine.

L'exemple de la figure 3.12 présente une théorie simple permettant de déterminer la durée d'un traitement de physiothérapie aux ultrasons. On a besoin de trois concepts : outre la durée, on doit déterminer le but du traitement et le stade de la maladie. Le but du traitement peut prendre quatre valeurs selon que l'on vise la guérison, l'analgésie, la réduction des adhérences ou la réduction d'un œdème. Le stade peut être aigu, subaigu ou chronique. Quant à la durée, elle peut être fixée à 3, à 5 ou à 10 minutes.

Figure 3.12
Une théorie composée de quatre lois pour établir la durée d'un traitement



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La théorie se compose de quatre lois. Les lois 1 et 2 ne font pas intervenir le but du traitement. Ce sont des principes relationnels qui ne régissent que le stade et la durée. Si le stade est aigu, la durée sera de trois minutes; si le stade est subaigu, la durée sera de cinq minutes.

Pour la bonne interprétation de ce modèle, soulignons ici que, lorsqu'un principe précède (lien P) un autre principe, nous interprétons toujours le premier comme étant la condition et le second, la conclusion (ou l'action s'il s'agit d'une procédure).

Les lois 3 et 4 sont des principes relationnels qui régissent les trois concepts et font aussi intervenir le but du traitement dans le cas où le stade est chronique. Si le stade est chronique et que le but du traitement est la guérison ou l'analgésie, la durée du traitement sera de cinq minutes. Si le stade est chronique et que le but est de réduire des adhérences ou un œdème, la durée du traitement sera de dix minutes[2].

ARBRES DE DÉCISION

Le domaine des systèmes experts a popularisé le concept d'arbre de décision, qui est l'équivalent d'une base de connaissances sous forme de règles. Comme nous l'avons vu au chapitre 2, dans l'exemple de l'automobile, ces règles sont des principes relationnels qui s'appliquent en succession jusqu'à ce que le système puisse recommander une option.

On trouve de tels arbres de décision dans de nombreux domaines choix d'un véhicule financier à partir de certaines caractéristiques du client, identification de plantules de mauvaises herbes, détermination du statut d'un immigrant selon les lois de citoyenneté et d'immigration, etc. La figure 3.13 présente un autre exemple (fictif) visant à déterminer le taux d'imposition progressif d'un contribuable, selon son revenu imposable, qu'il soit marié ou non et qu'il ait des enfants ou non.

Le modèle MOT est interprété comme suit.

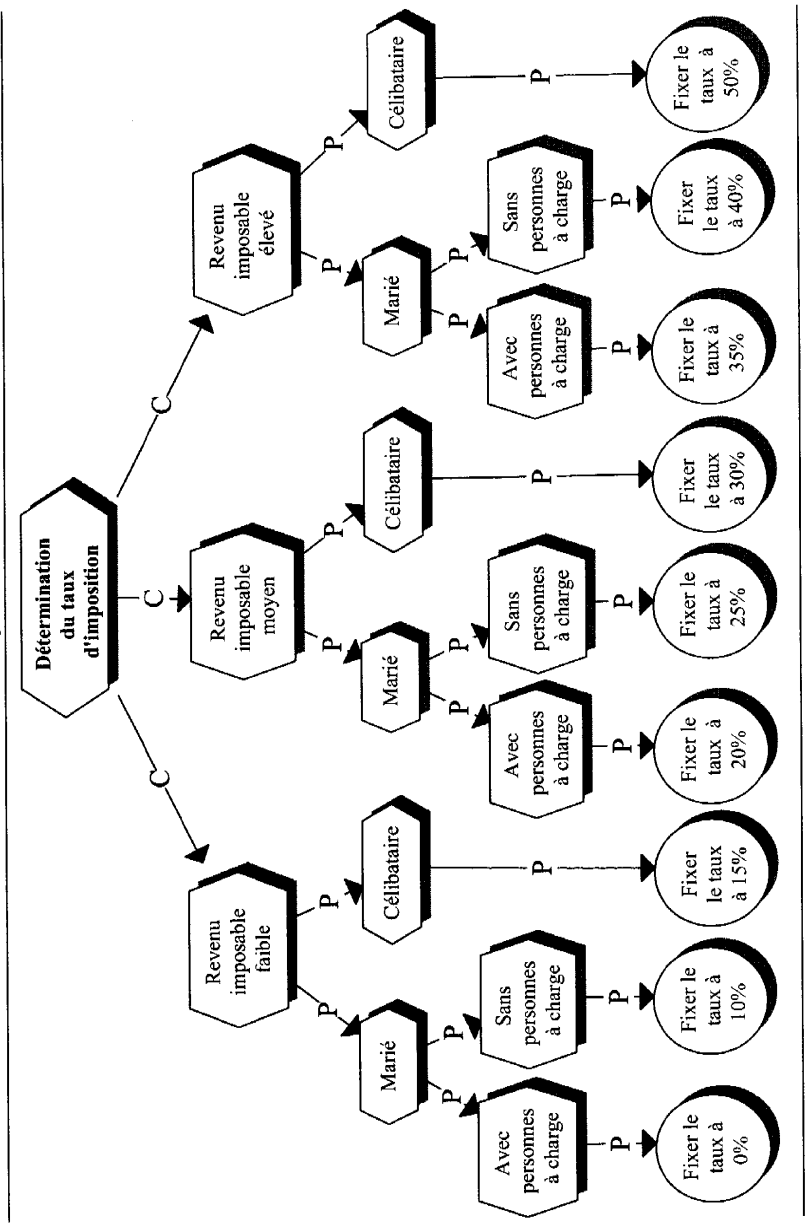
- Trois groupes de règles composent le système prescriptif, selon que le contribuable a un revenu imposable faible, moyen ou élevé.
- Pour chaque groupe, on trouve d'abord une condition selon que le contribuable est marié ou célibataire ; puis une autre condition spécifiant si le contribuable a ou non des enfants.

2. Cet exemple est extrait du logiciel SONODOSE que l'auteur a réalisé avec le Groupe Micro Intel, une entreprise québécoise dans le domaine du logiciel de formation multimédia.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.13

Un arbre de décision pour le calcul de l'impôt



© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Chaque groupe se compose donc de trois principes qui correspondent aux trois chemins principaux du graphe ; par exemple, le premier groupe se compose des règles suivantes
  - Si le revenu imposable est faible et que le contribuable est marié avec enfants, alors le taux est de 0 %.
  - Si le revenu imposable est faible et que le contribuable est marié sans enfants, alors le taux est de 10 %.
  - Si le revenu imposable est faible et que le contribuable est célibataire, alors le taux est de 15 %.

STRUCTURE DE CONTRÔLE D'UN PROCESSUS

Dans les processus complexes, il est souhaitable d'extraire la structure de contrôle pour la présenter à l'extérieur du processus régissant l'exécution des tâches et des sous-tâches représentées par les procédures. C'est ainsi que l'on peut refléter le caractère non linéaire de beaucoup de processus.

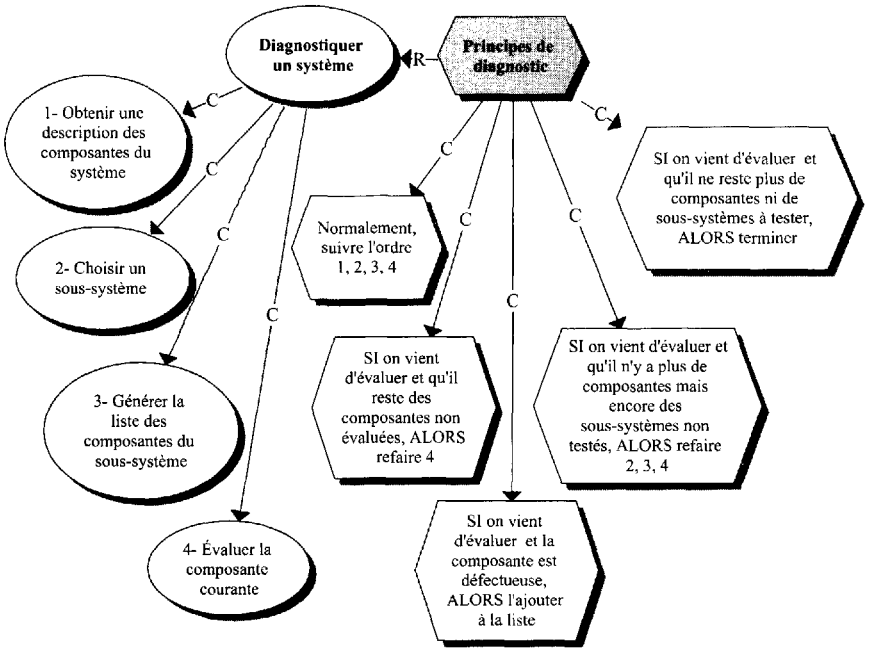
Par exemple, le design d'une salle à manger comporte plusieurs phases (représentées par des procédures) qui consistent à définir les besoins du client, à mesurer l'environnement, à construire le croquis ou une maquette d'une proposition, à adapter la proposition, à la faire valider, à réaliser l'aménagement. Bien qu'elles indiquent une progression dans le temps, ces phases ne sont pas ordonnées linéairement de façon stricte, de fréquents retours à des phases antérieures s'avérant nécessaires. La structure de contrôle énonce les principes qui régissent l'ordre d'exécution des sous-tâches. Par exemple, un principe tel que « Si les besoins sont imprécis à la phase 1, revenir les préciser une fois les mesures prises avant de faire le croquis ou la maquette » permet de modifier l'ordre normal d'exécution des tâches.

La figure 3.14 illustre une structure de contrôle semblable pour un processus de diagnostic. Fait intéressant, cette structure de contrôle est générique, c'est-à-dire qu'elle demeure la même qu'il s'agisse de faire le diagnostic pour une chaîne haute fidélité ou pour le système digestif d'un animal. Elle peut donc être réutilisée dans divers domaines d'application. Dans cet exemple, la structure de contrôle se compose de cinq principes qui, ensemble, distribuent le contrôle entre les quatre sous-procédures de diagnostic. Elle permet de générer et de tester une à une, et systématiquement, les diverses composantes du système cible.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.14
Des principes pour le contrôle d'une procédure de diagnostic



3.6. PROCESSUS ET MÉTHODES

Les processus et les méthodes sont des modèles hybrides mettant en jeu tous les types de connaissances abstraites et la plupart des liens. On distingue ici les processus, les techniques et les méthodes ainsi que les systèmes collaboratifs multi-agents.

PROCESSUS

Les processus concernent la dynamique d'un système comme le fonctionnement d'une usine, les tâches menant au diagnostic d'un problème mécanique ou médical, la prédiction des rentrées de fonds dans une entreprise ou la démarche d'évaluation de la performance d'un département.

Le lien intrant/produit est central ici entre les concepts, qui représentent les objets à traiter ou produits, et les procédures qui les transforment. Il relie les procédures représentant les tâches qui composent le processus. Le produit d'une tâche devient alors l'intrant d'une ou de

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 3.6
Trois sous-classes de processus et méthodes

Classe	Définition	Exemples
Processus	Le modèle ne contient pas d'ensembles élaborés de principes mais des principes de décision algorithmiques qui servent surtout à décrire les opérations.	Un processus de diagnostic du mauvais fonctionnement d'une automobile, un processus de production industrielle de l'acier
Méthodes	Le modèle se compose de processus; le choix entre les processus fait appel à des arbres de décision ou à des structures de contrôle itératif complexes; les principes sont des principes d'action heuristiques ou des principes relationnels régissant les concepts.	Une méthode de conception et de réalisation d'un logiciel, une méthode de rédaction d'un récit, une méthode de peinture figurative, une méthode d'ingénierie pédagogique
Systèmes collaboratifs multi-agents	Les principes du modèle décrivent les agents et leurs rôles dans l'exécution des procédures ou des processus qui composent le modèle.	Un processus de rédaction d'un ouvrage en équipe précisant les rôles de chacun, un système d'assistance pédagogique faisant appel à divers spécialistes

plusieurs autres tâches qui poursuivent la transformation vers le bien livrable à produire, tout en respectant un certain nombre de contraintes définies par des principes.

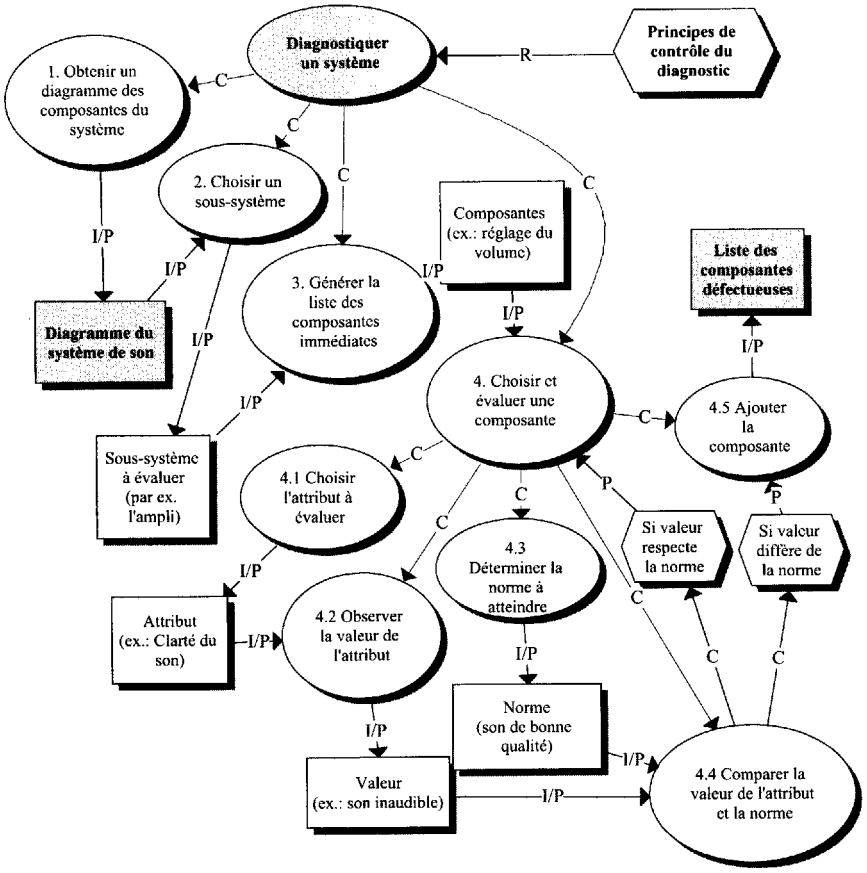
Les principes d'opération gèrent le contrôle du passage d'une procédure à l'autre dans le processus. Ce sont des principes précis ayant un caractère descriptif, sans lesquels on ne peut comprendre le processus.

La figure 3.15 présente le modèle d'un processus de diagnostic d'un système de son. Les intrants et les produits de chaque sous-processus sont indiqués. Le processus « Évaluer la composante courante » est décomposé en quatre tâches principales, la dernière tâche étant à son tour décomposée en cinq procédures. Les liens C sont indiqués en pointillé.

Le déroulement de base du processus est indiqué par la chaîne des liens I/P montrant les intrants et les produits des procédures. La procédure 4.4 est déterminante. Elle est basée sur un principe de comparaison entre la valeur d'un attribut à observer et une norme de bon fonctionnement. En cas de non-adéquation, la composante sera ajoutée à la liste des composantes défectueuses, sinon on évaluera une autre composante.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.15
Un processus de diagnostic



Notons que l'attribut à observer va différer d'une composante à l'autre. Par exemple, pour un téléviseur, il pourra s'agir de certaines caractéristiques de l'image, et pour un amplificateur, de la clarté du son.

La description du processus est complétée par l'énoncé de principes d'opération du diagnostic. On peut développer ce sous-modèle en utilisant des principes semblables à ceux de la figure 3.13.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

MÉTHODES ET TECHNIQUES

Les méthodes et les techniques diffèrent des processus par l'ampleur des tâches considérées (celles-ci se composent de plusieurs processus) et le point de vue utilisé. Les techniques comportent généralement des processus ciblés vers un produit qui peut se révéler utile dans plus d'une méthode. Les méthodes et les techniques visent la création de nouveaux objets, plutôt que la production mécanique de biens livrables. Leur point de vue se déplace de la simple description du contrôle des processus vers les principes heuristiques qui régissent l'exécution des différents processus. Un principe heuristique n'est pas une règle déterministe qui prescrit la bonne façon de procéder et garantit le succès à coup sûr. Il donne plutôt un conseil qui permettra généralement à ceux qui le suivront d'obtenir de bons résultats.

On trouve des méthodes dans tous les domaines : planification d'un projet de réalisation d'un logiciel, design d'une construction domiciliaire ou industrielle, réalisation des plans d'un quartier d'une ville, ingénierie éducative.

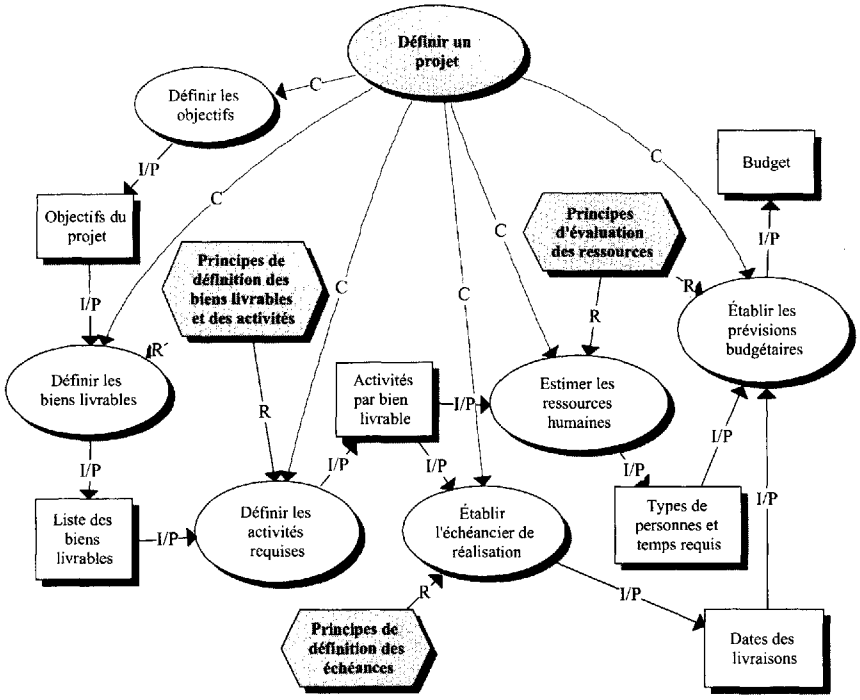
Par exemple, la méthode d'ingénierie pédagogique MISA[3] se compose de six grands processus qui correspondent aux phases de développement du devis d'un système d'apprentissage, et de quatre processus de développement de devis spécialisés : devis des connaissances et des compétences, devis pédagogique, devis des matériels et devis de diffusion. Ces processus ont pour produits 35 documents dont on déterminera les valeurs des attributs. La méthode repose sur trois groupes de principes méthodologiques : les principes d'adaptation, les principes de progression dans les phases et les principes de coordination des axes.

La figure 3.16 présente les tâches de premier niveau d'une autre méthode, plus simple, qui permet de définir un projet. Les trois groupes de principes heuristiques sont déterminants et devront être décrits avec plus de précision que ce n'est le cas ici. En fait, chacun demandera le développement d'un sous-modèle prescriptif regroupant possiblement un grand nombre de principes de décision selon le type de projets envisagé. Par exemple, le troisième groupe de principes pourrait contenir des principes tels que : « Il est important de répartir les ressources de façon équilibrée entre les phases prévues à l'échéancier » ; « Si les échéances sont rapprochées, utiliser surtout des personnes expérimentées » ; « Prévoir du temps pour que chacun puisse participer à la coordination et à l'évaluation continue du projet».

3. Nous présentons un modèle de cette méthode au chapitre 9.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 3.16
Une méthode pour la définition d'un projet



SYSTÈMES COLLABORATIFS

La plupart des processus et des méthodes requièrent la coopération ou la collaboration de plusieurs personnes ou agents. On parlera de coopération si les personnes ont des rôles différents et complémentaires, par exemple dans la production d'une revue, et de collaboration si les personnes exécutent ensemble la tâche en assumant des rôles semblables, par exemple dans la rédaction d'un texte synthèse en équipe. Dans les deux cas, les utilisateurs devront coordonner leurs actions, mais de façon différente selon qu'ils coopèrent ou qu'ils collaborent.

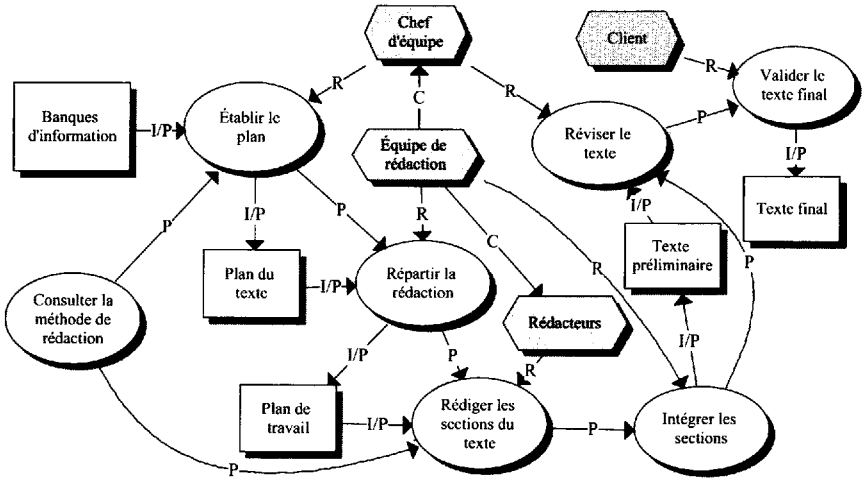
La figure 3.17 illustre un processus de rédaction en collaboration d'un texte synthèse pour un client. Les différentes tâches sont représentées par des procédures, les sources d'information et les productions, par des concepts, et les agents par des principes. Le chef d'équipe dirige l'établissement du plan et la révision du texte. Le client valide le texte final. Chaque

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

rédacteur individuel rédige une section du texte (coopération). L'équipe de rédaction, composée du chef d'équipe et des rédacteurs, établit le plan de travail et intègre le texte.

Les agents sont représentés par des principes pour mettre en évidence leur rôle dans le contrôle du processus. On pourrait aussi les représenter par des concepts, ce qui permettrait d'énumérer leurs attributs, tels que le nom, la profession, les compétences, etc. Il n'en demeure pas moins que le rôle de l'agent est principalement décrit par les principes auxquels il a recours pour intervenir dans les tâches qui le concernent. C'est donc cette dimension de l'agent qui est jugée importante ici.

Figure 3.17
Un processus collaboratif de rédaction d'un texte synthèse



CONCLUSION

Il est particulièrement rassurant de constater que le principe à la base de la représentation MOT, soit le typage des connaissances et des liens, peut conduire à une vision cohérente de ce domaine que nous traitons ici l'étude des modèles des connaissances.

Les exemples que nous avons présentés demeurent relativement simples, bien qu'ils couvrent une grande variété de domaines de connaissances et surtout de types de modèles. Plus loin dans cet ouvrage, nous examinerons des exemples plus complexes, notamment au chapitre 9 où

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

nous présenterons des modèles bâtis dans des projets réels d'ingénierie pédagogique. Dans ce même chapitre, la description de la méthode d'ingénierie pédagogique MISA à l'aide d'un modèle MOT très développé démontrera la capacité d'expression du système de représentation exposé ici.

À la fin du chapitre 2, nous avons laissé en suspens la question de la généralité et de la complétude du système de représentation. Il est impossible de démontrer de façon totalement probante que ces objectifs sont atteints, la méthode de représentation ayant certainement ses limites. Par exemple, si l'on désire développer des systèmes informatiques complexes, il vaut sans doute mieux faire appel aux représentations standards utilisées en génie logiciel, tels que les graphes entités-relations ou les modèles objets de type KADS ou UML. Cependant, même dans ce cas, la modélisation MOT pourra aider l'usager à penser, à clarifier les connaissances de base et leurs interrelations, à déceler les zones obscures qui méritent d'être approfondies avant d'entreprendre une description plus technique du système à développer.

La taxonomie des modèles et les exemples rapportés dans le présent chapitre démontrent toutefois le niveau de généralité de la méthode. Celle-ci est applicable dans la plupart des domaines de connaissances. De plus, dans un domaine de connaissances donné, elle répond largement à des critères de complétude. On pourra s'en servir pour établir la définition des concepts de base, leur association dans des systèmes conceptuels, la description de l'aspect dynamique du domaine au moyen de systèmes procéduraux et de processus, de même que l'aspect prescriptif des lois, des théories et des méthodes qui concourent à faire de la connaissance, non seulement un ensemble de descriptions statiques ou dynamiques, mais surtout un moyen de déterminer quand agir et pourquoi certains phénomènes peuvent se produire.

Le langage graphique décrit ici est un outil d'investigation des connaissances. On pourra s'en servir pour résumer des lectures, effectuer des synthèses, préparer des présentations et concevoir des systèmes utiles à l'apprentissage d'autres personnes. Pour ce faire, il est utile d'acquérir certaines habiletés à modéliser, à représenter graphiquement divers types de modèles des connaissances. C'est l'objectif du chapitre suivant, consacré à la description d'outils de modélisation et d'une technique de support à la construction de modèles des connaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

4

OUTILS ET TECHNIQUE DE MODÉLISATION

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans les chapitres précédents qui portaient sur la modélisation des connaissances, nous avons insisté sur le « quoi » et le « pourquoi ». Dans celui-ci, nous nous intéressons au « comment faire ». Nous présentons deux versions d'un éditeur de modèles permettant de construire des représentations graphiques basées sur la modélisation par objets typés. Puis nous utiliserons ces outils à l'intérieur d'une technique décrivant les processus et les principes de modélisation.

4.1. LES ÉDITEURS DE MODÈLES MOT ET MOT+

Voyons d'abord brièvement les principales fonctionnalités des éditeurs de modèles MOT et MOT+. Les logiciels MOT et MOT+ sont des outils de représentation graphique qui servent à créer des modèles respectant la syntaxe de la modélisation par objets typés.

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES ÉDITEURS

Après le démarrage de l'application, MOT affiche une fenêtre de travail qui servira à la création et à l'édition des modèles. La figure 4.1 présente les principales caractéristiques de cette fenêtre.

Comme on peut le constater, les éditeurs MOT et MOT+[1] sont dotés de capacités d'édition évoluées. On peut modifier la plupart des attributs graphiques d'un objet, comme la couleur, la trame, la fonte, l'alignement, ainsi que la position relative des objets par superposition, alignement, espacement, etc. La barre des menus et la palette principale contiennent des fonctionnalités d'édition semblables à la plupart des progiciels évolués comme Word, Excel ou WordPerfect.

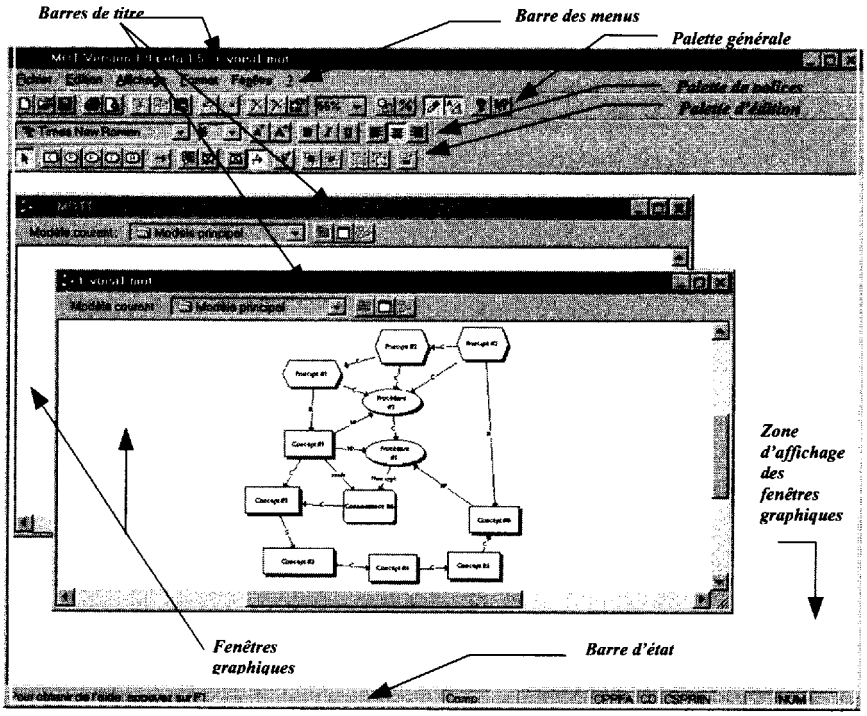
Les éditeurs MOT et MOT+ permettent d'associer à une connaissance des documents de tout type qui appliquent la norme OLE, par exemple les traitements de texte, les présentateurs de diapositives, les éditeurs d'images, les fureteurs Web, les tableurs et les bases de données. On peut ainsi documenter une connaissance ou un modèle par un texte, une figure, un tableau ou une page Web. On peut aussi documenter un modèle au moyen de commentaires associés aux connaissances ou aux liens et construire automatiquement un fichier texte regroupant ces commentaires.

1. L'interface de MOT+ comporte des différences importantes qui seront présentées plus loin.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.1
Fenêtres de travail de l'éditeur MOT



La figure 4.2 illustre certaines de ces fonctionnalités. On y présente un modèle de la structure d'un cours développé avec MOT[2]. Le modèle principal et le sous-modèle du module 2 apparaissent dans deux fenêtres. Une autre fenêtre texte associée à une activité en décrit la consigne.

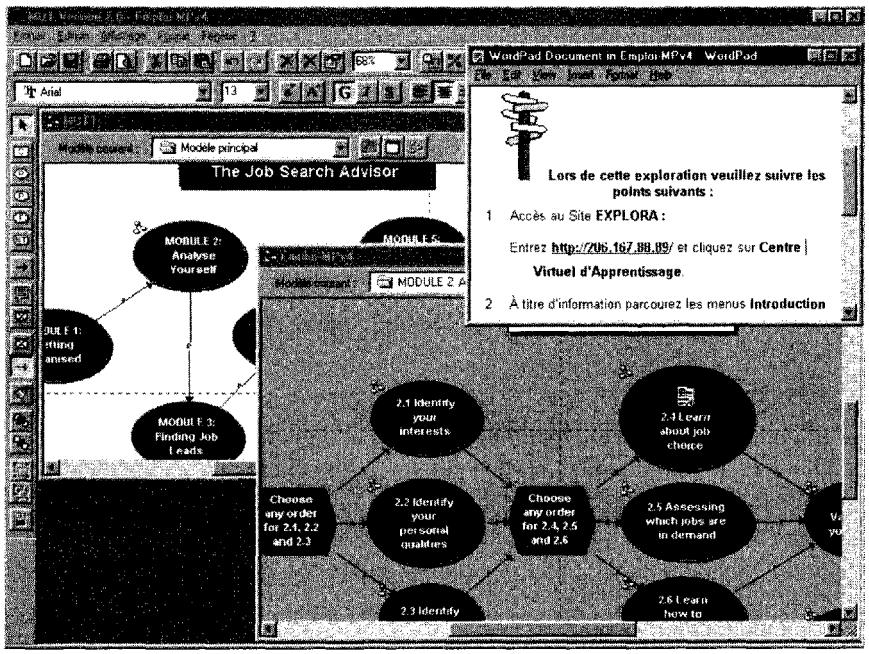
La barre d'édition (à gauche) est celle où l'on peut choisir un objet MOT de type concept, procédure, principe, exemple, trace ou énoncé. On peut également choisir de tracer des liens C, S, I, P, R, I/P entre deux connaissances.

2. Ce cours, « The job Search Advisor », a été bâti en 1998-1999 pour le compte du Bureau des technologies de l'apprentissage du Gouvernement canadien, par une équipe dirigée par l'auteur.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.2
Un modèle, un sous-modèle et un objet texte



Le logiciel permet d'utiliser aussi un rectangle aux coins arrondis pour représenter une *connaissance non typée* ainsi qu'un *lien non typé* dont le nom est défini par l'usager. Ces éléments permettent de créer des représentations qui s'écartent de la modélisation par objets typés, par exemple des graphes entités-relations.

Une fonctionnalité importante de MOT est la possibilité de *traiter plusieurs modèles* en même temps en utilisant différentes fenêtres graphiques. On peut alors transférer des connaissances d'un modèle à l'autre. Il est également possible de *filtrer un modèle* pour n'afficher que certains types de connaissances ou de liens. On peut créer automatiquement le *voisinage d'une connaissance* en y regroupant toutes les connaissances à une certaine distance d'une connaissance donnée.

MODÈLE PRINCIPAL ET SOUS-MODÈLES DESCENDANTS

La plupart des modèles étant difficilement lisibles dans une seule fenêtre, MOT permet d'associer des modèles à chacune des connaissances d'un modèle et de déployer le *modèle par niveaux* au moyen de sous-modèles,

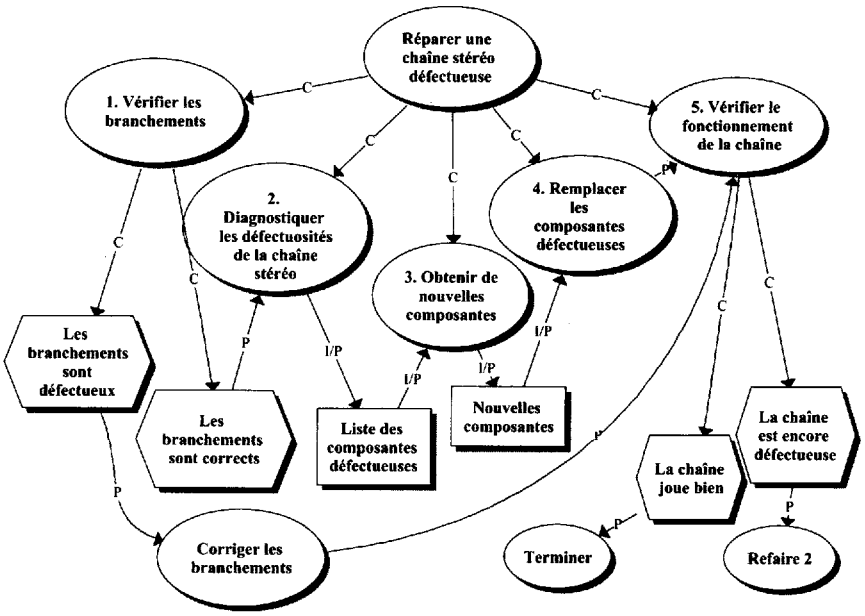
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

et ce sur autant de niveaux qu'il est nécessaire. Cette fonctionnalité est très importante pour la technique de modélisation et nous allons l'illustrer par un exemple[3].

Supposons qu'il faille réparer une chaîne stéréo défectueuse. Un spécialiste doit exécuter successivement plusieurs tâches pour effectuer cette réparation. Comme point de départ pour modéliser ces tâches, nous aurons recours à un modèle de type procédural.

Figure 4.3
Exemple de modèle procédural



- La figure 4.3 présente un premier modèle de la procédure.

L'action de réparer une chaîne stéréo défectueuse se compose de cinq procédures numérotées 1, 2, 3, 4, 5. Deux de ces procédures (1 et 5) se composent de conditions ou « principes » précédant chacun une action. Ces principes suivis de procédures peuvent s'interpréter sous la forme si... *alors.* Les trois autres procédures (2, 3, 4) produisent des objets de type concept qui sont utilisés comme intrants d'autres procédures.

3. Cet exemple est adapté de Léonard et Lalonde (1997).

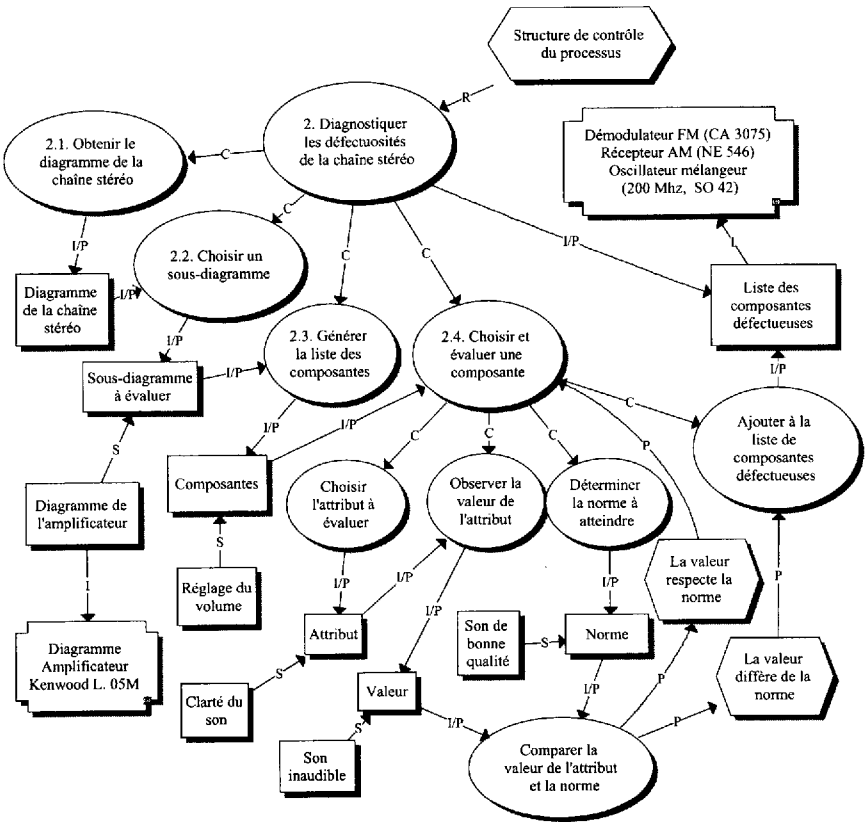
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ce modèle de premier niveau correspond à une première étape dans l'élaboration d'un modèle. Il s'agit en somme de mettre en place une vue générale du sujet à traiter. Cette vue générale ne s'embarrasse pas tout de suite de détails qui rendraient la compréhension du modèle difficile. Cependant, dans bien des cas, il est important de développer davantage le modèle des connaissances d'un domaine. Cela se fait en construisant d'autres modèles de deuxième ou de troisième niveau, chacun étant associé à des connaissances du modèle principal qui nécessitent d'être approfondies.

- La figure 4.4 présente les détails de la procédure 2, « Diagnostiquer les défectuosités de la chaîne stéréo ». Cette connaissance a été développée en un autre modèle qui l'explicite.

Figure 4.4
Modèle descendant associé à la connaissance « Diagnostiquer... »



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Cet exemple illustre l'intérêt de répartir le modèle principal en plusieurs modèles descendants associés à ses connaissances. En effet, le développement à un deuxième niveau de ce modèle descendant contribue à simplifier le modèle principal.

Ce modèle descendant décompose la tâche « Diagnostiquer les défectuosités de la chaîne stéréo » en quatre procédures (2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Nous sommes encore une fois en présence d'un modèle de type procédural. La quatrième procédure se décompose elle aussi en quatre sous-procédures dont la dernière, « Ajouter à la liste de composantes défectueuses », produit le concept « Liste de composantes défectueuses », résultat final de la tâche principale de ce modèle. La « Liste des composantes défectueuses » est d'ailleurs utilisée dans le modèle principal.

Remarquez, dans ce modèle, la présence de faits, chacun étant obtenu par instanciation (I) du concept auquel il est associé. Ces faits présentent un exemple possible du résultat de la procédure lorsqu'on l'applique à un « amplificateur Kenwood L-05M ». De plus, le lien de spécialisation entre deux concepts (S) est utilisé ici pour mettre en évidence des types de composantes, d'attributs ou de valeurs.

- Comme vous pouvez le constater, une des connaissances de ce modèle a également été développée en un modèle descendant (3^{e} niveau), présenté à la figure 4.5.

Ce modèle relativement simple comporte un ensemble de conditions décidant de l'ordre d'exécution des tâches. C'est un modèle qui correspond au type « Structure de contrôle » présenté au chapitre 3. L'objectif ici est d'illustrer les différentes conditions qui régissent l'ordre d'exécution des sous-procédures de la connaissance « Diagnostiquer les défectuosités de la chaîne stéréo ». Dans ce modèle, chacune des conditions prend la forme si... *alors*.

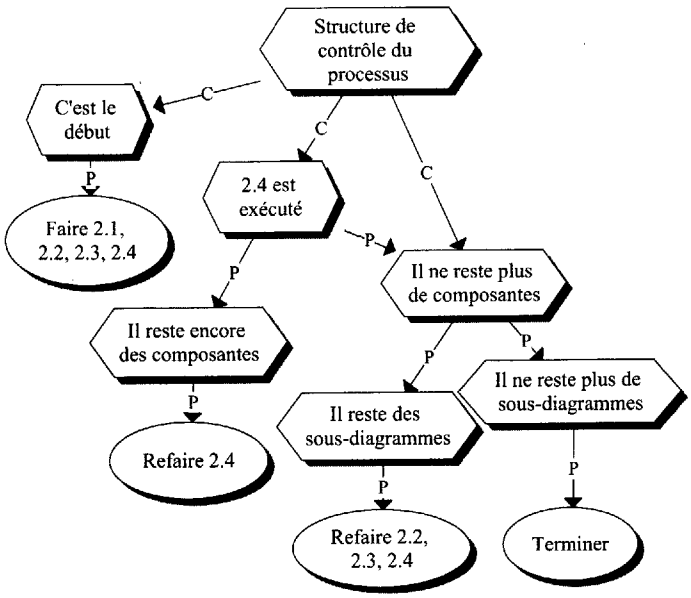
Dans notre exemple, la structure de contrôle (modèle du 3^{e} niveau) influence l'exécution des procédures relatives au diagnostic (modèle du 2^{e} niveau), de même que le résultat du diagnostic influence le déroulement des procédures du modèle principal (l^{er} niveau). Ainsi, le modèle principal et les modèles descendants associés à une connaissance sont toujours imbriqués, dépendants les uns des autres, et le logiciel MOT permet effectivement de créer ce type de relations.

Nous dirons alors que nous avons affaire à un seul modèle MOT doté de sous-modèles descendants, puisque, sur le plan conceptuel, tous ces modèles pourraient être regroupés en un seul graphe.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.5
Modèle descendant associé à la connaissance
«Structure de contrôle... »



LES FONCTIONNALITÉS AVANCÉES DE MOT+

L'éditeur de modèles des connaissances MOT+ intègre la plupart des fonctionnalités de l'éditeur MOT plus un certain nombre de fonctions plus évoluées que nous allons présenter maintenant. La figure 4.6 illustre l'interface générale de MOT+.

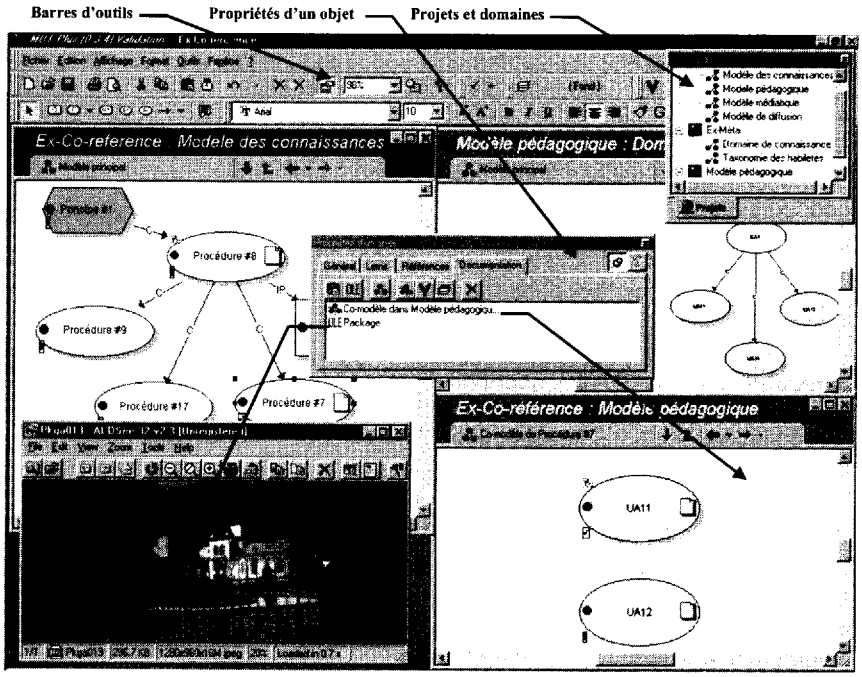
Contrairement à l'éditeur MOT, l'éditeur MOT+ respecte totalement la syntaxe et les règles de grammaire de la modélisation par objets typés présentée au chapitre 2, au tableau 2.8[4], grâce à l'introduction du lien A d'application entre un fait et tout autre type de connaissances. Ce lien servira notamment à traiter les habiletés et les compétences et, en général, certaines relations entre objets faisant appel à plus d'un domaine de connaissances.

4. L'éditeur MOT a été construit avant la plus récente révision du système de représentation, laquelle a permis d'y ajouter un lien A. Pour traiter ces liens, il faudra avoir recours au lien non typé et l'étiqueter « A ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.6
Modèle descendant associé à la connaissance
«Structure de contrôle... »



Une autre fonctionnalité nouvelle est la présence de *plusieurs domaines de connaissances intégrés dans le même projet. À* la figure 4.6, une interface (fenêtre en haut à droite) présente la liste des projets ouverts et des domaines qu'ils contiennent. Par exemple, un premier projet permet de traiter quatre domaines correspondant à la méthode MISA 4.0. Un autre projet permet de traiter deux domaines. On peut ajouter et retrancher un certain nombre de projets et, pour chacun, un certains nombre de domaines.

L'éditeur MOT permet de traiter plusieurs domaines, mais dans des projets différents. Or, le fait d'intégrer les domaines dans un même projet permet d'établir entre eux des liens dits de *coréférence.* Ainsi, dans un domaine, on peut documenter chaque objet au moyen de sous-modèles associés (SMA) à un autre domaine appelé *codomaine de la connaissance.* La figure 4.6 illustre ce fait, la connaissance « procédure n° 7 » étant documentée par un sous-modèle pédagogique qui présente les unités d'apprentissage (UA) dans lesquelles cette connaissance apparaît. On peut évidemment faire l'inverse, c'est-à-dire associer à chaque UA un

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

codomaine qui est un sous-ensemble du modèle des connaissances et qui décrit les connaissances qui seront traitées dans l'UA. Ce dispositif confère à MOT+ une grande puissance de représentation. Sur la figure, on a documenté la connaissance «procédure n° 7 » par une photo, mais on pourrait tout aussi bien la documenter par d'autres documents.

Une fonction nouvelle de *marquage* permet d'étiqueter les objets d'un modèle par des symboles définis par l'usager. On peut ensuite filtrer les objets selon les marques qui leur sont associées. Cette fonctionnalité permet notamment de créer des sous-types de concepts, de procédures ou de principes ou encore de marquer les objets selon leurs concepteurs. Chaque modèle pouvant être présenté sous la forme d'une liste structurée, on peut trier les objets selon les marqueurs pour les regrouper selon leurs types ou selon les différentes marques identifiant des sous-types, des auteurs, etc.

Deux autres fonctionnalités avancées sont également fort utiles pour la conception de systèmes d'apprentissage.

- On peut donner à un modèle des *variantes* qui permettent notamment de décrire des cheminements différents selon les publics cibles dans un réseau d'événements d'apprentissage. Un modèle commun formé d'un certain nombre de connaissances et de liens apparaît dans toutes les variantes. Les variantes se distinguent les unes des autres par d'autres liens ou par d'autres connaissances qui, s'ils étaient dans le même modèle, seraient contradictoires ; par exemple, une variante peut montrer un lien P d'une procédure A vers une procédure B, alors qu'une autre variante présente un lien P de B vers A.
- Un modèle peut aussi être construit par *strates.* Cette fonctionnalité est particulièrement utile dans les modèles complexes où l'on souhaite décrire des objets qui s'adressent à différents acteurs, en distinguant, par exemple, les activités des apprenants de celles des formateurs. Chaque strate peut être cachée ou superposée aux autres strates.

4.2. VUE GÉNÉRALE DU PROCESSUS DE MODÉLISATION

Nous allons maintenant faire appel à l'éditeur MOT+ pour illustrer la technique de modélisation par objets typés. Rappelons d'abord qu'une technique, au sens que nous lui avons donné au chapitre 3, regroupe un ensemble de processus visant une production utile à plus d'une méthode. Ces processus sont gouvernés par des principes heuristiques. Un principe heuristique n'est pas une règle déterministe ou algorithmique qui prescrit

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

la bonne façon de procéder et garantit le succès. Le principe heuristique donne plutôt un conseil qui permettra généralement à ceux qui le suivront d'obtenir de bons résultats.

La figure 4.7 présente une vue globale de la technique sous la forme d'un processus de haut niveau. La technique a donc pour but de résoudre des problèmes de modélisation en suivant cinq processus principaux. Le résultat est un modèle des connaissances correspondant à un but et à des contraintes imposés initialement au concepteur du modèle.

La technique de modélisation présentée à la figure 4.7 se décompose en cinq processus. Elle est gouvernée par des principes généraux de progression qui déterminent quand il convient d'entreprendre tel ou tel processus[5]. La modélisation est orientée au départ par un problème de représentation des connaissances que doit résoudre le concepteur ou l'équipe de conception du modèle. Le but, les données et les contraintes de ce problème déterminent le type de connaissances et le type de liens qui guideront la construction du modèle. Le résultat final est un modèle des connaissances qui apporte une solution au problème initial en respectant le but de la modélisation et ses contraintes.

Nous examinons le processus de modélisation de la façon la plus générale possible. On pourrait en effet vouloir modéliser des connaissances dans un autre cadre que celui de l'ingénierie pédagogique. Bien que plusieurs de nos exemples viennent de ce domaine, la technique que nous décrivons pourra servir dans d'autres applications, notamment en ré-ingénierie des processus administratifs. Dans ce type d'application, nous devons aussi décrire les habiletés requises pour participer aux tâches des processus. Il nous faut également associer ces tâches aux différents postes de l'organisation, considérés comme des codomaines.

SOUS-PROCESSUS, INTRANTS ET PRODUITS

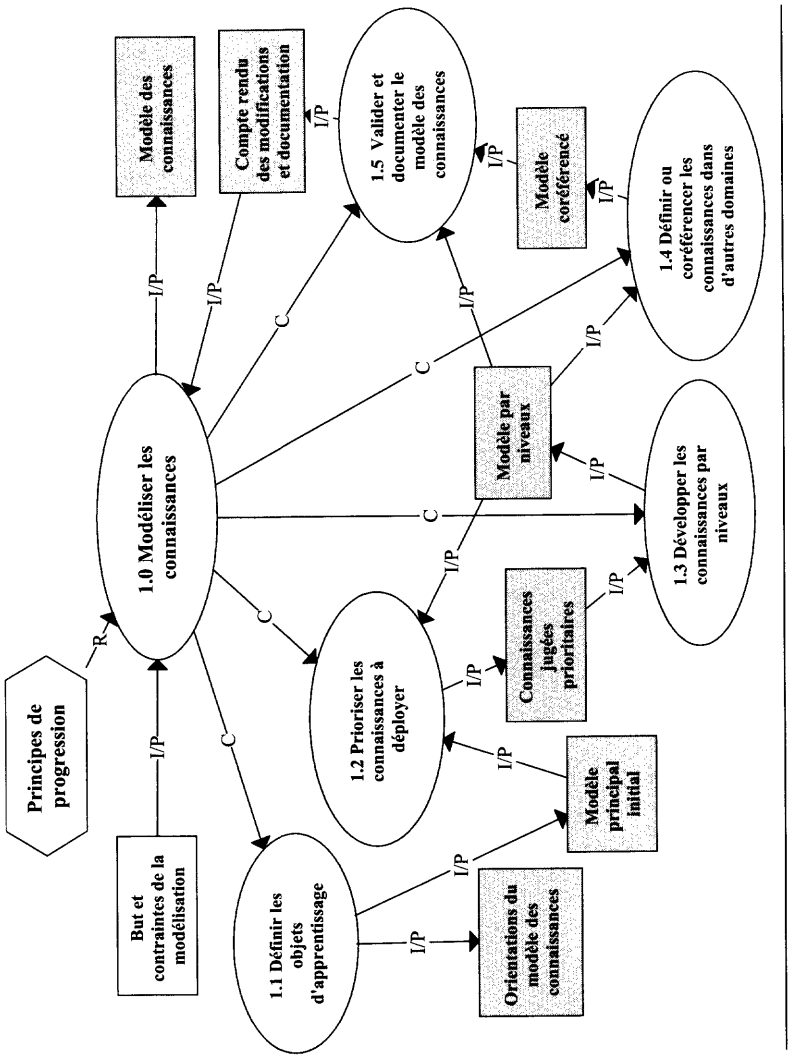
Comme l'illustre la figure 4.7, le processus de modélisation se décompose en cinq sous-processus.

- Le premier sous-processus vise à définir les objets d'apprentissage. Pour ce faire, on précise les orientations du modèle des connaissances et le type de modèles, ces éléments étant eux-mêmes définis en fonction des résultats de l'analyse du problème de représentation. Sur cette base, on construit un modèle principal des connaissances et des habiletés. À ce stade initial de la construction du modèle, on se préoccupe uniquement d'indiquer les faits, les connaissances et les habiletés principales et leurs principaux liens sur un seul niveau, c'est-à-dire sans sous-modèles descendants.

5. Les principes de progression sont des principes d'opération au sens défini au chapitre 2.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.7
Vue d'ensemble d'une technique de modélisation par objets typés



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Le deuxième sous-processus consiste à orienter le développement du modèle en priorisant certaines connaissances qualifiées de principales. Ce sont les connaissances dans lesquelles les publics cibles auxquels le modèle est destiné ont un écart de compétences à combler.
- Le troisième sous-processus vise à déployer ce modèle principal initial en associant un modèle descendant à chaque connaissance principale pour obtenir des sous-modèles de deuxième niveau. On suivra ensuite à nouveau le deuxième sous-processus pour déterminer les connaissances principales de ces sous-modèles. Celles-ci seront à leur tour développées en leur associant des modèles descendants, donc de troisième niveau. On procédera ainsi jusqu'à ce que le domaine de connaissances soit jugé satisfaisant eu égard au but et aux contraintes initiales du projet de modélisation.
- Le quatrième sous-processus vise à utiliser le modèle en cours d'élaboration pour décrire les connaissances d'un autre domaine appelé codomaine. Le codomaine peut représenter les chapitres d'un livre, les modules d'un système logiciel ou les unités d'apprentissage d'un cours. Il s'agit ici d'associer à certains objets du codomaine (par exemple une unité d'apprentissage) un sous-ensemble des connaissances du modèle qui en définit le contenu. Cette opération peut être répétée avec plus d'un codomaine.
- Le dernier sous-processus consiste à mettre le modèle à l'essai auprès de personnes représentatives des publics cibles. Cette validation portera à la fois sur l'exactitude, la cohérence et la complétude du modèle par rapport au but et aux contraintes initiales. Elle permettra de réviser le modèle, ses sous-modèles et ses comodèles, de produire un compte rendu des modifications apportées et de documenter le modèle.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PROGRESSION

Les principes de progression illustrés à la figure 4.7 constituent la structure de contrôle de la technique de modélisation. Cette structure de contrôle sera complétée plus loin par des principes spécifiques. On distingue trois groupes de principes généraux de progression.

1. Principes de parallélisme et d'itération

Une fois le premier processus entrepris, on avance en parallèle dans les trois sous-processus suivants. On priorise des connaissances du modèle principal, puis on construit les modèles descendants qui correspondent aux connaissances principales. Enfin, on coréférence les objets d'un autre domaine à l'aide du modèle par niveaux. *On*

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

répète ensuite le développement en parallèle de ces trois processus jusqu'à un nombre de niveaux jugé satisfaisant. C'est alors que l'on exécute le dernier sous-processus de validation et de documentation. La documentation peut également se faire à l'intérieur du cycle de modélisation par niveaux.

2. Principes de non-engagement et de retour en arrière

La progression dans un processus n'implique pas un engagement définitif. On se réserve le droit de revenir modifier le modèle à un niveau ou à un autre. C'est d'ailleurs pour cette raison que les éditeurs MOT et MOT+ prévoient une copie référencée des objets entre les niveaux qui permet de répercuter les changements mineurs effectués à un niveau dans les modèles des autres niveaux. Dans certains cas, il faudra toutefois aller plus loin et revenir effectuer des changements de structure. Par exemple, la construction par niveaux du modèle peut remettre en question le type de modèles sélectionné au début et forcer à rebâtir le modèle sur cette nouvelle base.

3. Principes de transition et d'arrêt

Chaque sous-processus n'est pas, au sens strict, une condition préalable pour passer au suivant. Chacun doit être suffisamment avancé pour que le processus suivant puisse s'enclencher raisonnablement. Ce degré d'avancement suffisant est défini par des principes de transition et d'arrêt, lesquels visent à établir quand on doit quitter un processus pour en entreprendre un autre ou pour terminer le processus de modélisation.

- On entreprend le sous-processus « Définir les objets d'apprentissage » lorsque le problème de représentation a été suffisamment défini, c'est-à-dire lorsqu'on connaît le but de la modélisation, les données qui nous sont accessibles et les contraintes des publics cibles, l'ampleur prévue du modèle ainsi que le type de connaissances et de liens à représenter.

- On passe au sous-processus « Prioriser les connaissances à déployer » lorsque les connaissances les plus essentielles ou utiles ont été déterminées, que le type du modèle principal a été identifié et qu'un modèle principal initial a été construit.

- On passe au sous-processus « Développer le modèle des connaissances par niveaux » lorsqu'un modèle principal initial a été construit et que les connaissances principales ont été marquées sur ce modèle.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- On passe au sous-processus « Coréférencer les connaissances dans d'autres domaines » lorsque le modèle par niveaux est suffisamment développé pour qu'on le répartisse entre les objets d'un ou de plusieurs codomaines.
- On passe au sous-processus «Valider et documenter le modèle des connaissances » lorsque le modèle par niveaux et son association aux codomaines semblent satisfaire au but et aux contraintes initiales.
- On termine la modélisation lorsque le modèle et ses sous-modèles ont été validés, révisés et documentés.

4.3. DÉFINIR LES OBJETS D'APPRENTISSAGE

Le premier processus de la technique, « Définir les objets d'apprentissage », repose sur trois tâches principales : définir l'orientation du modèle des connaissances, choisir un type de modèles et construire le modèle principal initial. Chacune de ces tâches est régie par un groupe de principes (voir figure 4.8).

DONNÉES INITIALES ET PROFIL DU MODÈLE

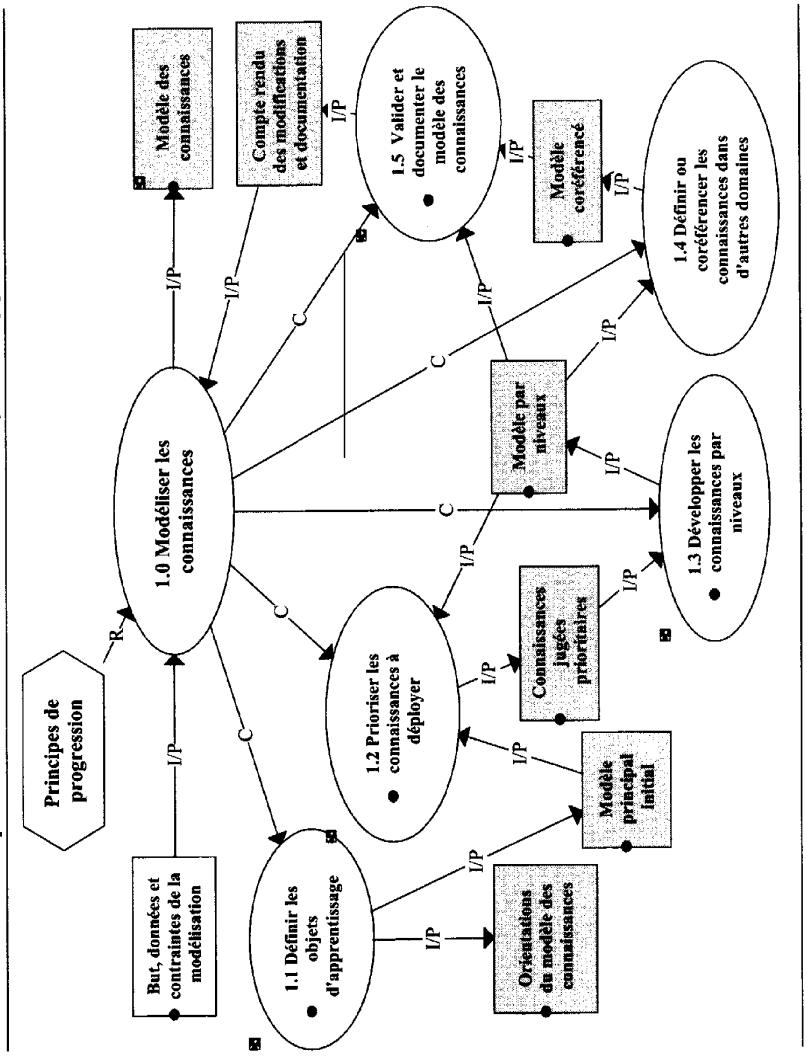
Le processus de modélisation démarre à partir d'une définition plus ou moins précise du problème de représentation. Cette définition comprend le but de la modélisation, les sources de données, une description générale des publics cibles qui utiliseront le modèle ainsi que des contraintes quant à l'ampleur ou à la forme du modèle. Il est nécessaire de préciser ces éléments pour entreprendre le processus de modélisation.

Le but de la modélisation est donné dans un court énoncé, tel que « Modéliser les procédures et les outils de recherche d'information dans l'Internet » ou « Représenter les règles de décision concernant l'acceptation ou le refus des produits à un test de qualité ». Il doit être suffisamment précis pour orienter la recherche des connaissances principales et des types de liens du futur modèle.

Les contraintes dépendent des publics cibles de la modélisation. Les publics cibles sont les groupes de personnes auxquels le modèle est destiné. Il faut distinguer ces groupes selon leurs besoins d'information ou de formation, leurs compétences actuelles et visées par rapport aux connaissances du domaine ainsi que leurs contraintes, de disponibilité ou autres, qui détermineront l'ampleur et la profondeur du futur modèle. Dès le début, il peut être utile de déterminer si le but de l'apprentissage est simplement d'exercer des habiletés de perception, de mémorisation, de compréhension ou d'application, ou plutôt de réunir des habiletés plus

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.8
Sous-processus de définition des objets d'apprentissage



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

complexes telles que l'analyse, la synthèse ou l'évaluation. Les habiletés sont aussi des objets d'apprentissage, et c'est à ce titre qu'elles devraient figurer dans le modèle des connaissances d'un système d'apprentissage. Normalement, un SA visera à développer à la fois des connaissances spécifiques et des habiletés plus génériques applicables dans le domaine et transférables dans d'autres domaines.

Par exemple, supposons que les publics cibles du modèle doivent développer des compétences dans la création de procédures de recherche d'information dans l'Internet. Dans ce cas, il faudra prévoir plus de temps d'acquisition des connaissances et, par conséquent, un modèle de plus grande ampleur que si ces personnes devaient simplement appliquer des procédures, à moins que ces personnes ne possèdent déjà une certaine expertise connexe. En outre, le modèle contiendra plus de principes visant à favoriser la création de procédures efficaces et utiles.

Les sources de données peuvent être des personnes qui seront interviewées ou des documents pertinents par rapport au but de la modélisation. Une attention particulière sera portée aux compétences actuelles et visées des publics cibles, aux descriptions des tâches et aux autres sources documentaires disponibles. On fera l'inventaire de ces données pour déterminer les principales connaissances et les types de liens du modèle et l'on en dressera une liste préliminaire. Au besoin, on validera ces renseignements par des entrevues avec des membres représentatifs des publics cibles.

Le profil du modèle des connaissances est un court texte résultant d'une analyse de l'inventaire préliminaire des connaissances et des liens. Il vise à estimer la proportion relative des connaissances et des liens ainsi que l'ampleur du modèle. Cette estimation dépend du problème de représentation et des publics cibles du modèle. Il pourra s'agir d'un modèle bâti sur plusieurs niveaux, comportant des relations avec d'autres domaines de connaissances, ou, au contraire, d'un modèle simple construit sur un ou deux niveaux.

Par exemple, si le but est de « modéliser les procédures et les outils de recherche d'information dans l'Internet » et que les habiletés à exercer par rapport à ces connaissances se limitent à les faire appliquer par des personnes connaissant plusieurs progiciels de bureautique, on peut prévoir le profil suivant : le modèle sera principalement composé de procédures, de leurs concepts intrants et de leurs produits ; les liens privilégiés seront les liens intrant/produit, de précédence et de composition. Le modèle se limitera à deux ou trois niveaux.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

PRINCIPES DE DÉFINITION DES ORIENTATIONS DU MODÈLE

Les principes suivants peuvent aider à effectuer les tâches qui viennent d'être décrites :

1. *Transition entre les tâches*

   Une fois le but du modèle défini, les autres tâches peuvent s'accomplir largement en parallèle. L'estimation du profil du modèle peut évoluer en même temps que se fait l'inventaire des connaissances et des liens. On peut également consulter en parallèle la bibliothèque des types de modèles (voir le chapitre 3) et alterner d'un type à l'autre suivant les connaissances et les liens définis, jusqu'à ce que l'ensemble devienne cohérent et que l'on soit prêt à choisir le type de modèles.

2. *Ampleur de l'inventaire des connaissances et des liens*

   Il convient de ne pas trop préciser la liste des connaissances initiales. Le but de cette analyse préliminaire est de préparer le choix d'un type de modèles en distinguant bien les concepts, les procédures et les principes en cause, de même que les liens qui les associent. A ce stade-ci, il n'est pas nécessaire d'accorder beaucoup d'attention aux faits ou aux habiletés, sauf pour ce qui est d'une habileté principale comme celles que nous avons présentées dans les exemples précédents.

3. *Profil du modèle*

   Pour déterminer le profil du modèle, il faut considérer l'habileté principale à développer en tenant compte des contraintes des publics cibles du modèle. Si les contraintes de temps sont trop sévères et que les futurs usagers sont des novices dans le domaine, il faudra réduire les attentes quant aux habiletés et à l'ampleur du modèle. Par ailleurs, si l'on vise des habiletés de haut niveau (analyse, synthèse, évaluation), il faudra privilégier les processus et les méthodes plutôt que les modèles conceptuels ou procéduraux plus simples et s'attendre à bâtir un modèle de plus grande ampleur.

4. *Disparité des connaissances pertinentes entre les publics cibles*

   En examinant la définition du problème de représentation et le dossier des sources de données, s'il y a plus d'un public cible, on constatera peut-être que leurs besoins face au modèle sont nettement incompatibles. Si les contenus ou les habiletés visés sont trop différents, ou encore si les compétences actuelles sont trop disproportionnées, on pourra décider de faire plus d'un modèle et donc de procéder à un inventaire des connaissances et des liens dans chaque cas.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

PRINCIPES DE SÉLECTION D'UN TYPE DE MODÈLES

Finalement, la modélisation, l'inventaire préliminaire des connaissances ainsi que l'estimation du profil du modèle conduisent à choisir un type de modèles parmi les catégories définies au chapitre 3. Ce choix est une façon d'entreprendre la modélisation en se forgeant un point de vue sur la réalité. Il permet également d'utiliser une forme standard de modèle comme point de départ.

Les principes heuristiques suivants peuvent guider le choix d'un type de modèles initial.

1. Choix d'un point de vue conceptuel, procédural ou prescriptif

Le choix d'un point de vue sur les connaissances à acquérir dépend principalement du but de la modélisation, des compétences actuelles et visées des publics cibles et de leurs contraintes, y compris celles imposées par l'organisation qui décide de construire un modèle. Les sources d'information disponibles sont utiles, mais il faut garder un regard critique, puisque le point de vue qui a cours dans un organisme ou dans un domaine mérite parfois d'être reconsidéré.

- Généralement, il est utile de privilégier un point de vue conceptuel (décrire ce que sont les choses, les objets) lorsque le niveau de compétence visé se limite à la sensibilisation. Si les objets sont concrets plutôt qu'abstraits, on devra plutôt choisir un système de type factuel: groupes d'exemples, de traces ou d'énoncés.
- Si les. connaissances doivent être utilisées pour accomplir des tâches qui demandent un accroissement de la productivité, ou si la compétence visée est la familiarisation avec un sujet, il faudra souvent privilégier un point de vue procédural.
- Enfin, si les connaissances visées doivent être utilisées pour accomplir des tâches qui demandent de la créativité ou une grande faculté d'adaptation ou de jugement, ou si la compétence visée est l'acquisition d'une maîtrise ou d'une expertise dans un domaine, il faudra favoriser un point de vue prescriptif.

2. Choix d'un modèle de type conceptuel

Si l'on préconise un point de vue conceptuel, il faudra choisir entre une description de base par sous-classes (lien S) ou par composantes (lien C).

- Le premier cas convient bien pour les modèles théoriques où il s'agit de classifier des objets, des personnes ou des événements en fonction de leurs ressemblances et de leurs différences. Les

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

objets sont classifiés en une hiérarchie de classes et de sous-classes. Par la suite, on pourra également faire appel à des principes de type « règles de définition » pour préciser les propriétés qui définissent certains concepts ; on obtiendra alors un système conceptuel hybride.

- Le second cas convient davantage à la description des systèmes dotés de nombreuses composantes (machines, organismes, etc.), pour lesquels on identifie des sous-unités jusqu'aux composantes élémentaires. Par la suite, si c'est nécessaire, on ajoutera des procédures de calcul de certaines composantes ou des règles de définition de certains concepts, ce qui donnera un système conceptuel hybride.

3. Choix d'un modèle de type procédural

Si un point de vue procédural s'impose, il faut d'abord décider s'il s'agit d'une procédure simple, relativement mécanique ou plutôt d'un processus ou d'une méthode faisant intervenir de nombreux concepts ou principes. Dans le premier cas, il faudra déterminer si l'on a affaire à une procédure séquentielle, parallèle ou itérative. Dans le second cas, il faudra plutôt choisir entre les divers types de processus ou de méthodes. Dans un cas comme dans l'autre, il se peut que l'on doive choisir entre plusieurs suites de procédures, ce qui force le recours à des principes d'opération pour le choix entre les suites de procédures, et même à un système prescriptif de type « arbre de décision ».

4. Choix d'un modèle de type prescriptif

Si l'on opte pour un point de vue prescriptif, il faudra décider d'une dominante secondaire : principes relationnels ou principes d'opération. Dans le premier cas, les principes serviront à construire la théorie d'un domaine : définir des objets et établir des relations entre leurs propriétés au moyen de lois. Dans le second cas, les principes serviront à définir une structure de décision ou de contrôle qui régira un ensemble complexe d'actions possibles.

5. Choix d'un modèle de type « processus » ou « méthodes »

Chaque point de vue, conceptuel, procédural ou prescriptif, peut évoluer vers un processus ou vers une méthode par le développement de types de connaissances absentes au départ. Pourtant, si

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

l'on sait assez tôt que le but de la modélisation est un processus ou une méthode, on pourra prévoir l'élaboration du modèle en quatre étapes

- Construire une hiérarchie des tâches auxquelles correspondent des procédures unies par des liens de composition jusqu'aux tâches terminales du processus.
- Spécifier les concepts intrants et les concepts produits de chaque procédure et, au besoin, définir certains concepts par spécialisation, par composition ou au moyen d'exemples par instanciation.
- Établir les principes d'opération servant au contrôle du processus ou de la méthode et, au besoin, décomposer ces principes.
- Former des groupes de principes gouvernant les principales procédures situées avant les procédures terminales (c'est-à-dire non décomposées), surtout dans le cas d'une méthode ou d'une technique.
- Répartir les responsabilités des tâches entre différents agents, si l'ajout d'une dimension collaborative au modèle de base apparaît nécessaire, ce qui mène à un processus multi-agents.

CONSTRUCTION D'UN MODÈLE PRINCIPAL INITIAL

L'établissement de l'orientation du modèle et la sélection d'un type de modèles fournissent une base pour construire un premier modèle des connaissances qui représente les principales connaissances et habiletés du système d'apprentissage. Deux tâches permettent de construire ce modèle principal initial.

Identifier la connaissance principale. Le type du modèle fournit directement le type de la connaissance principale : concept, procédure ou principe. Le choix de la connaissance principale est important, car il résume en quelque sorte le but de la modélisation. Par exemple, « l'organisme Télé-université » est un concept sur lequel on peut s'appuyer pour bâtir une structure hiérarchique de l'organisme; « Rechercher des informations dans l'Internet » est une procédure de départ qui sera décomposée en opérations plus détaillées. Comme on peut le voir à la figure 4.10, il peut être utile de préciser sur le graphe une habileté (objet de type « trace ») qui s'applique (lien A) à la connaissance principale, de façon à en tenir compte dans l'élaboration du modèle.

Ajouter quelques connaissances et quelques liens. Une fois la connaissance principale sélectionnée, on la met en relation avec de nouvelles connaissances à l'aide de liens que l'on ajoute sur le graphe en fonction du type de modèles retenu et à partir de l'inventaire des connaissances

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

et des liens. Par exemple, s'il s'agit d'un système conceptuel, on développera ses principales composantes ou ses sous-classes, puis on décomposera celles-ci à nouveau.

PRINCIPES D'ÉLABORATION DU MODÈLE PRINCIPAL INITIAL

Nous présentons ici quelques principes heuristiques qui peuvent favoriser l'accomplissement des tâches de construction d'un modèle principal initial.

1. Guidage par une habileté

L'habileté s'appliquant à la connaissance principale guide le choix des premières connaissances et des liens à intégrer au modèle. Si l'écart entre les habiletés actuelles et visées est grand pour au moins un public cible, la connaissance correspondante sera définie en indiquant avec plus de précision ses composantes, ses intrants, ses principes régulateurs, etc. Si l'écart est très faible pour tous les publics cibles en ce qui a trait à une connaissance, celle-ci devrait normalement être retirée du modèle, à moins qu'elle ne soit une connaissance secondaire nécessaire pour préciser les connaissances qui l'entourent.

2. Principes de sélection des connaissances

La connaissance principale, les premières connaissances du modèle et leurs liens avec cette connaissance principale doivent être du type qui correspond au type de modèles retenu : des concepts pour un modèle conceptuel, des procédures pour un modèle procédural ou un processus, des principes pour un modèle prescriptif.

3. Principes de sélection des liens

Le type des liens découle également du type du modèle retenu. Par exemple, pour une taxonomie, il s'agit du lien S, et pour un système à composantes, du lien C. Dans les systèmes procéduraux, on aura des liens P et I/P, dans les systèmes prescriptifs, des liens R et C, et enfin dans les processus et les méthodes, principalement des liens C, I/P et R.

4. Ampleur du modèle principal initial

Ce premier modèle doit contenir suffisamment de connaissances pour qu'on puisse ensuite le développer selon l'estimation de son ampleur et du nombre de niveaux. En règle générale, on peut prévoir un modèle principal initial qui contient de 10 à 20 connaissances.

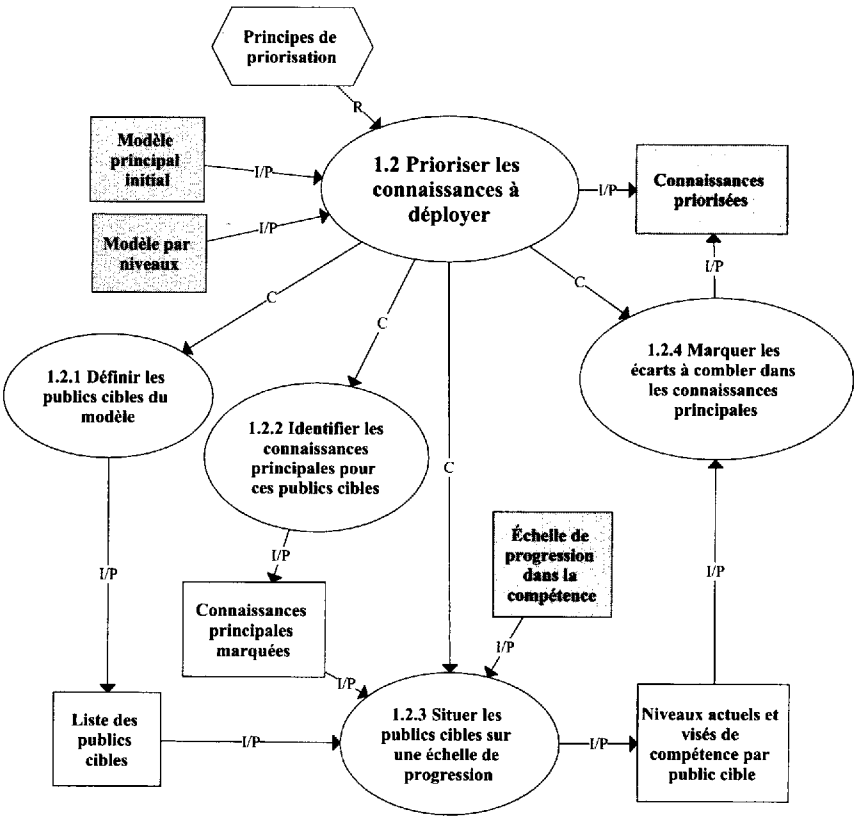
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

4.4. PRIORISER LES CONNAISSANCES À DÉVELOPPER

Le second processus de la technique consiste à prioriser certaines connaissances appelées principales, d'abord pour le modèle principal initial qui résulte du processus précédent, puis pour chacun des modèles descendants à l'exclusion du dernier niveau. Comme l'illustre la figure 4.9, le processus est régi par un groupe de principes dits de « priorisation » et se décompose en quatre tâches : définir les publics cibles du modèle, identifier les connaissances principales intéressant ces publics cibles, situer leurs compétences sur une échelle de progression et, enfin, marquer sur le modèle les écarts à combler dans les connaissances principales.

Figure 4.9
Sous-processus de priorisation des connaissances



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le but poursuivi ici est de guider le développement du modèle en fonction des besoins de ses futurs usagers. On veut éviter de modéliser tout l'univers, d'inclure dans le modèle des connaissances déjà connues, non pertinentes ou superflues, ou, au contraire, de construire un modèle qui ne tiendrait pas compte de tous les objectifs du cours.

Nous proposons de guider la modélisation à l'aide d'une échelle de progression qui permet d'évaluer la compétence des publics cibles du modèle relativement aux différentes connaissances principales du modèle au fur et à mesure qu'on les définit.

PROPRIÉTÉS DES PUBLICS CIBLES ET CONNAISSANCES PRINCIPALES

Au cours du premier processus, nous avons défini le ou les groupes d'usagers auxquels le modèle est destiné. Il s'agit ici d'en faire une analyse plus détaillée à mesure que le modèle se développe. Cette analyse peut prendre la forme d'un tableau présentant les principaux attributs des publics cibles : nom, description, expérience antérieure, langue, disponibilité (contraintes de temps), attitudes positives, négatives ou neutres face au contenu du modèle.

À partir de ce tableau, il s'agit de déterminer quelles sont les connaissances les plus importantes qui seraient utiles à chacun des publics cibles, au-delà de la connaissance principale qui a servi de point de départ à la modélisation. On marque ensuite ces connaissances sur le modèle à l'aide d'un symbole P[6].

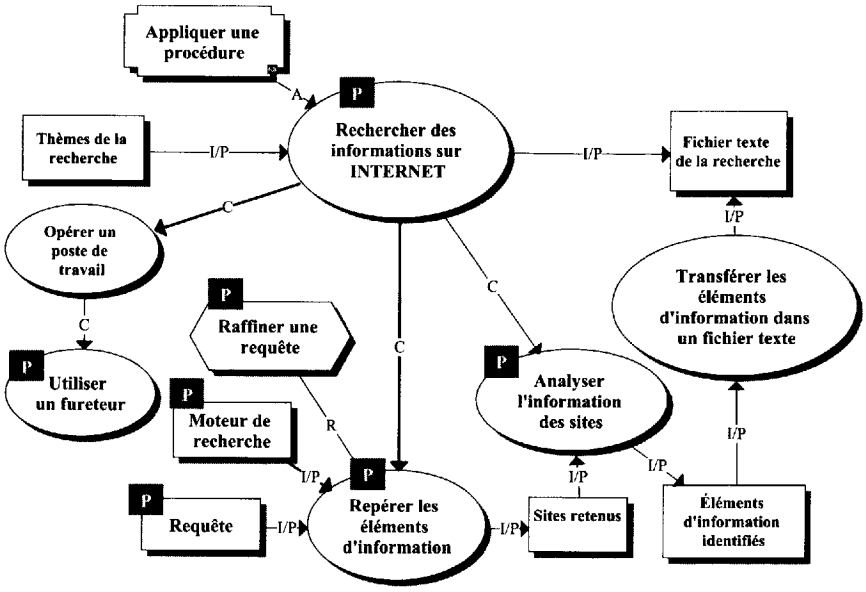
L'exemple de la figure 4.10 illustre le résultat de ces tâches dans le cas d'un modèle initial dont la connaissance principale est « Recherche des informations dans l'Internet » pour deux publics cibles composés l'un de gestionnaires d'un centre de documentation, l'autre de techniciens en documentation. Les connaissances étiquetées « P » sont définies comme principales. Cela signifie qu'au moins un des deux publics cibles a un écart de compétences à combler quant à ces connaissances, lesquelles feront l'objet de modèles descendants. Les autres connaissances, qui servent à préciser le contenu des connaissances principales, ne seront pas explicitées aux autres niveaux.

6. Dans MOT comme dans MOT+, ce symbole P est créé sous la forme d'un commentaire lié à chaque connaissance principale.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.10
Un exemple de modèle avec connaissances principales



ÉVALUATION DES ÉCARTS DE COMPÉTENCES SELON LE PUBLIC CIBLE

Il s'agit maintenant, dans le cas de chaque connaissance principale, de situer les compétences actuelles et visées de chacun des publics cibles. Pour ce faire, nous avons besoin d'une échelle de compétences qui est tout simplement un ensemble ordonné de valeurs. Dans ce chapitre, nous utiliserons l'échelle de 1 à 10 présentée au tableau 4.1.

Tableau 4.1
Une échelle des compétences

Échelle des compétences										
État	**Sensibilisation**		**Familiarisation**			**Maîtrise**			**Expertise**	
Valeur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Symbole	S	S+	F-	F	F+	M-	M	M+	E-	E

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ces valeurs sont relatives et servent à comparer les publics cibles entre eux pour chaque connaissance principale. On peut toutefois leur donner la signification générale qui suit[7].

- *Sensibilisation.* À ce niveau, on observe qu'une personne peut traduire dans ses mots l'essence du contenu d'une connaissance ou d'un ensemble de connaissances. Ce niveau fait plutôt appel aux capacités à mémoriser et à rendre compte du contenu. Plus avant sur l'échelle de sensibilisation (S+), la personne peut formuler une opinion sur la connaissance.

  Exemples de « signes » de ce niveau de compétence :

  - Je sais que ça existe : j'en ai vaguement entendu parler ou j'ai lu sur le sujet. Je peux en reparler brièvement.
  - Je sais que ça existe, je l'ai vu, j'en ai été témoin. Je peux répéter assez exactement ce qui m'a été dit ou ce que j'ai vu.
  - Je sais que ça existe, j'ai vu les impacts. Je peux formuler un énoncé sur cette connaissance qui démontre que j'en ai saisi l'idée.

- *Familiarisation.* À ce niveau, on constate qu'une personne peut appliquer de manière relativement fidèle les connaissances acquises. La personne démontre que, devant des problèmes ou dans des situations de même nature, elle peut reproduire les connaissances en cause, le plus souvent à l'aide de consignes, en étant soutenue ou supervisée. La réduction progressive du nombre d'erreurs et l'augmentation du degré d'autonomie dans l'application fidèle de ces connaissances sont les principaux facteurs qui permettent d'avancer sur l'échelle dans les trois niveaux associés à la familiarisation. Une connaissance pour laquelle on recherche une compétence de niveau familiarisation renferme souvent dans son application une manière de faire, un processus, une procédure, une stratégie.

  Exemples de « signes » de ce niveau de compétence :

  - Je comprends les connaissances et je peux les utiliser dans un même contexte, avec un bon soutien ou des consignes précises.
  - Je comprends les connaissances et j'ai moins besoin de soutien ou de consignes pour les utiliser.
  - Je comprends les connaissances et je peux les appliquer intégralement et sans erreur, à la condition d'avoir de l'aide occasionnellement.

7. Cette présentation de l'échelle des compétences est adaptée de Paquette, Aubin et Crevier (1994).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- *Maîtrise.* À ce niveau, on note qu'une personne applique judicieusement à diverses situations les connaissances acquises et que, dans de nouvelles situations, elle peut adapter ces connaissances avec un minimum d'aide. La créativité et le degré d'autonomie, dans l'adaptation des connaissances à diverses situations, de même que la capacité à communiquer adéquatement sont les principaux facteurs qui permettent de progresser dans les trois niveaux de maîtrise. Une connaissance qui relève d'une compétence du niveau de la maîtrise comporte souvent des processus ou des stratégies.

  Exemples de « signes » de ce niveau de compétence :

  - Je comprends les connaissances et je peux les adapter à divers contextes, avec un minimum d'aide.
  - Je comprends plus particulièrement certaines connaissances et je peux les adapter à diverses situations de façon autonome.
  - Je comprends les connaissances et je peux non seulement les adapter à d'autres situations de manière autonome, mais aussi expliquer clairement la démarche que j'ai suivie.

- *Expertise.* À ce niveau, on constate qu'une personne participe à la création de nouvelles connaissances et est capable d'expliquer les règles et les principes heuristiques propres au domaine de connaissances en cause. La capacité de réfléchir sur son propre apprentissage (métacognition), le degré d'autonomie exercé dans l'application des connaissances ainsi que la capacité à démontrer sa maîtrise des connaissances du domaine sont les principaux facteurs de progrès à ces deux niveaux de l'échelle des compétences. Une connaissance relevant de l'expertise est souvent une stratégie ou une méthode.

  Exemples de « signes » de ce niveau de compétence :

  - Je saisis l'ampleur des connaissances présentées et je peux créer de nouvelles applications de ces connaissances dans ce domaine.
  - Je peux expliquer les règles et les principes heuristiques que j'emploie dans l'utilisation de ces connaissances.
  - Je peux créer de nouvelles applications de ces connaissances dans d'autres domaines connexes ; je peux expliquer les limites de ces applications, de même que les règles et les principes heuristiques qui les composent.
  - Je possède cette connaissance et maîtrise ses applications dans deux ou trois domaines connexes : je peux expliquer les limites de ces applications dans chacun des domaines, de même que les règles et les principes heuristiques qui sont employés dans l'application de cette connaissance dans les domaines connexes.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Techniquement, on peut estimer l'écart entre les compétences actuelles et les compétences visées en utilisant un tableau où les connaissances principales (marquées P sur le modèle) sont listées en regard de l'échelle des compétences. On trace alors des bâtonnets ou l'on marque leurs extrémités. L'extrémité gauche du bâtonnet indique le niveau de compétence actuel et l'extrémité droite, le niveau de compétence visé. L'écart entre les deux niveaux correspond à la distance à franchir, plus ou moins grande selon les connaissances et selon les publics cibles. L'écart est représenté par la longueur du bâtonnet[8].

Le tableau 4.2 présente les compétences pour le modèle de la figure 4.10. La première colonne donne la liste des connaissances principales et leur type, la seconde indique le public cible, et les autres colonnes montrent les niveaux de compétence actuels et visés. Ici, on fait l'hypothèse que le gestionnaire est moins avancé que le technicien en documentation pour tout ce qui concerne la notion de requête dans une base de données, et l'on exige donc peu de progrès de sa part. Mais on est plus exigeant en ce qui concerne l'analyse de l'information. Ce tableau nous indique que le concept de requête et les principes qui permettent de raffiner une requête présentent un écart à combler de 5 pour les techniciens en documentation et de 2 seulement pour les gestionnaires. Par contre, la procédure d'analyse de l'information des sites présente un écart de 3 pour le gestionnaire et de 4 pour le technicien, les deux ayant un niveau 5 de compétence visée.

MARQUAGE DES ÉCARTS SUR LE MODÈLE

Après avoir dressé le tableau des compétences, il reste à indiquer sur le modèle les connaissances prioritaires, de façon à guider le développement ultérieur du modèle.

Il existe évidemment plusieurs façons de le faire, comme le montre la figure 4.11. On peut utiliser un code de couleurs : *blanc* si l'écart est inférieur ou égal à 2 pour tous les publics cibles; *gris pâle* si l'écart est de 2 à 4 pour au moins un public cible ; *gris foncé* si l'écart est égal ou supérieur à 5 pour au moins un public cible. C'est l'option que nous suggérons d'adopter si l'on utilise l'éditeur MOT.

Une autre option consiste à remplacer la lettre désignant une connaissance principale P par les lettres F (pour faible), M (pour moyen) ou I (pour important), avec la même définition que le code de couleurs.

8. En ingénierie pédagogique, de tels écarts de compétences à combler sont souvent appelés « besoins d'apprentissage ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 4.2

Un exemple de tableau des compétences

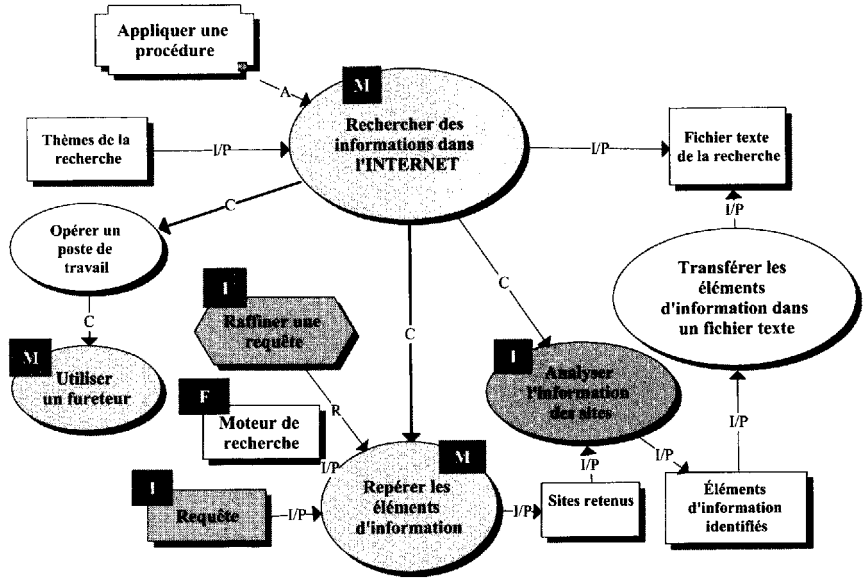
Connaissance	Public cible	Sensibilisation		Familiarisation			Maîtrise			Expertise	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Analyser l'information des sites (procédure)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Moteur de recherche (concept)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Utiliser un fureteur (procédure)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Raffiner une requête (principes)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Requête (concept)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Repérer les éléments d'information (procédure)	Gestionnaires										
	Techniciens										
Rechercher des informations dans l'Internet (procédure)	Gestionnaires										
	Techniciens										

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.11
Un modèle qui indique les écarts de compétences



Une troisième option est possible si l'on utilise l'éditeur MOT+. Elle consiste à marquer les connaissances principales au moyen d'étiquettes 1, 2 et 3 signifiant respectivement : écart important, moyen ou faible. Dans MOT+, on pourra alors trier les connaissances selon leur priorité grâce à l'affichage en liste. Cette fonctionnalité peut devenir importante lorsque le modèle est décomposé en plusieurs niveaux.

La figure 4.12 présente le résultat d'un tel tri. On note quatre connaissances marquées 1 comme ayant un écart important (3 procédures et un principe).

PRINCIPES DE PRIORISATION DES CONNAISSANCES

Nous présentons ici quelques principes heuristiques qui peuvent favoriser la priorisation des connaissances en fonction des écarts de compétences.

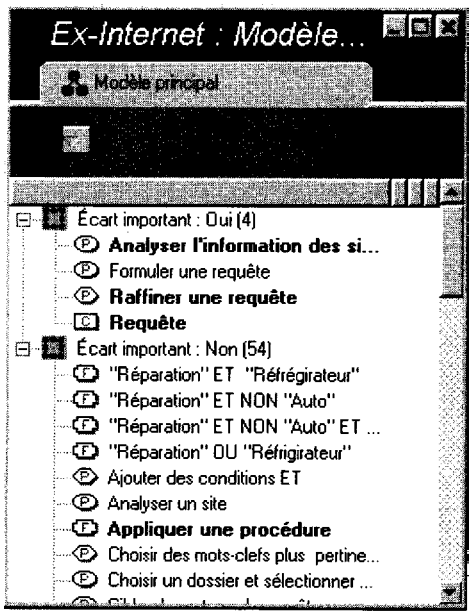
1. Principes de transition et d'arrêt

On entreprend le processus de priorisation en l'appliquant au modèle principal initial à la suite du premier processus. La priorisation des connaissances permet de décider quelles connaissances (principales) seront explicitées par un modèle descendant. Lorsque

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.12
Tri selon les écarts dans MOT+



les modèles descendants auront été construits, on devra identifier les connaissances principales de ces modèles jusqu'à ce qu'on atteigne des connaissances dont l'écart de compétences est nul pour tous les publics cibles.

2. *Guidage par les habiletés*

L'habileté qui s'applique à la connaissance principale du modèle initial et, plus tard, celles qui apparaissent dans les modèles descendants déterminent le choix du niveau des compétences visé pour les connaissances du modèle explicitant cette connaissance principale. Dans l'exemple fourni dans cette section, l'habileté « appliquer la procédure » nous indique que le niveau visé en moyenne est de l'ordre de la familiarisation, bien que pour certaines connaissances on puisse viser un niveau de maîtrise (voir le tableau 4.2). Par la suite, il nous reste à décider, pour chaque public cible, du niveau de familiarisation visé et du niveau actuel.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

3. Principe de relativité entre les écarts à combler

L'écart à combler n'est pas une valeur absolue, mais relative, pour laquelle il faut comparer les diverses connaissances et les divers publics cibles. Il est donc recommandé de s'en donner une vue d'ensemble par un tableau qui facilite les comparaisons entre les compétences actuelles et les compétences visées pour l'ensemble des connaissances et des publics cibles. C'est seulement en comparant les connaissances les unes avec les autres que l'on peut leur attribuer des valeurs, calculer l'écart à combler et reporter ces données sur le graphe au moyen de commentaires, de couleurs ou d'étiquettes.

4. Guidage par les écarts

Au moment de l'établissement des écarts, il faut se rappeler qu'un écart faible signifie probablement que l'on n'explicitera pas cette connaissance qui occupera peu de place dans le modèle, c'est-à-dire que peu de liens arriveront ou sortiront de cette connaissance. Un écart moyen signifie qu'on associera un modèle descendant à cette connaissance, mais probablement sur un seul niveau. Un écart important indique qu'on s'engage probablement dans un développement sur plusieurs niveaux. Avant de terminer la priorisation des connaissances d'un modèle, il est utile de se demander si c'est bien ce que l'on veut, en considérant les contraintes imposées au départ à la taille du modèle.

4.5. DÉVELOPPER LE MODÈLE DES CONNAISSANCES PAR NIVEAUX

Le troisième processus de la technique consiste à déployer sur plus d'un niveau le modèle des connaissances principal résultant du processus 1, en fonction de la priorisation des connaissances effectuée dans le processus 2.

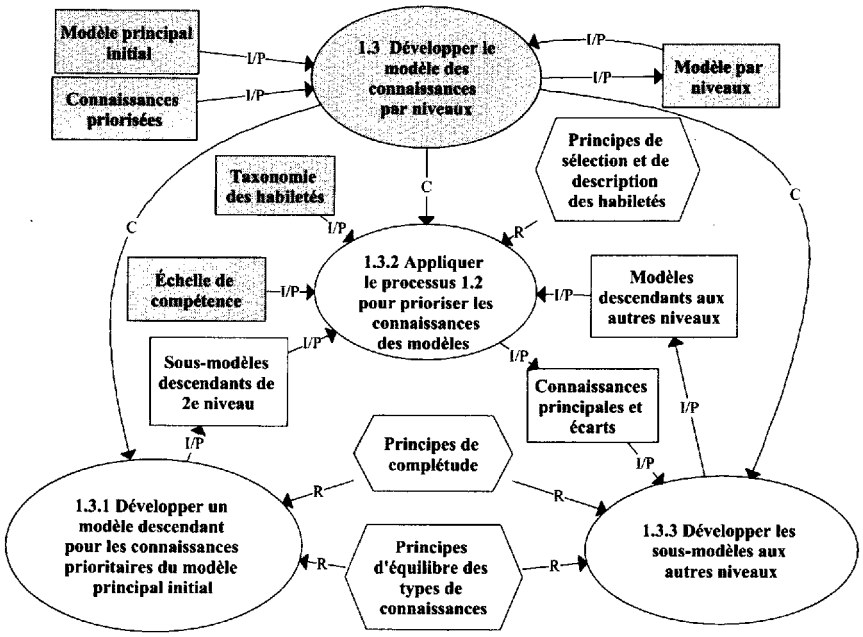
Comme on peut le constater sur le graphe de la figure 4.13, ce processus est itératif. On bâtit d'abord un deuxième niveau en associant un modèle descendant aux connaissances principales du modèle principal selon leur priorité et l'ampleur souhaitée du modèle. Puis on applique le processus de priorisation des connaissances aux modèles descendants du deuxième niveau. Cette priorisation guide le développement, si nécessaire, d'un troisième, puis d'un quatrième niveau, etc.

Deux groupes de principes guident le processus : les principes d'équilibre des types de connaissances et les principes de complétude.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.13
Sous-processus de développement par niveaux



MODÈLES ASSOCIÉS À UNE CONNAISSANCE» ET SOUS-MODÈLES

Distinguons d'abord les concepts de « modèle associé à une connaissance » et de «sous-modèle ». Dans MOT, il y a trois façons d'associer un modèle à une connaissance

- *L'explicitation* sert à déployer un modèle de connaissances sur plus d'un niveau pour en améliorer la lisibilité. Sur un niveau, une connaissance est sélectionnée et on lui associe un modèle descendant[9] dans lequel cette connaissance est *copiée avec référence*[10]. Elle en devient la connaissance principale, autour de laquelle on poursuit

9. L'exemple présenté au début de ce chapitre dans les figures 4.3, 4.4 et 4.5 a permis d'introduire le concept de modèle descendant. Cet exemple se déploie sur trois niveaux, chaque modèle descendant explicitant une connaissance du niveau précédent.

10. Dans MOT et MOT+, toutes les copies avec référence d'un objet sont considérées comme un seul et même objet, ce qui n'est pas le cas de la copie simple. Par conséquent, si l'on change le nom ou le type d'un objet ainsi que les liens dont il est l'origine ou la destination, ses copies référencées seront modifiées de la même façon.. Notez toutefois que les changements d'attributs graphiques d'un objet ne s'étendront pas aux copies référencées.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

le développement du modèle dans le même domaine de connaissances. Le *modèle global par niveaux* regroupe les connaissances et les liens à tous les niveaux d'explicitation comme s'ils étaient dans une même fenêtre.

- La *définition* est utilisée pour associer à une connaissance un modèle d'un autre domaine qui sert uniquement à préciser la définition de cette connaissance de façon graphique. Dans ce cas, le symbole de la connaissance ainsi définie n'apparaît pas nécessairement dans le modèle associé ou, encore, il n'est pas du même type que pour les autres connaissances du modèle où figure la connaissance. C'est ainsi notamment que l'on peut définir une habileté (objet de type « trace ») au moyen d'un processus (objet de type « procédure »), lequel appartient, non pas au domaine où figure le symbole d'habileté, mais plutôt au domaine qui étudie les connaissances. Un tel modèle de définition ne fait pas partie du modèle par niveaux.
- La *coréférence* est utilisée pour associer à une connaissance d'un domaine un modèle constitué de connaissances d'un autre domaine. Par exemple, on associera à une connaissance tous les objets d'un autre domaine représentant les matériels pédagogiques qui traitent de cette connaissance. Les modèles coréférencés ne font pas partie non plus du modèle par niveaux.

On appelle *sous-modèle* tout sous-ensemble des connaissances du modèle global d'un même domaine, quels qu'en soient les niveaux. Un sous-modèle peut regrouper des connaissances d'un même niveau ou de plusieurs niveaux. Il contient les références à des domaines associés, mais non les connaissances de ces domaines.

DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE PAR NIVEAUX

L'explicitation, qui associe à une connaissance un modèle du même domaine de connaissance, est à la base de la construction d'un modèle par niveaux. Nous allons maintenant examiner les modèles de deuxième niveau du modèle principal de la figure 4.11, « Rechercher des informations dans l'Internet ». Comme nous visons un modèle de moyenne ampleur, nous avons choisi de ne pas expliciter la connaissance « moteur de recherche ». Même si l'écart de la connaissance « utiliser un fureteur » est moyen (2 pour les gestionnaires et 3 pour les techniciens), nous n'expliciterons pas cette connaissance.

En fait, les connaissances pour lesquelles il y a un écart important à combler se regroupent autour de deux procédures, « repérer les éléments d'information » et « analyser l'information des sites ». Nous allons bâtir un modèle de deuxième niveau pour ces deux procédures. Dans le

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

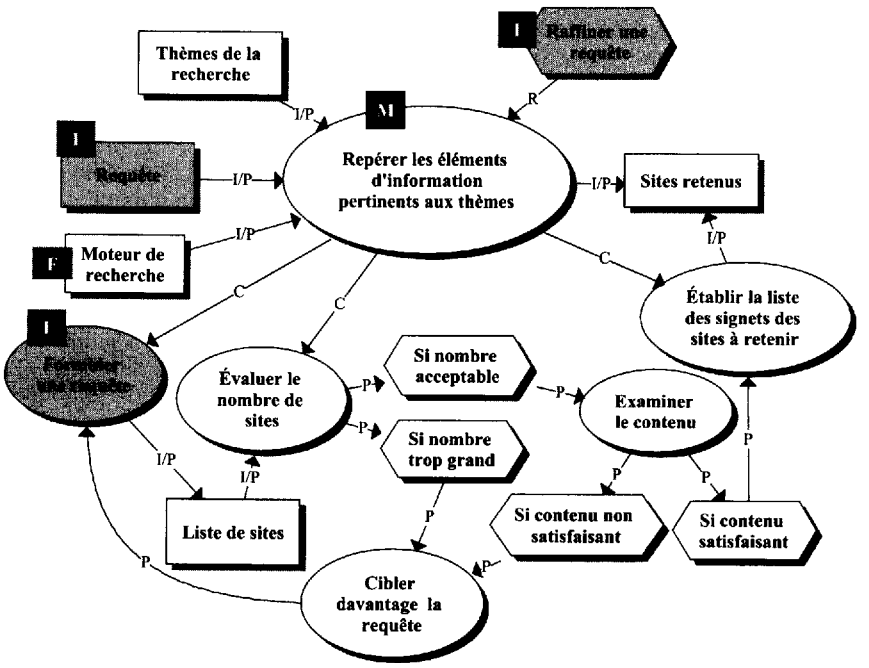
premier cas, l'écart est moyen, mais de 4, sans oublier que les concepts de requête et les principes qui permettent de raffiner une requête sont étroitement liés à cette procédure. On a là de bonnes possibilités pour développer un troisième niveau.

La figure 4.14 présente ces deux modèles de deuxième niveau, et la figure 4.15, deux modèles de troisième niveau qui découlent du premier modèle de deuxième niveau. Ainsi, le modèle global par niveaux regroupe les connaissances des sous-modèles suivants

Niveau 1: Modèle principal « Rechercher des informations dans l'Internet »

Niveau 2 : Modèle descendant de «Repérer les éléments d'information » (figure 4.14a)

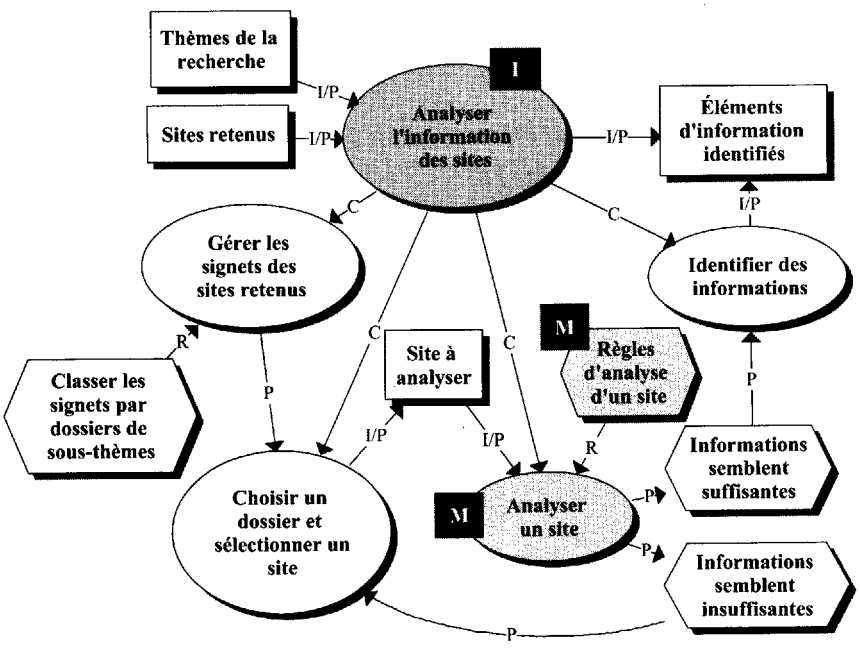
Figure 4.14a
Modèle descendant de niveau 2 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet »



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.14b
Modèle descendant de niveau 2 du modèle
« Rechercher des informations dans l'Internet »



Niveau 3 : Modèle descendant de «Requête » (figure 4.15a)

Niveau 3 : Modèle descendant de « Raffiner une requête » (figure 4.15b)

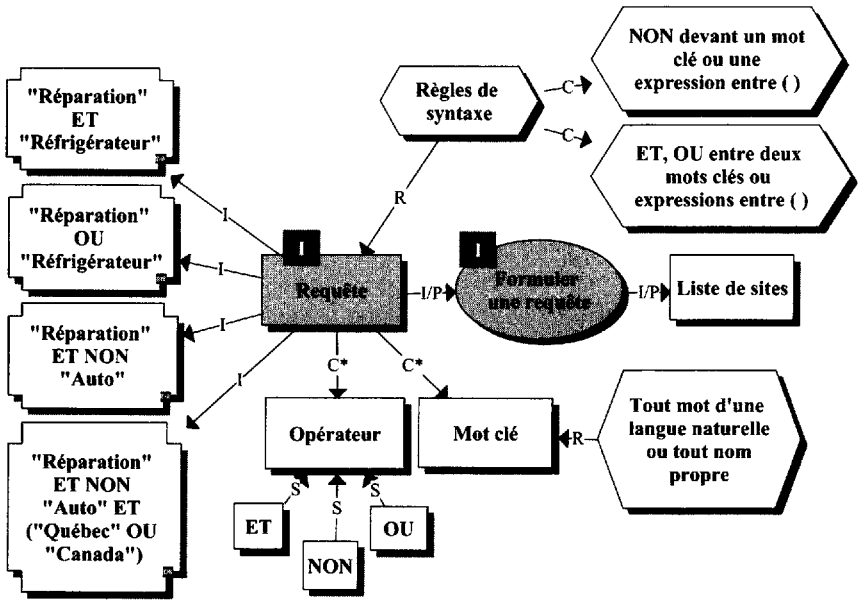
Niveau 2 : Modèle descendant de « Analyser l'information des sites » (figure 4.14b)

La démarche qui vient d'être présentée est-elle terminée? Cela dépend bien sûr des orientations qui ont été données au départ, du but et des contraintes de la modélisation. Nous avons supposé ici que le but était de faire en sorte que deux catégories de personnes, des gestionnaires et des techniciens en documentation, soient capables d'effectuer des recherches d'informations dans l'Internet à partir d'une liste de thèmes, d'analyser l'information et de produire un texte synthèse. Nous supposons également que ces personnes ont peu de temps à consacrer à cette formation, d'où la petite taille du modèle.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.15a
Modèle descendant de niveau 3 du modèle
« Rechercher des informations dans l'internet »



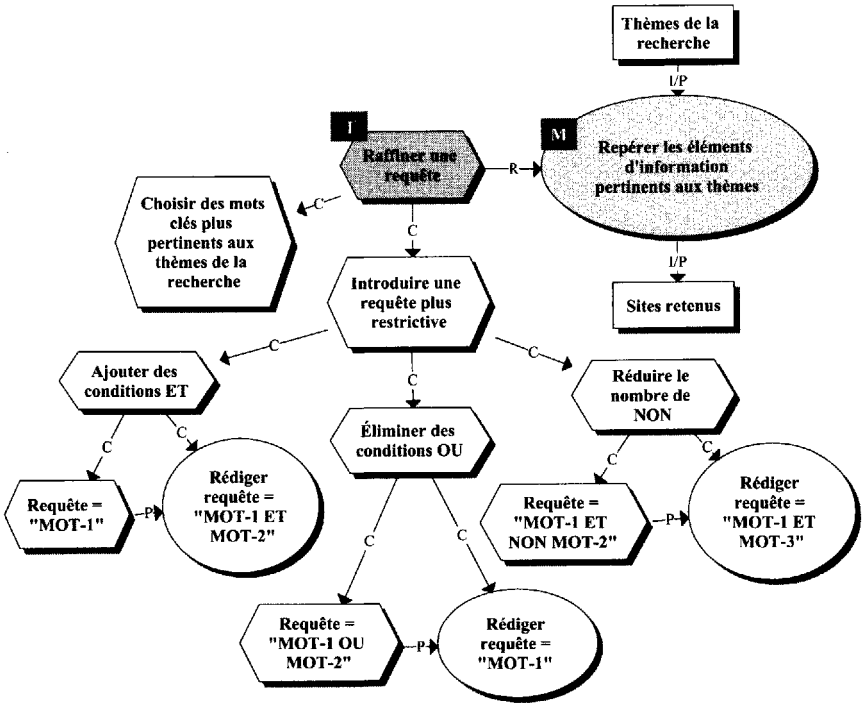
Pour répondre à la question, examinons donc les cinq sous-modèles qui constituent le modèle global, soit le modèle principal et les quatre modèles des figures 4.14 et 4.15. Les connaissances qui présentaient les plus grands écarts de compétences chez les publics cibles ont été explicitées par des modèles de deuxième niveau de façon satisfaisante.

- Le premier modèle de la figure 4.14 fait apparaître une nouvelle connaissance priorisée avec un écart important (priorité 1) « Formuler une requête ». Cette connaissance sera explicitée ainsi que le concept de requête (figure 4.15a). Toutes les autres connaissances ne sont pas retenues, car on suppose qu'elles sont suffisamment connues des usagers du modèle. Ce modèle est donc suffisamment explicité.
- Le second modèle de la figure 4.14 fait apparaître deux nouvelles connaissances de priorité moyenne (priorité 2) : « Analyser un site » et « Règles d'analyse d'un site ». Ces connaissances pourraient ensemble faire l'objet d'un modèle de troisième niveau. Par contre, toutes les autres connaissances de ce modèle ne demandent pas d'explicitation.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.15b
Modèle descendant de niveau 3 du modèle
«Rechercher des informations dans l'Internet »



- Les deux modèles de la figure 4.15 ne contiennent que des connaissances connues des usagers, qui ne demandent donc pas à être explicitées.

Sur un autre plan, examinons les catégories auxquelles ces modèles appartiennent. Le modèle principal (figure 4.11) est un modèle procédural, car la majorité des connaissances sont des procédures et les liens I/P et P y dominent. De plus, on observe un ordre strict entre les cinq sous-procédures; il s'agit donc d'une procédure séquentielle. Par contre, les deux modèles de deuxième niveau (figure 4.14) comprennent des cycles ; ce sont des modèles procéduraux itératifs.

Le modèle du concept de requête (figure 4.15) est un système conceptuel par composantes. On y présente les composantes d'une requête, des exemples de requête ainsi que les principes qui guident l'agencement des composantes d'une requête.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le modèle du principe de raffinement d'une requête, au contraire, est un système prescriptif. Le principe prend la forme d'un arbre de décision qui contient un principe lié au contenu des thèmes et trois principes liés à la forme des requêtes, ces derniers permettant de réduire le nombre de sites retenus.

Cette discussion nous amène maintenant à formuler des principes qui complètent la présentation du processus 3 : «Développer le modèle des connaissances par niveaux »

PRINCIPES DE COMPLÉTUDE DU MODÈLE

Certains principes heuristiques peuvent favoriser la construction d'un modèle par niveaux d'une ampleur et d'une profondeur suffisantes pour soutenir l'élaboration du système d'apprentissage.

1. Principes d'approfondissement en largeur et par niveaux

Le développement du modèle des connaissances a avantage à se faire d'abord pour *une* des connaissances du modèle initial, ce qui permet de corriger au besoin les estimations quant à la quantité de connaissances et de niveaux. Puis on développe en largeur tous les sous-modèles de deuxième niveau. Lorsqu'on a terminé, on développe, de la même façon, s'il y a lieu, tous les sous-modèles de troisième niveau, et ainsi de suite.

2. Principes de respect des écarts de compétences

Le modèle principal et les sous-modèles descendants doivent tenir compte de la priorisation des connaissances. Une connaissance pour laquelle l'écart de compétence est grand méritera d'être développée dans un sous-modèle où l'on indiquera avec une plus grande précision ses composantes, ses intrants, ses principes régulateurs, etc. Si l'écart de compétences à combler est nul ou très faible pour une connaissance, celle-ci ne devrait pas être reprise au niveau suivant. Dans le cas d'une connaissance de priorité 3 (écart faible), le choix de l'expliciter dépend de facteurs comme l'ampleur du modèle prévue en fonction de l'usage et des disponibilités des publics cibles du modèle.

3. Principes quant à la quantité des connaissances

À chaque niveau du modèle, le nombre de connaissances doit respecter certaines normes (qui pourront différer d'une situation à l'autre).

- Un sous-modèle de premier niveau (principal) devrait normalement contenir au moins autant de connaissances présentant un écart important ou moyen que le nombre estimé de sous-modèles de deuxième niveau pour lesquels il faudra développer des sous-modèles.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Un sous-modèle de deuxième niveau ou plus devrait également contenir au moins autant de connaissances présentant un écart important ou moyen que le nombre estimé de sous-modèles du niveau suivant, sauf s'il s'agit du niveau terminal.
- Un sous-modèle terminal[11] devrait normalement contenir au départ environ dix connaissances pour une compétence visée de niveau familiarisation et environ une vingtaine de connaissances pour une compétence du niveau de la maîtrise ou de l'expertise.

4. Principes de liaison et de typage des sous-modèles

À tous les niveaux de la structure, les sous-modèles doivent être connexes, c'est-à-dire que chaque connaissance est liée à au moins une autre du même sous-modèle. De plus, on doit autant que possible garder chaque modèle cohérent par rapport à l'une des catégories de modèles (voir le chapitre 3). Par exemple, un intrant d'un processus de diagnostic au premier niveau pourra être développé en un sous-modèle de deuxième niveau qui prendra la forme d'un système conceptuel à composantes.

PRINCIPE D'ÉQUILIBRE DES TYPES DE CONNAISSANCES

D'autres principes heuristiques peuvent favoriser un équilibre entre les faits, les concepts, les procédures et les principes dans un modèle à chacun des niveaux de la structure de modélisation. Cet équilibre, qui vise à respecter les types de modèles, varie selon le niveau des compétences recherché et l'écart à combler entre les compétences.

1. Respect du type de la connaissance principale

À chaque niveau de la structure, le type du modèle doit pouvoir être clairement défini, en relation avec le type de la connaissance principale de ce sous-modèle. Par exemple, si cette connaissance principale est une procédure, le sous-modèle doit respecter l'une ou l'autre des formes des systèmes procéduraux ou des processus et des méthodes.

2. Compétence visée : sensibilisation

Si la compétence visée par un sous-modèle est une simple sensibilisation à un domaine (0 ou 1 sur l'échelle des compétences), le modèle devrait normalement contenir *surtout des faits et des concepts* représentant par exemple plus de 70 % des connaissances du modèle.

11. Un sous-modèle terminal est un modèle dont aucune connaissance n'est explicitée au moyen d'un modèle associé descendant. Par contre, certaines connaissances peuvent être associées à un sous-modèle d'un autre domaine, soit par définition, soit par coréférence.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

3. *Compétence visée : familiarisation*

   Si la compétence visée par un sous-modèle est la familiarisation avec un domaine (3, 4 ou 5 sur l'échelle des compétences), le modèle devrait normalement contenir *surtout des concepts et des procédures* représentant par exemple plus de 70 % des connaissances du modèle.

4. *Compétence visée : maîtrise*

   Si la compétence visée par un sous-modèle est la maîtrise d'un domaine (6, 7 ou 8 sur l'échelle des compétences), le modèle devrait normalement contenir un bon équilibre entre les concepts, les procédures et les principes. Chacun de ces types de connaissances peut représenter plus de 25 % des connaissances.

5. *Compétence visée : expertise*

   Si la compétence visée par un sous-modèle est l'expertise dans un domaine (10 ou 11 sur l'échelle des compétences), on devrait normalement mettre encore plus l'accent sur les principes qu'on ne l'a fait dans le cas précédent.

On peut distinguer ici deux cas. Dans le premier, l'écart à combler est faible (moins de 3,0 sur l'échelle de 0 à 10) et dans le second, il est plus important (plus de 3,0 sur l'échelle de 0 à 10).

- Dans le cas d'un faible écart à combler (moins de 3,0 sur l'échelle de 0 à 10), le public visé possède déjà une certaine maîtrise des connaissances. Le modèle devrait normalement contenir une très forte proportion de principes, soit plus de 40 % des connaissances, et relativement peu de connaissances conceptuelles et de faits, par exemple moins de 20% des connaissances.

- Dans le cas d'un écart plus important à combler (plus de 3,0 sur l'échelle de 0 à 10), le modèle devrait normalement contenir une proportion relativement plus faible de principes, par exemple entre 30 % et 40 % des connaissances, puisqu'il faut d'abord que le public visé franchisse l'étape de la maîtrise du domaine. Dans ce but, il faut alors garder un bon équilibre entre les concepts et les procédures, qui devraient représenter plus de 25 % environ des connaissances du modèle.

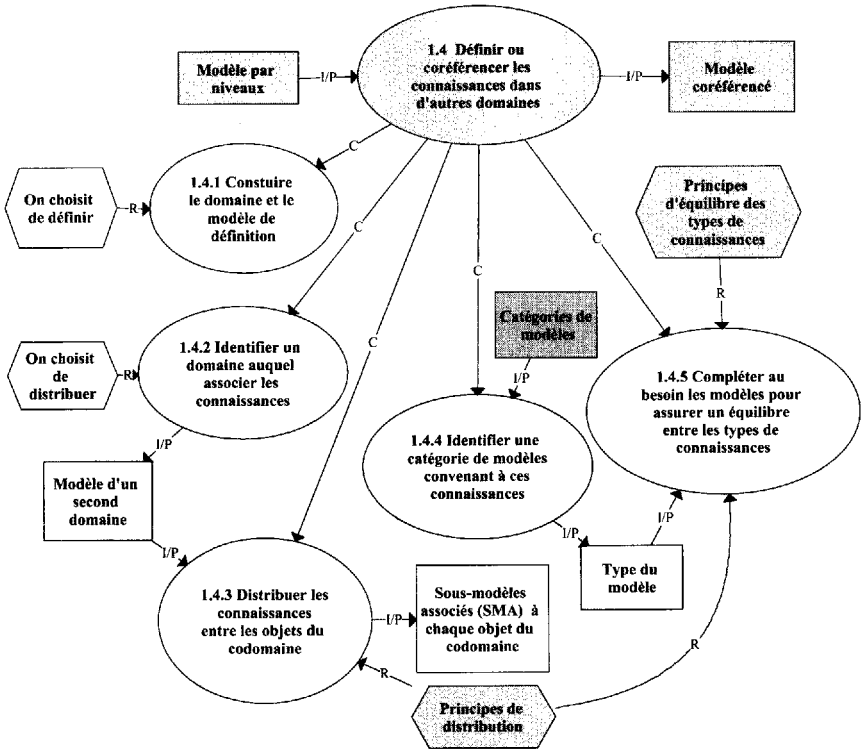
4.6. DÉFINIR OU CORÉFÉRENCER LES CONNAISSANCES DANS D'AUTRES DOMAINES

Dans la section précédente, nous avons examiné une des trois façons d'associer un modèle à une connaissance. L'explicitation associe à une connaissance un modèle du même domaine de connaissances. Elle est à

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.16
Sous-processus d'association entre deux domaines



la base du développement d'un modèle par niveaux. Dans cette section, nous présentons les deux autres modes, qui ont en commun d'associer à une connaissance un sous-modèle d'un autre domaine de connaissances.

L'association de type *définition* sera particulièrement utile si l'on désire préciser une connaissance en s'appuyant sur un point de vue différent de celui qui a cours dans le domaine de connaissances en développement.

L'association par *coréférence* consiste à distribuer les connaissances d'un domaine entre des objets d'un second domaine appelé « codomaine ». Ces objets sont en quelque sorte « documentés » par un sous-modèle du domaine source. Ce processus sera particulièrement utile pour assigner des connaissances aux modules d'un cours ou, au cours d'un programme

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

d'études, pour spécifier les connaissances traitées dans différents documents ou matériels pédagogiques, ou encore pour répartir des tâches d'un processus de gestion entre les différents postes dans l'organigramme d'une organisation.

La coréférence implique souvent qu'on complète les sous-modèles associés à une connaissance du codomaine en appliquant divers *principes de distribution*. Dans certains cas, on devra ajouter des connaissances pour s'assurer que les types de connaissances respectent les principes d'équilibre présentés à la fin de la section précédente.

DÉFINITION D'UNE CONNAISSANCE DANS UN AUTRE DOMAINE

Nous allons fournir deux exemples de ce processus, toujours en utilisant notre exemple de la procédure de recherche dans l'Internet. Le premier exemple consiste à donner une définition d'un « moteur de recherche » dans le domaine des outils logiciels. Cette connaissance n'a pas à être explicitée dans le domaine principal, puisqu'on ne l'a pas priorisée dans les objectifs de la modélisation. Mais il peut être utile de fournir une définition comme information complémentaire aux usagers.

La figure 4.17 présente deux fenêtres de MOT liées par une association de type définition. La fenêtre de droite est une partie du modèle principal présenté à la figure 4.11. La fenêtre de gauche fournit une définition de « moteur de recherche » dans un autre domaine.

Le lien entre les deux domaines est indiqué par l'icône sur la connaissance à définir qui fait apparaître le modèle de définition associé à la connaissance. Contrairement aux modèles d'explicitation, les modèles de définition ne respectent pas obligatoirement le type de la connaissance définie. Ici, le modèle de définition est procédural, alors que la connaissance définie est un concept.

Le second exemple (figure 4.18) consiste à associer un modèle de définition à l'habileté « appliquer une procédure » qui apparaît dans le modèle principal (figure 4.11). Cette habileté est un processus générique" en ce sens qu'elle peut être appliquée dans d'autres domaines que celui de la recherche d'informations dans l'Internet. Il est donc nécessaire et utile d'en donner une définition dans un domaine qui lui soit propre.

12. On dira aussi qu'il s'agit d'une métaconnaissance de type processus ou d'un métaprocessus. Ces notions seront élaborées au chapitre 7.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.17
Définition du concept « moteur de recherche »
dans un autre domaine

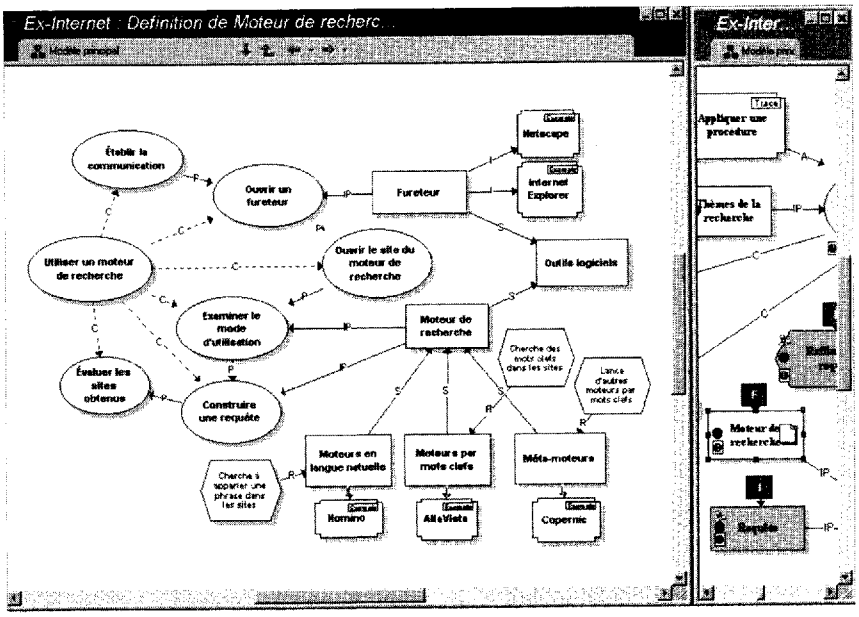
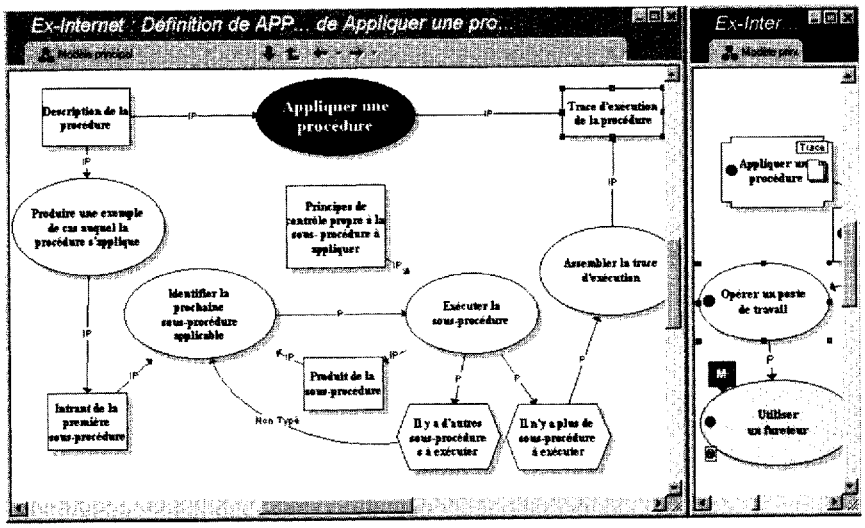


Figure 4.18
Définition d'une habileté générique d'application



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le modèle présenté montre l'une des multiples façons de donner une signification précise à ce type d'habileté. Ici, l'habileté est vue comme un processus itératif. Pour appliquer une procédure

- On sélectionne d'abord un exemple d'application; il s'agit dans ce cas des thèmes auxquels la recherche d'informations s'applique. Dans un autre domaine, il pourrait s'agir de la description d'un réseau électrique dont on veut examiner le fonctionnement.
- Puis on exécute une première sous-procédure de la procédure à appliquer; ici, il s'agit d'utiliser un poste de travail, ailleurs de placer un appareil de mesure du courant aux bornes du circuit électrique.
- Ensuite, on franchit un certain nombre de cycles en réutilisant le produit de chaque sous-procédure comme intrant d'autres procédures, jusqu'à ce que la procédure ait été exécutée en entier.
- Il reste alors à assembler la trace d'exécution. Cet exemple illustre un élément important de la technique de modélisation : *la possibilité de définir une connaissance en changeant de point*

de vue. Dans un modèle de définition comme celui-ci, contrairement à un modèle d'explicitation, on n'a aucune obligation de respecter les types de connaissances, puisqu'on change de point de vue. Par exemple, les principes de contrôle qui gouvernent la procédure à appliquer sont des principes dans le domaine d'application. Mais, dans le modèle de définition de l'habileté, on adopte le point de vue que ces principes sont des concepts intrants du (méta-)processus qui consiste à exécuter une procédure. Autrement dit, pour pouvoir exécuter une sous-procédure, il faut en connaître tous les éléments, dont la structure de contrôle, lesquels sont des intrants de l'exécution[13].

DISTRIBUTION DES CONNAISSANCES DANS UN AUTRE DOMAINE

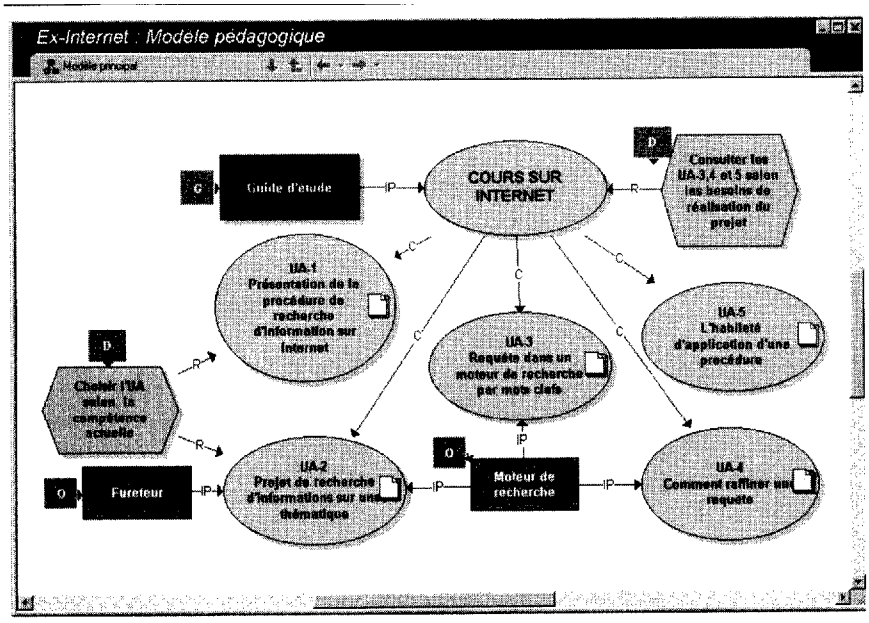
Il existe une troisième façon d'associer un modèle à une connaissance la coréférence. On utilise l'association par coréférence lorsqu'on a affaire à deux domaines de connaissances bien structurés entre lesquels on désire établir des liens d'association. Les deux domaines en question peuvent être assez différents, par exemple la physiologie humaine et la chimie

13. On trouve une situation analogue en informatique dans le cas de programmes comme les systèmes d'exploitation. Ceux-ci sont des métaprogrammes qui prennent comme données (plutôt que comme procédures) d'autres programmes pour les traduire, par exemple en langage machine ou dans une machine virtuelle.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.19
Modèle pédagogique d'un cours sur la recherche d'informations dans l'Internet



organique ou encore la gestion de projet et le génie logiciel. Cette fonctionnalité sera très utile dans l'utilisation de la méthode MISA, puisqu'on y établit des relations entre quatre domaines : connaissance, pédagogie, matériels et processus de diffusion.

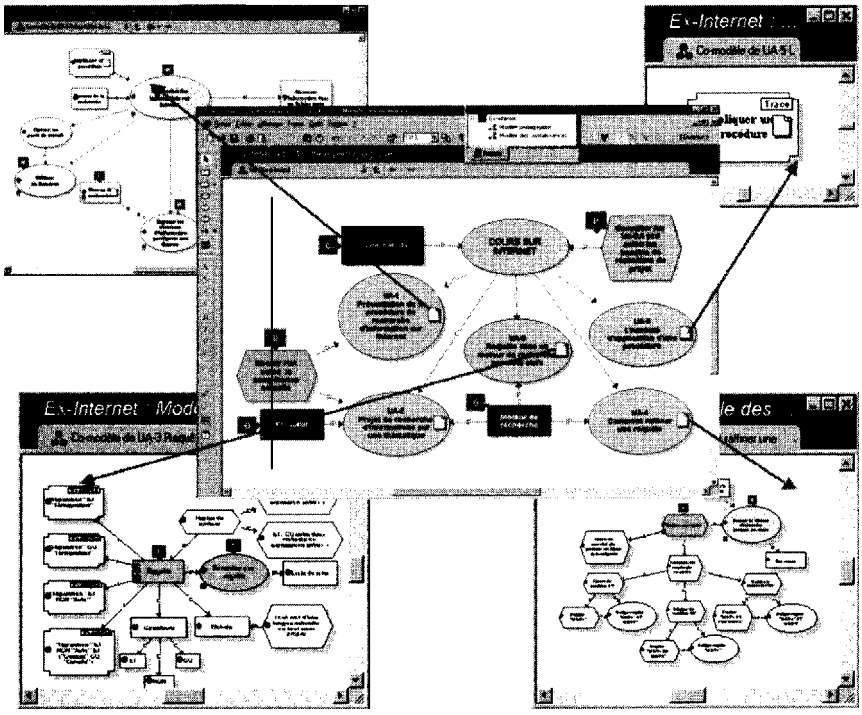
La figure 4.19 présente le réseau des événements d'apprentissage (RÉA) d'un cours construit sur le thème de « Rechercher des informations dans l'Internet ». Ce cours est décomposé d'abord en cinq unités d'apprentissage (UA) et deux principes de démarche (étiquetés D) proposent un parcours pédagogique entre les unités d'apprentissage. Le modèle fait aussi apparaître deux outils essentiels à la réalisation du cours ainsi qu'un guide d'étude qui sert d'intrant. Chaque UA peut être ensuite explicitée par un scénario d'apprentissage qui fait aussi partie du modèle pédagogique, donc du même domaine.

Nous sommes en présence de deux domaines ayant chacun sa logique propre : logique de contenu, logique pédagogique. Les icônes apparaissant sur les unités d'apprentissage du RÉA donnent accès à leur sous-modèle associé (SMA) qui fait partie du modèle des connaissances. La figure 4.20 présente quatre de ces sous-modèles. Le sous-modèle de

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.20
Modèle pédagogique et sous-modèles des connaissances associés aux UA



l'UA1 contient le modèle principal, moins le concept de requête et le principe de raffinement d'une requête. Ces deux sous-modèles sont plutôt associés respectivement à l'UA-3 et à l'UA-4. Par ailleurs, l'UA-5 a pour SMA l'habileté d'application d'une procédure et son modèle de définition. Finalement, le SMA de l'UA-2 consacré à la réalisation d'un projet n'apparaît pas sur la figure, mais il contient tout le modèle des connaissances par niveaux.

Le lecteur aura noté que la correspondance entre les deux domaines n'est pas automatique, chacun étant doté d'une structure différente. L'UA2 reçoit l'ensemble du modèle des connaissances, car il s'agit d'un projet global qui concerne tout le contenu du cours. L'UA1 reçoit presque toutes les connaissances du modèle, car elle vise à aider l'apprenant à lancer son projet en lui présentant une vue d'ensemble du processus qu'il devra appliquer. Les unités UA3 et UA4 jouent un rôle complémentaire

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

et donc reçoivent un sous-modèle spécialisé. Enfin, l'UA5 a pour but d'aider l'apprenant à améliorer son habileté générale à appliquer une procédure.

PRINCIPES DE DISTRIBUTION DES CONNAISSANCES

L'analyse qui précède nous conduit à énoncer un certain nombre de principes généraux pouvant aider un concepteur à distribuer les connaissances d'un domaine dans un autre domaine[14].

1. *Principe de complétude*

   Toutes les connaissances du domaine source qui ont été retenues devraient normalement être attribuées à un ou plusieurs objets du codomaine, donc apparaître dans un ou plusieurs sous-modèles associés aux objets du codomaine. Ces connaissances devraient en principe être accompagnées des connaissances qui les explicitent ou qui les définissent, de façon à conserver la cohérence du modèle source.

2. *Principe de redondance*

   Une connaissance du domaine source peut, et dans certains cas devrait, apparaître dans plus d'un sous-modèle associé aux objets du codomaine. À titre d'exemple, la figure suivante montre que le concept «requête » est référencé dans les SMA des unités d'apprentissage 2 et 3.

3. *Principe de cohérence avec le codomaine*

   L'attribution des connaissances du domaine source aux objets du codomaine doit respecter la structure et le but de la modélisation du codomaine. Dans l'exemple présenté plus haut, il serait contre-productif de séparer les connaissances en cinq groupes de même taille attribués également aux cinq unités d'apprentissage. Le modèle pédagogique contient en effet une UA projet qui doit couvrir toutes les connaissances et d'autres UA qui jouent un rôle complémentaire en traitant des connaissances plus spécifiques.

4. *Principe de typage des sous-modèles associés*

   Les sous-modèles associés doivent être connexes, c'est-à-dire que chaque connaissance est liée à au moins une autre du même sous-modèle. De plus, les connaissances du SMA doivent être groupées de façon à former un tout cohérent qui correspond à un type de

14. Dans MISA 4.0, ce processus est appliqué pour produire les éléments de documentation 310 et 410.

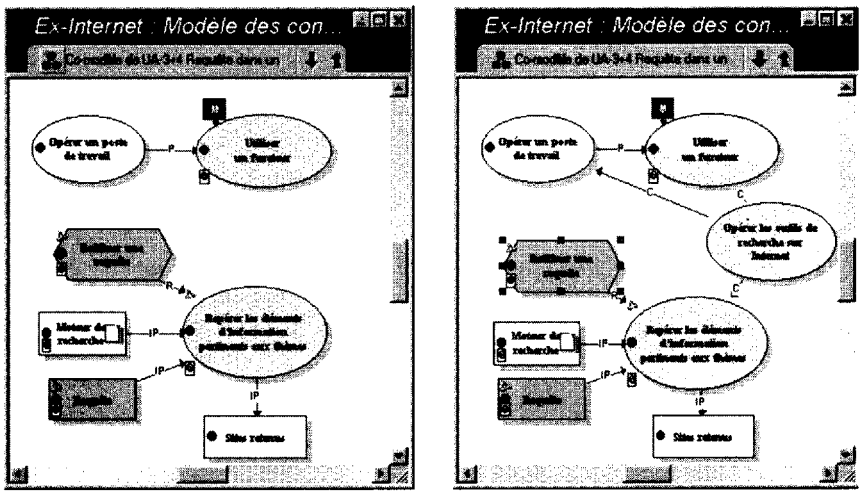
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

modèles bien précis. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on propose d'exécuter les sous-processus 1.4.4 et 1.4.5 du processus 4 de cette technique (figure 4.16).

Ce dernier principe peut sembler évident, mais il peut être difficile à respecter lorsqu'on doit associer des connaissances disparates dans le modèle source à un même objet du codomaine. L'exemple de la figure 4.21 illustre un tel cas. Supposons que l'on décide de créer une sixième UA et d'inclure dans son SMA les connaissances indiquées sur la figure de gauche. Le modèle présente alors deux groupes de connaissances sans liens entre eux. La figure de droite corrige ce problème en ajoutant une nouvelle procédure qui n'était pas dans le modèle source, mais qui réunit les deux groupes de connaissances en un modèle procédural cohérent.

Figure 4.21
Un SMA non connexe et un SMA procédural



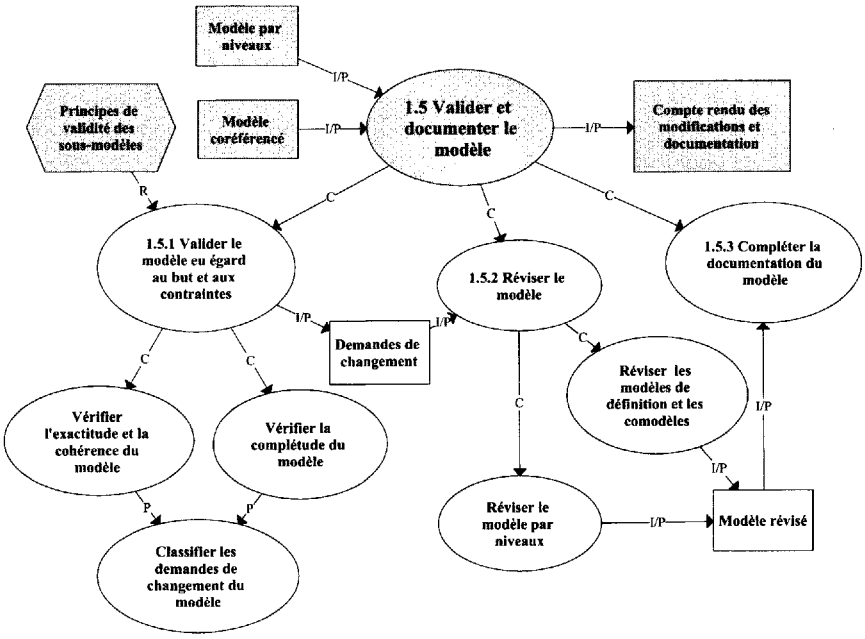
4.7. VALIDER ET DOCUMENTER UN MODÈLE

Lorsqu'on a développé par niveaux et coréférencé le modèle en rattachant diverses formes de sous-modèles associés à certaines de ces connaissances, on obtient un ou plusieurs documents qui demandent à être complétés et validés. C'est l'objectif du cinquième et dernier processus de la technique de modélisation par objets typés.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 4.22
Sous-processus de validation et de documentation



TÂCHES DE VALIDATION ET DE DOCUMENTATION

Le processus comporte trois tâches principales, comme le montre la figure 4.22: valider le modèle eu égard au but et aux contraintes initiales, cette tâche étant gouvernée par des principes de validité, réviser le modèle et le documenter.

La première séquence de tâches consiste à valider le modèle auprès de personnes représentatives des futurs usagers et auprès des personnes ayant demandé la construction du modèle. Deux aspects sont à considérer.

- *Vérifier l'exactitude et la cohérence du modèle.* On s'assure que les connaissances et les habiletés sont exprimées adéquatement et que l'ensemble est correctement structuré par rapport aux différents groupes de principes de la technique.
- *Vérifier la complétude du contenu.* On s'assure que les modèles mis à l'essai contiennent bien toutes les connaissances requises par les objectifs de la modélisation.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ces deux aspects de la vérification conduisent à formuler des demandes de changement du modèle.

- On passe ensuite à la classification des demandes de changement du modèle en départageant celles qui touchent les différents types de sous-modèles obtenus par explicitation, définition ou coréférence. On distingue dans chaque cas les demandes qui visent à améliorer l'exactitude, la cohérence ou la complétude de l'ensemble.

Ainsi classifiées, les demandes de changement sont intégrées au compte rendu de la validation, lequel est ensuite utilisé pour accomplir la seconde séquence de tâches.

- *Réviser les sous-modèles par explicitation. Il* s'agit de s'assurer quechacun des sous-modèles d'explicitation contient des connaissances exactes, cohérentes et suffisamment complètes.
- *Réviser les sous-modèles par définition ou coréférence.* On vérifie si chacun des sous-modèles par définition ou coréférence contient des connaissances exactes, cohérentes et suffisamment complètes.

Le troisième groupe de tâches consiste à compléter la documentation des modèles. On doit souligner ici qu'un modèle graphique, aussi transparent soit-il, demande des explications textuelles. Au cours de son développement, on aura utilisé différentes fonctionnalités de l'éditeur de modèles pour ce faire : commentaires, associations de textes, modèles de définition ou de coréférence. Il reste à présenter le modèle à ses usagers. Ceux-ci pourront utiliser directement l'éditeur de modèles, les commentaires et la documentation attachée aux connaissances ou aux liens. On pourra aussi intégrer le modèle dans un texte, comme nous venons de le faire dans ce chapitre pour la technique de modélisation. Le modèle pourra servir à construire un site Web qui en présente le contenu.

PRINCIPES DE VALIDITÉ DES SOUS-MODÈLES

Les principes heuristiques suivants peuvent guider le concepteur dans son travail d'évaluation de la validité des sous-modèles qui composent son modèle de connaissances par objets typés.

1. *Principes de respect des écarts de compétence des publics cibles*

   Chaque sous-modèle doit tenir compte de la priorisation des connaissances et contenir un nombre de connaissances correspondant aux écarts à combler dans les compétence.

2. *Principes de cohérence des modèles*

   Chaque sous-modèle doit être connexe et correspondre à une catégorie de modèles bien précise.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

3. *Principes d'équilibre des types de connaissances*

L'équilibre entre les types de connaissances d'un sous-modèle doit tenir compte du niveau de compétence visé et de l'écart à combler entre la compétence visée et la compétence actuelle pour la connaissance principale de ce sous-modèle, selon les critères énoncés plus haut.

4. *Principes d'association des habiletés*

Les habiletés ne devraient normalement être associées (par un lien A) qu'à la connaissance principale du sous-modèle et, si nécessaire, aux autres connaissances présentant d'importants écarts de compétence (supérieur à 5 sur l'échelle des compétences).

CONCLUSION

Il convient maintenant de se donner une vue d'ensemble du chemin parcouru. Dans les quatre chapitres premiers, nous avons examiné le concept de représentation des connaissances et divers langages graphiques de représentation. Puis nous avons défini un mode de représentation particulier, la modélisation par objets typés. Ce langage graphique, nous l'avons vu, est général, il s'applique aux différents domaines de la connaissance et facilite la représentation de divers types de modèles : taxonomies, systèmes à composantes, procédures séquentielles, en parallèle ou itératives, définitions, lois, théories, arbres de décision, processus, méthodes, systèmes collaboratifs multi-agents.

Le présent chapitre s'est concentré sur le « comment modéliser ». Nous y avons présenté des outils et une technique de modélisation, elle-même définie d'ailleurs par un modèle graphique par objets typés. Nous espérons que le lecteur pourra relire ce chapitre en construisant à nouveau les modèles MOT et, surtout, en modélisant lui-même un domaine qui l'intéresse à l'aide de la version de l'éditeur MOT que l'on peut obtenir sur le site[15] de l'auteur.

Les connaissances de modélisation acquises par le lecteur seront réinvesties dans la suite de ce livre, en commençant par les importantes questions concernant les habiletés et les compétences, les problèmes que celles-ci permettent de résoudre et la description d'une stratégie pédagogique axée sur l'acquisition de compétences. C'est là l'objet des quatre prochains chapitres.

15. <www.licef.teluq.uquebec.ca/gp>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

5

QU'EST-CE QU'UNE COMPÉTENCE?

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Il suffit de faire une recherche dans l'Internet pour constater l'importance qu'a prise l'approche par compétences dans tous les domaines de la formation, notamment en Europe, en Amérique du Nord et en Australie[1].

Des ministères de l'éducation, des commissions scolaires, des centres spécialisés dans le soutien à l'enseignement produisent des dictionnaires de compétences dans le but de définir les programmes scolaires ou les qualités requises des enseignants, notamment quant à l'usage des technologies en éducation. Des entreprises présentent leurs services et leur expertise en énumérant les compétences qui constituent la marque de commerce de leur organisation. D'autres offrent des services-conseils ou des outils informatisés pour aider leurs futurs clients à établir et à gérer les compétences de leur personnel considéré comme le principal actif de leur organisation. Des organismes gouvernementaux ou des associations professionnelles utilisent l'approche par compétences pour définir les critères d'exercice d'une profession et orienter leurs activités de perfectionnement continu.

MAIS QU'EST-CE QUE LA COMPÉTENCE?

Pour répondre à cette question, nous partirons de la pratique en présentant des exemples de profil et de dictionnaire de compétences utilisés dans la formation en milieu de travail, dans la formation professionnelle ou dans les programmes scolaires. Puis nous en ferons une analyse critique pour mettre en évidence la diversité des concepts et des stratégies pédagogiques derrière ce qu'on appelle « l'approche par compétences ». Nous terminerons par une définition précise de la notion de compétence qui permettra de représenter les compétences graphiquement et de les intégrer à un modèle des connaissances.

5.1. LES COMPÉTENCES DANS LES ENTREPRISES ET LES MILIEUX DE TRAVAIL

Au cours des dix dernières années, le « mouvement des compétences » a envahi la scène de la gestion des ressources humaines. L'établissement de profils de compétences, l'analyse des écarts, la classification et la rémunération fondées sur les compétences, l'évaluation du rendement, la dotation et bien d'autres usages des compétences s'intègrent dans les

1. Les compétences linguistiques limitées de l'auteur ne lui ont pas permis de consulter d'autres sites que ceux utilisant la langue française ou la langue anglaise.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

activités des organisations. Dans le secteur public comme dans le secteur privé, le développement des compétences est perçu comme un facteur incontournable de productivité et de compétitivité.

À titre d'exemple, dans son énoncé de politique à l'égard de ses ressources humaines, l'entreprise d'État québécoise dans le domaine de l'énergie, Hydro-Québec, affirme ce qui suite

> Hydro-Québec, à l'intérieur de sa stratégie globale, considère son personnel comme une ressource essentielle à la réalisation de sa vision. En conséquence, pour maintenir les compétences nécessaires à l'atteinte de ses objectifs d'affaires, Hydro-Québec s'engage à :
>
> - procurer à son personnel les meilleures possibilités de développement professionnel pour assurer en tout temps un haut niveau de compétence, d'expertise et de leadership ;
> - attirer, recruter et garder un personnel diversifié et compétent qui adhère à ses valeurs et qui est motivé à contribuer à l'avantage concurrentiel de l'entreprise ;
> - préparer la relève et garantir la pérennité du savoir-faire.

Par ailleurs, l'entreprise attend de son personnel qu'il «assume la responsabilité de son développement et participe au maintien du savoir-faire au sein de l'entreprise. »

Cet énoncé de politique est caractéristique de ce qui se passe dans les grandes entreprises actuellement. Dans un document interne de la Direction principale des ressources humaines, de la planification et du développement de la main-d'oeuvre, chargée d'appliquer cette politique d'Hydro-Québec, on retrouve la définition suivante : «La gestion des compétences couvre l'ensemble des activités qui visent l'identification, l'acquisition, le développement et le maintien des compétences nécessaires à l'atteinte des objectifs d'affaire. » Le schéma présenté à la figure 5.1 illustre bien les différents impacts que l'entreprise attend de la gestion des compétences.

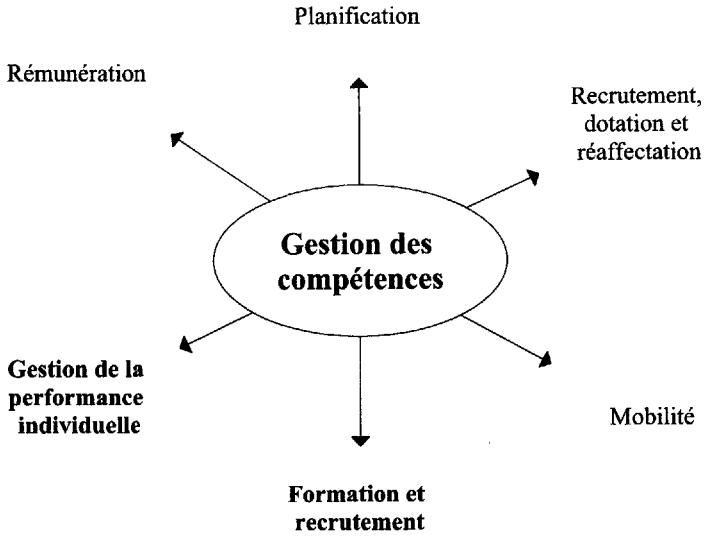
Pour atteindre ces objectifs, l'entreprise s'est dotée d'un modèle complexe des compétences requises de ses employés. Le répertoire des compétences de l'organisation regroupe 50 champs de compétences répartis en quatre catégories. Le champ de compétences intitulé «Vision

2. Voir le site de l'entreprise à : <http :// /www.hydroquebec.com/publications/fr/politiques/ pdf/res_hum.pdf>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 5.1
Les objectifs de la gestion des compétences



stratégique » se décompose en onze compétences générales, par exemple « Sait dégager les éléments indispensables à mettre en place, les actions importantes à mettre en branle pour assurer le succès présent et futur de l'entreprise ».

Ce répertoire des compétences permet à l'entreprise d'établir, pour chaque catégorie de postes, des profils de compétences définis comme «intrant majeur à la gestion des compétences ». Un profil de compétences se compose de deux volets : «les compétences personnelles essentielles pour une performance supérieure ; les compétences techniques reliées au domaine d'activité du poste ». Une compétence est définie comme une combinaison de connaissances (savoir), d'habiletés (savoir-faire) et d'attitudes (savoir-être) nécessaires pour remplir efficacement un emploi.

L'exemple d'Hydro-Québec est caractéristique. On trouve une approche semblable maintenant dans la plupart des grandes organisations publiques ou privées. Un autre exemple est fourni par la Commission de la fonction publique (CFP), organisme central de recrutement et de dotation de la fonction publique du gouvernement canadien. Cet organisme a conçu le document *Profil global de compétence : un modèle.* Le PGC

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

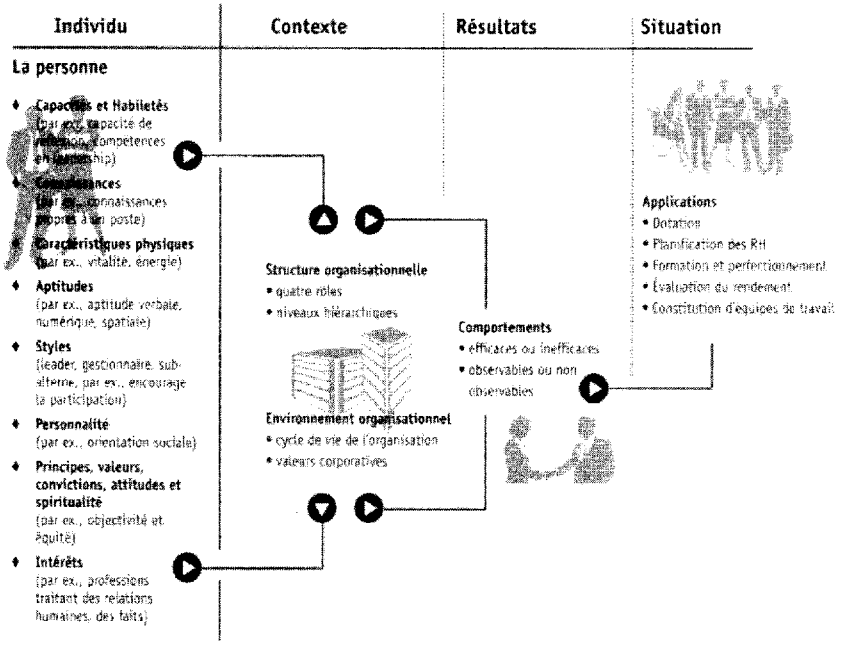
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

est un cadre général qui permet de comprendre la personne dans sa *globalité* au travail et qui peut aider à situer le concept de compétences dans un système intégré de gestion des ressources humaines (GRH)3.

Comme on le conçoit dans le PGC, les compétences sont « les caractéristiques sous-jacentes au rendement ou au comportement d'une personne au travail », ce qui en fait un concept plus englobant que la plupart de ceux qu'on utilise dans les organisations. Le PGC (voir figure 5.2) présente une vision fondée sur les compétences de l'individu en fonction de son contexte de travail et des résultats que l'on attend de lui. Selon les auteurs du document :

> le modèle a un grand nombre d'usages tant pour l'individu que pour l'organisation. Par la description d'une gamme complète de caractéristiques individuelles et de contextes de travail dans lesquels elles s'expriment, le PGC nous permet de mieux comprendre le

Figure 5.2
Le modèle des compétences dans la fonction publique



3. Voir la description du PGC à l'adresse suivante: <http://www.psc-cfp.gc.ca/ppc/fr_competencies_partl.htm#Description de la personne>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

rendement et le comportement des personnes. De plus, en mettant l'accent sur les compétences, il constitue un langage commun qui

peut devenir la pierre angulaire de toutes les activités en matière de ressources humaines.

La description complète du modèle est donnée sur le site Web de la CFP Dans la section « Capacités et habiletés », on trouvera la liste des compétences énumérées au tableau 5.1.

5.2. LES COMPÉTENCES DANS LA DÉFINITION DES PROFESSIONS

Le secteur des professions fait également appel à une notion de compétence pour établir des critères de pratique dans le but notamment de mettre sur pied des programmes de perfectionnement continu à l'intention des membres d'une profession.

En Australie comme dans d'autres pays, la fonction d'infirmière est réglementée. Les membres de la profession sont responsables d'assurer des soins de haute qualité et une pratique de travail sécuritaire et efficace. Des organismes publics de l'État ou du territoire ont la responsabilité d'établir les standards de compétence attendus du comportement des infirmières, comme de celui des autres professionnels d'ailleurs. L'Australian Nursing Council (ANCI) a ainsi défini un code d'éthique, un code de conduite professionnelle et des standards nationaux de compétence pour les infirmières attitrées et les infirmières auxiliaires.

Les *National Nursing Competency Standards-3rd Edition* 2000[4], présentés au tableau 5.2, regroupent quatorze compétences principales subdivisées en éléments et regroupées en quatre grands domaines. Les infirmières doivent faire la preuve qu'elles possèdent ces compétences pour obtenir leur permis de pratique et pour le renouveler périodiquement. Les standards peuvent être utilisés pour évaluer le rendement scolaire ou la performance en milieu de travail, ou pour mesurer de façon continue la capacité de pratique.

Les standards de compétence définissent à la fois les caractéristiques spécifiques à la pratique infirmière et celles communes à d'autres professions. Ils précisent les connaissances, les habiletés et les attitudes requises des infirmières et reflètent la nature complexe de leur pratique.

4. Ces documents peuvent être consultés à l'adresse <http://www.anci.org.au/competency-standards.htm>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.1
Capacités et habiletés (extrait du *Profil global de compétences* de la CFP)

Capacités de réflexion
1. Dresser un portrait global
2. Penser de façon stratégique
3. Innover
4. Démontrer un esprit d'analyse
5. Mettre à contribution sa capacité cognitive
6. Faire preuve d'esprit de décision

Compétences en communication
7. Démontrer une aptitude à la communication orale
8. Être à l'écoute
9. Communiquer par écrit
10. Faire accepter les messages
11. Communiquer dans l'autre langue officielle, sa langue seconde

Compétences en relations humaines
12. Respecter les autres
13. Échanger de l'information
14. Faire preuve d'esprit d'équipe
15. Tisser des réseaux
16. Faire preuve de persuasion
17. Négocier des solutions gagnantes
18. Faire preuve de diplomatie
19. Résoudre les conflits

Compétences en autogestion
20. Agir avec assurance
21. Faire preuve d'esprit d'initiative
22. Gérer son autoperfectionnement
23. Faire preuve de souplesse
24. Faire preuve d'automotivation

Sens de l'organisation
25. Planifier le travail
26. Prendre des risques calculés
27. Administrer les ressources
28. Accomplir le travail convenu
29. Gérer les crises
30. Mesurer les progrès accomplis

Compétences en matière de service à la clientèle
31. Faire équipe avec les clients
32. Proposer des produits et services à la clientèle
33. Faire un suivi auprès de la clientèle
34. Entretenir des rapports professionnels
35. Établir des partenariats
36. Faire la promotion des produits et services proposés
37. Viser l'excellence

Compétences techniques/opérationnelles
38. Démontrer son savoir-faire technique et professionnel
39. Maîtriser l'informatique
40. Utiliser le matériel et les outils techniques
41. Travailler avec des données/des chiffres
42. Effectuer le travail de bureau

Compétences en affaires
43. Utiliser les données financières
44. Respecter le cadre de l'organisation
45. Prendre des décisions administratives
46. Générer des recettes
47. Posséder un sens aigu des affaires

Compétences en gestion des ressources humaines
48. Gérer une équipe
49. Gérer le changement
50. Susciter la participation
51. Répartir les tâches
52. Motiver l'équipe
53. Constituer une équipe
54. Perfectionner les membres de l'équipe
55. Jouer le rôle de mentor
56. Donner de la rétroaction sur le rendement
57. Apprécier la diversité
58. Veiller au bien-être des membres de son équipe

Compétences en leadership
59. Élaborer une vision de l'avenir
60. Planifier le devenir de l'organisation
61. Faciliter l'atteinte des objectifs
62. Prendre l'initiative du changement
63. Contribuer à entretenir un environnement de travail sain
64. Inspirer le personnel
65. Mettre à profit sa connaissance de l'organisation

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.2
Standards régissant la profession d'infirmière en Australie

ANCI National Competency Standards for the Registered Nurse

Domain: Professional and Ethical Practice

Competency 1 Functions in accordance with legislation and law affecting nursing practice.
- 1.1 – Demonstrates knowledge of legislation and common law pertinent to nursing practice.
- 1.2 – Fulfils the duty of care in the course of practice.
- 1.3 – Demonstrates knowledge of policies and procedural guidelines that have legal implications for practice.
- 1.4 – Identifies unsafe practice and reponds appropriately to ensure a safe outcome.
- 1.5 – Recognizes and acts upon breaches of law relating to practice.

Competency 2 Conducts nursing practice in a way that can be ethically justified.
- 2.1 – Practises in accordance with the profession's code of ethics.
- 2.2 – Demonstrates knowledge of contemporary ethical issues impinging on nursing.
- 2.3 – Engages effectively in ethical decision making.
- 2.4 – Ensures confidentiality of information.

Competency 3 Protects the rights of individuals and groups in relation to health care.
- 3.1 – Acknowledges the rights of individuals/groups in the health care setting.
- 3.2 - Acts to ensure that rights of individuals/groups are not compromised.
- 3.3 – Involves the individual/group as an active participant in the process of care.
- 3.4 – Respects the values, customs, spiritual beliefs and practices of individuals and groups.
- 3.5 – Provides for the spiritual, emotional and cultural needs of individuals/groups.
- 3.6 – Provides relevant and current health care information to individuals and groups in a form which facilitates their understanding.
- 3.7 – Encourages and supports individuals/groups in decision making.

Competency 4 Accepts accountability and responsibility for own actions within nursing practice.
- 4.1 – Recognizes own knowledge base/scope of competence.
- 4.2 – Consults with an experienced Registered Nurse when nursing care requires expertise beyond own scope of competence.
- 4.3 – Consults other health care professionals when individual/group needs fall outside the scope of nursing practice.

Domain: Critical Thinking and Analysis

Competency 5 Acts to enhance the professional development of self and others.
- 5.1 – Uses professional standards of practice to assess the performance of self.
- 5.2 – Recognizes the need for and participates in professional development of self.
- 5.3 – Recognizes the need for care of self.
- 5.4 – Contributes to the learning experiences and professional development of others.

Competency 6 Values research in contributing to developments in nursing and improved standards of care.
- 6.1 – Acknowledges the importance of research in improving nursing outcomes.
- 6.2 – Incorporates research findings into nursing practice.
- 6.3 – Contributes to the process of nursing research.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.2
Standards régissant la profession d'infirmière en Australie (suite)

ANCI National Competency Standards for the Registered Nurse

Domain : Management of Care

Competency 7 Carries out a comprehensive and accurate nursing assessment of individuals and groups in a variety of settings.
7.1 – Uses a structured approach in the process of assessment.
7.2 – Collects data regarding the health and functional status of individuals and groups.
7.3 – Analyses and interprets data accurately.

Competency 8 Formulates a plan of care in collaboration with individuals and groups.
8.1 – Establishes priorities for resolution of identified health needs in consultation with the individual/group.
8.2 – Identifies expected outcomes including a time frame for achievement in collaboration with individuals and groups.
8.3 – Develops and documents a plan of care to achieve optimal health, habilitation, rehabilitation or a dignified death.

Competency 9 Implements planned nursing care to achieve identified outcomes within scope of competency.
9.1 – Provides planned care.
9.2 – Plans for continuity of care as appropriate.
9.3 – Educates individuals or groups to maintain and promote health.

Competency 10 Evaluates progress toward expected outcomes and reviews and revises plans in accordance with evaluation data.
10.1 – Determines the progress of individuals or groups towards planned outcomes.
10.2 – Revises nursing interventions in accordance with evaluation data and determines further outcomes.

Domain : Enabling

Competency 11 Contributes to the maintenance of an environment which promotes safety, security and personal integrity of individuals and groups.
11.1 – Acts to enhance the safety of individuals and groups at all times.
11.2 – Provides for the comfort needs of individuals and groups.
11.3 – Establishes, maintains and concludes caring, therapeutic and effective interpersonal relationships with individuals or groups.
11.4 – Applies strategies to promote individual/group self esteem.
11.5 – Acts to maintain the dignity and integrity of individuals and groups.

Competency 12 Communicates effectively with individuals and groups.
12.1 – Communicates using formal and informal channels of communication.
12.2 – Ensures documentation is accurate and maintains confidentiality.

Competency 13 Manages effectively the nursing care of individuals and groups.
13.1 – Organizes workload to facilitate planned nursing care for individuals and groups.
13.2 – Delegates to others activities commensurate with their abilities and scope of practice.
13.3 – Uses a range of supportive strategies when supervising aspects of care delegated to others.
13.4 – Responds effectively in unexpected or rapidly changing situations.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.2
Standards régissant la profession d'infirmière en Australie (suite)

ANCI National Competency Standards for the Registered Nurse
Competency 14 Collaborates with other members of the health care team. 14.1 – Recognizes the role of members of the health care team in the delivery of health care. 14.2 – Establishes and maintains collaborative relationships with colleagues and members of the health care team. 14.3 – Participates with other members of the health care team and the individual/ group in decision making.

Dans un tout autre domaine de pratique professionnelle, l'approche par compétences est aussi utilisée pour définir des professions ou des métiers en émergence, par exemple dans l'industrie du multimédia. Le tableau 5.3 présente un profil de compétences qui décrit la profession de réalisateur multimédia.

Ce profil de compétences apparaît dans une étude réalisée par Technocompétences[5], un organisme privé qui se consacre à la promotion du multimédia au Québec. L'organisme a été subventionné pour faire diverses études d'intérêt public. Une de ces études vise l'établissement de 14 profils de compétences pour définir les standards de diverses professions dans l'industrie du multimédia.

Dans l'étude produite par Technocompétences, on trouve des profils pour les postes suivants : réalisateur multimédia, concepteur de formation multimédia interactive, webmestre, producteur, gestionnaire de projets, concepteur-scénariste, analyste des contenus, directeur artistique, infographiste, animateur 2D et 3D, intégrateur, Web designer, directeur du marketing, directeur des ventes. Chaque profil se compose de trois sections : la description des tâches, la liste des compétences professionnelles et la liste des compétences dites comportementales.

Dans un autre domaine de pratique professionnelle, la figure 5.2 présente le modèle des compétences en matière de leadership proposé par le Los Alamos National Laboratory (LANL) de l'Université de Californie, pour le compte du Département de l'Énergie du gouvernement américain.

5. On peut consulter les profils de compétences à l'adresse suivante <http ://www.technocompetences.qc.ca/html/frame_rech_etud.html>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.3
Profil de compétences pour la profession de réalisateur multimédia

Réalisateur multimédia – Profil de compétences

Tâches

- Assumer la responsabilité de la gestion du processus de création du contenu et de l'interactivité
- Participer à la définition des spécifications des attentes et exigences du client (lorsque le contrat est signé)
- Préparer la documentation détaillée décrivant le produit fini
- Participer aux choix technologiques
- Élaborer la méthode de production
- Assurer la cohérence de l'œuvre
- Veiller à ce que le contenu reste bien adapté aux objectifs fixés et aux groupes cibles
- Documenter par écrit l'évolution du projet
- Maintenir une communication entre les différents membres de l'équipe
- Diriger l'équipe de projet
- Assurer la coordination entre le client et l'équipe de projet en ce qui a trait aux contenus préparés par le client
- Participer aux choix des fournisseurs externes
- Revoir la qualité des livrables des fournisseurs externes
- Revoir la qualité des livrables aux clients
- Veiller au respect du budget et de l'échéancier
- Assurer une veille technologique et concurrentielle

Compétences comportementales

- Leadership
- Capacité de travailler en équipe
- Esprit d'analyse, de synthèse et de conceptualisation
- Relations interpersonnelles
- Communication orale et écrite
- Flexibilité
- Capacité à persuader et à influencer
- Esprit méthodique
- Résistance au stress
- Ouverture à la critique et capacité critique
- Créativité

Compétences professionnelles

Dimension technique

- Capacité d'évaluer et d'analyser des problèmes opérationnels et de les résoudre
- Capacité d'évaluer la faisabilité technique et graphique
- Capacité de démontrer de l'autonomie dans la mise à jour des connaissances liées à la technologie
- Capacité de diriger la réalisation avec des supports audiovisuels et informatiques
- Capacité de réaliser le contrôle de la qualité
- Connaissance de chacune des étapes de production
- Connaissance des supports audiovisuels
- Connaissance des usages des technologies de l'Internet et du multimédia, de leurs possibilités et de leurs limites
- Connaissance sommaire des outils de création pour le multimédia dans des environnements techniques (PC/Mac/Unix)
- Connaissance des approches utilisées pour développer, intégrer et implanter un site Web

Dimension des contenus

- Capacité d'adapter son produit aux besoins et habitudes des usagers
- Capacité d'évaluer la qualité de la relation entre le contenu et le design de l'interface
- Capacité d'utiliser l'interactivité dans la communication
- Capacité de comprendre le processus de création
- Capacité de structurer et de faire la synthèse de l'information à véhiculer
- Capacité de vulgariser l'information à diffuser
- Connaissance d'Internet et des internautes
- Connaissance de l'encadrement juridique applicable à la vie privée et aux droits d'auteur
- Connaissance de l'ergonomie des nouveaux médias
- Connaissance des notions de base de la communication
- Connaissance des techniques de scénarisation

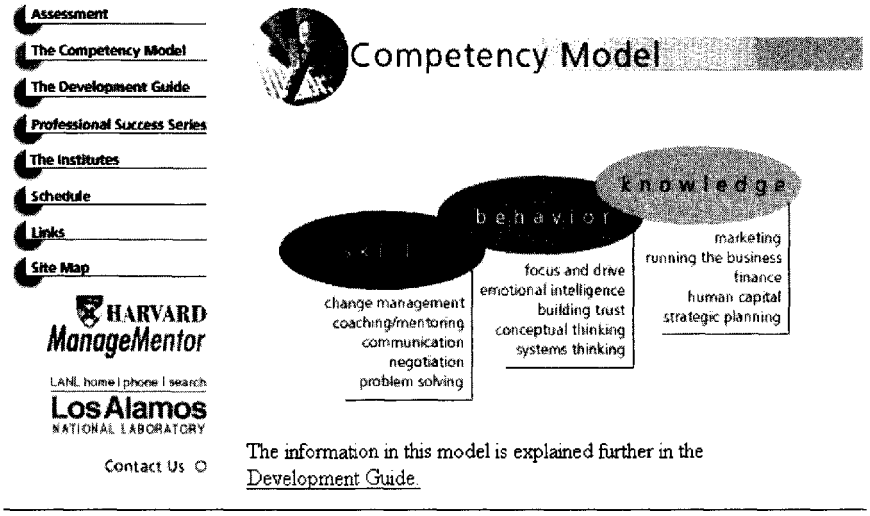
Dimension de la gestion

- Capacité d'évaluer la faisabilité du projet
- Capacité de canaliser la créativité des membres de l'équipe
- Capacité de diriger des ressources multidisciplinaires dans un contexte de production
- Capacité de gérer un projet et un plan de travail en utilisant les outils de gestion appropriés
- Capacité de maintenir à jour l'évolution du projet
- Capacité de prendre des décisions
- Capacité de respecter le budget

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 5.3
Un modèle des compétences en leadership destiné aux gestionnaires



Ce modèle regroupe les connaissances, les habiletés et les comportements requis des gestionnaires de la plupart des organisations. Le guide d'élaboration du modèle' décrit les compétences plus en détail et présente des activités de perfectionnement pour chacune des 15 compétences de base du modèle illustré à la figure 5.3. Le guide est un outil destiné aux professionnels qui désirent se perfectionner. Il leur permet de choisir des cours, des publications ou des activités en fonction de leurs besoins d'apprentissage définis au moyen de tests offerts par le Leadership Center de l'organisme.

5.3. LES COMPÉTENCES À L'ÉCOLE

Plusieurs ministères responsables de l'éducation dans différents pays ont adopté une approche par compétences pour décrire les programmes scolaires ou les compétences requises des enseignants. Nous donnons ici trois exemples.

6. Ces documents peuvent être consultés à l'adresse: <http://www.hr.lanl.gov/Leadership/competency/cmodel.html>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

> Le premier exemple nous vient du ministère de l'Éducation du Québec. Dans le rapport *Réaffirmer l'école - Prendre le virage du succès*, le Groupe de travail sur la réforme du curriculum propose « que tous les contenus obligatoires de formation soient véhiculés de deux façons : par des programmes d'études à facture renouvelée et par des *compétences transversales* ».

Le tableau 5.4 est un extrait du rapport présentant ces « compétences transversales » qui seraient recherchées à tous les niveaux de l'enseignement primaire et secondaire. « Tous les éducateurs et toutes les éducatrices auraient pour responsabilité professionnelle d'accompagner les étudiants dans le développement des compétences ou des attitudes contenues dans ce "programme des programmes". »

Par ailleurs, DISCAS, un organisme privé qui a réalisé, plusieurs mandats pour les commissions scolaires ou le ministère de l'Éducation du Québec, a effectué une analyse détaillée des quelque 9 000 objectifs intermédiaires et terminaux des programmes de formation générale

Tableau 5.4
Les compétences transversales -
Ministère de l'Éducation du Québec

A) Les compétences liées aux capacités intellectuelles
- La compréhension des phénomènes et des situations et le développement du sens critique.
- La capacité d'analyse et de synthèse.
- L'aptitude à résoudre des problèmes.
- La capacité d'entreprendre et de mener des projets à terme.
- Le développement et l'utilisation de la mémoire.
- La créativité et l'exercice du sens esthétique.
- L'aptitude à la communication.
- La capacité d'évaluer et de s'autoévaluer.

B) Les compétences méthodologiques
- La capacité de comprendre les règles, de les appliquer et de faire ses propres règles.
- La capacité d'identifier et d'utiliser les sources d'information appropriées.
- La capacité d'utiliser les méthodes appropriées de traitement de l'information (avec accent particulier sur les nouvelles technologies de l'information et des communications).
- La capacité d'organiser le travail en fonction des échéances.
- La capacité de travailler en équipe.

C) Les compétences liées à la socialisation
- L'application, dans la vie quotidienne, des règles de vie en société.
- L'éducation interculturelle et le respect des différences.
- Le développement d'un sens esthétique et moral.
- L'application des règles liées à la conservation de la santé.
- L'éducation à l'environnement.
- L'ouverture à la compréhension internationale.
- L'éducation aux médias.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.5
Profil de compétences des programmes scolaires au Québec (DISCAS)

Compétences	Éléments de compétence	Habiletés et attitudes
1. Maîtriser des contenus	1. Connaître des informations 2. Connaître des concepts spécifiques 3. Connaître des concepts généraux	Identifier Décrire
2. Maîtriser des langages	1. Comprendre les signes 2. Comprendre le système de représentation 3. Comprendre les significations 4. Traduire des significations	Interpréter Représenter
3. Maîtriser des structures	1. Classer des éléments 2. Comprendre des mécanismes 3. Comprendre des lois 4. Comprendre des systèmes 5. Faire des inférences	Relier Expliquer Analyser
4. Maîtriser des procédures	1. Connaître des opérations 2. Connaître des séquences d'opérations 3. Connaître des standards d'exécution 4. Exécuter des procédures 5. Automatiser l'exécution des procédures	Appliquer
5. Développer des attitudes	1. Être ouvert 2. Être critique 3. Être solidaire 4. Être autonome 5. Être créatif 6. Être responsable	Accueillir Exprimer S'engager
6. Communiquer	1. Comprendre des rôles 2. Comprendre des contextes 3. Comprendre des intentions 4. Comprendre des messages 5. Formuler des messages 6. Produire une œuvre personnelle	Interpréter Choisir Produire
7. Prendre des décisions	1. Utiliser l'information 2. Fixer des objectifs 3. Faire un plan 4. Résoudre des problèmes 5. Réaliser des projets	Choisir Synthétiser S'engager

actuels du primaire et du secondaire. Le résultat de ces travaux se présente, sur le tableau 5.5, comme une synthèse des compétences prônées par les programmes scolaires officiels[7].

7. <http:/ /discas.educ.infinit.net/Cadreref /default.htm>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

> Ce *profil de compétences des programmes* scolaires québécois est un portrait de la situation actuelle des programmes et non un modèle théorique. Il contient 34 éléments de compétence regroupés sous 7 compétences principales. Chaque élément de compétence est défini et commenté. En regard, on retrouve des verbes correspondant à des habiletés ou à des attitudes qui proviennent d'un cadre taxonomique dont les éléments sont décrits à un certain niveau de précision.

Chaque habileté, comme «Représenter», renvoie à une fiche donnant une courte définition, dans ce cas-ci : « Traduire une information sous une forme symbolique ou conventionnelle ou transposer une information symbolique dans une autre forme équivalente. » La fiche contient également un commentaire sur la portée de la définition, des concepts clés, des critères généraux d'évaluation, des activités et des outils facilitant l'acquisition de l'habileté. Elle indique aussi des verbes typiques pouvant apparaître dans l'énoncé de la compétence et des exemples d'objectif des programmes d'études portant sur l'habileté, tels que *« Utiliser* correctement les symboles cm^3, dm^3 et m^3 » ou *« Illustrer* au moyen d'un histogramme la croissance d'une plante qu'on cultive ».

Les auteurs précisent que l'on peut établir des liens avec les trois types de connaissances identifiés par la psychologie cognitive : ainsi, les connaissances *déclaratives* sont pour l'essentiel dans la compétence 1 et les connaissances *procédurales,* dans la compétence 4; toutes les autres compétences relèvent des connaissances *conditionnelles$,* hormis la compétence 5 qui relève, quant à elle, des attitudes et non des connaissances. On peut également trouver dans ce tableau la distinction fréquente entre *savoir* (compétences 1, 2 et 3), *savoir-faire* (compétences 4, 6 et 7) et *savoir-être* (compétence 5).

> Les travaux entrepris dans le secteur de l'éducation visent non seulement les programmes d'études, mais aussi les compétences requises des enseignants. A titre d'exemple, le ministère de l'Éducation du Territoire du Nord en Australie gère un site Web intitulé *Interactive Teaching Competencies.* On y trouve l'inventaire des compétences d'un enseignant. Chacune de ces compétences est commentée par un éducateur chevronné dans un court article qui regroupe de l'information sur cette compétence, des références, des liens vers d'autre sites éducatifs, des activités de perfectionnement à l'intention des enseignants et une adresse de courriel permettant les interactions entre les enseignants et l'auteur de l'article.

8. Ces types de connaissances correspondent respectivement aux concepts, aux procédures et aux principes du système de représentation des connaissances MOT.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le tableau 5.6 présente la liste de ces compétences regroupées en cinq catégories.

L'enseignement supérieur s'intéresse aussi à l'approche par compétences. L'Association of College and Research Libraries (ACRL) est une association professionnelle de responsables de bibliothèques qui regroupe environ

Tableau 5.6
Interactive Teaching Competencies

Interactive Teaching Competencies
1. Using and Developing Professional Knowledge and Values
1.1 Knows content and its relationship to educational goals.
1.2 Understands the relationship between the processes of inquiry and content knowledge.
1.3 Understands how students develop and learn.
1.4 Active in developing and applying professional knowledge.
1.5 Operates from an appropriate ethical position.
1.6 Operates within the framework of law and regulation.
1.7 Values diversity, all students have a right to learn.
2. Communicating, Interacting and Working with Students and Others
2.1 Communicates effectively with students.
2.2 Develops positive relationships with students.
2.3 Recognizes and responds to individual differences.
2.4 Encourages positive student behavior.
2.5 Responds to role in the team responsible for students' education.
2.6 Works effectively with teachers, ancillary staff and others.
2.7 Works effectively with parents and others responsible for the care of students.
2.8 Communicates with school support staff, the profession and the wider community.
3. Planning and Managing the Teaching and Learning Process
3.1 Plans purposeful programs to achieve specific learning outcomes.
3.2 Matches content, teaching approaches and students development and learning in planning.
3.3 Designs teaching programs to motivate and engage students.
3.4 Structures learning tasks effectively.
3.5 Demonstrates flexibility and responsiveness.
3.6 Establishes clear, challenging and achievable expectations for students.
3.7 Fosters independent and cooperative learning.
3.8 Engages the students actively in developing knowledge.
4. Monitoring and Assessing Student Progress and Learning Outcomes
4.1 Knows the educational basis and role of assessment in teaching.
4.2 Uses assessment strategies which take account of relationships between teaching learning and assessment.
4.3 Monitors students progress and provides feedback on progress.
4.4 Maintains records of student progress.
4.5 Reports on student progress to parents and others responsible for the care of students.
5. Reflecting, Evaluating and Planning for Continuous Improvement
5.1 Critically reflects on own practice to improve the quality of teaching and learning.
5.2 Evaluates teaching and learning programs.
5.3 Plans to meet longer term personal and school goals.
5.4 Develops professional skills and capacity.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

11 000 membres, principalement aux États-Unis[9]. Cette association a défini à l'intention des étudiants et des professeurs de l'enseignement supérieur un ensemble de compétences à atteindre pour ce qui est du traitement de l'information.

Le *Information Literacy Competency Standards for Higher Education a* pour but de sensibiliser les étudiants des collèges et des universités à la nécessité de développer une approche métacognitive de l'apprentissage, de façon à devenir conscients des processus explicites par lesquels on acquiert, on analyse et on utilise l'information. Dans le profil de compétences proposé par l'association, on trouve 5 standards et 22 indicateurs de performance. Pour chaque indicateur, le profil fournit également un certain nombre d'exemples de résultat comportemental *(outcome)* qui permettent d'évaluer si une performance est atteinte. Dans le tableau 5.7, nous avons omis ces exemples.

5.4 CONVERGENCE ET DIVERSITÉ

Derrière l'ubiquité du concept de compétence et l'apparente convergence des approches, on trouve une grande diversité de concepts et d'usages recrutement et dotation du personnel, établissement de la rémunération, évaluation de la capacité de pratique, gestion de la performance individuelle, gestion de carrière, etc. En formation, les profils de compétences peuvent servir à définir les objectifs d'apprentissage, à préciser le contenu d'un curriculum ou d'un matériel pédagogique, à sélectionner les stratégies pédagogiques, les médias et les modes de diffusion de la formation.

Les compétences se présentent presque toujours comme des énoncés établissant des liens entre les habiletés, les attitudes et les connaissances requises d'un groupe de personnes. Certains des exemples font intervenir d'autres éléments que ceux-ci ou en omettent. Par exemple, le PGC (figure 5.2) propose un modèle qui déborde largement le champ des compétences, traitant notamment des centres d'intérêt et des convictions d'un individu. À l'opposé, des énoncés tels que « planifier le travail » (tableau 5.1), « ouverture à la critique » ou « connaissance sommaire des outils de création » (tableau 5.3) semblent insuffisamment précis, décrivant respectivement une habileté, une attitude ou une connaissance, lesquelles sont des concepts qui participent à la notion de compétence, mais qu'il faut distinguer de celle-ci.

9. Voir le site de l'ACRL à l'adresse suivante: <http://www.ala.org/acrl/assoinfo.html>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.7
Profil de compétences en traitement de l'information de l'ACRL

Information Literacy Competency Standards for Higher Education

Standard One **The information literate student determines the nature and extent of the information needed.**

Performance Indicators: The information literate student
- defines and articulates the need for information;
- identifies a variety of types and formats of potential sources for information;
- considers the costs and benefits of acquiring the needed information;
- reevaluates the nature and extent of the information need.

Standard Two **The information literate student accesses needed information effectively and efficiently.**

Performance Indicators: The information literate student
- selects the most appropriate investigative methods or information retrieval systems for accessing the needed information;
- constructs and implements effectively-designed search strategies;
- retrieves information online or in person using a variety of methods;
- refines the search strategy if necessary;
- extracts, records, and manages the information and its sources.

Standard Three **The information literate student evaluates information and its sources critically and incorporates selected information into his or her knowledge base and value system.**

Performance Indicators: The information literate student
- summarizes the main ideas to be extracted from the information gathered;
- articulates and applies initial criteria for evaluating both the information and its sources;
- synthesizes main ideas to construct new concepts;
- compares new knowledge with prior knowledge to determine the value added, contradictions, or other unique characteristics of the information;
- determines whether the new knowledge has an impact on the individual's value system and takes steps to reconcile differences;
- validates understanding and interpretation of the information through discourse with other individuals, subject-area experts, and/or practitioners;
- determines whether the initial query should be revised.

Standard Four **The information literate student, individually or as a member of a group, uses information effectively to accomplish a specific purpose.**

Performance Indicators: The information literate student
- applies new and prior information to the planning and creation of a particular product or performance;
- revises the development process for the product or performance;
- communicates the product or performance effectively to others.

Standard Five **The information literate student understands many of the economic, legal, and social issues surrounding the use of information and accesses and uses information ethically and legally.**

Performance Indicators: The information literate student
- understands many of the ethical, legal and socio-economic issues surrounding information and information technology;
- follows laws, regulations, institutional policies, and etiquette related to the access and use of information resources;
- acknowledges the use of information sources in communicating the product or performance.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans la plupart des applications des compétences, la démarche se fait plus précise[10]. La compétence est définie comme une combinaison d'habiletés, de connaissances ou d'attitudes requises pour exercer un rôle efficacement. Par «rôle », on entend une fonction assumée par un groupe d'individus dans une organisation ou dans la société, par exemple agent commercial, technicien, infirmière, enseignant, etc. Un rôle demande des compétences générales, partagées ou non par d'autres rôles, mais aussi des compétences déterminées par le contexte des tâches que le groupe d'individus doit assumer ou des problèmes qu'il doit résoudre. Ainsi, le rôle d'une infirmière ne sera pas le même dans un pays en développement que dans une société où la pratique s'exerce à l'intérieur d'un système de santé très structuré.

Dans une analyse de la notion de compétence, Bélisle et Linard (1996) présentent certains aspects positifs de la démarche par compétences ainsi qu'une solide analyse des limites théoriques et pratiques de l'approche dominante actuelle.

Du côté des aspects considérés comme positifs, les auteurs mentionnent que cette démarche :

- explicite et reconnaît des savoir-faire implicites associés au travail, méconnus jusqu'ici;
- offre une solution de rechange à la sélection scolaire initiale par les disciplines et les diplômes;
- fournit aux formateurs et aux organisations des référentiels et des grilles d'analyse homogènes communes, dont ils étaient dépourvus ;
- permet, à première vue, une avancée sociale en appliquant les règles d'une pédagogie humaniste « centrée sur l'apprenant » et en donnant à ce dernier plus de contrôle et d'autonomie dans son apprentissage ;
- fournit aussi un pont utile entre action et connaissances en définissant des qualifications par des comportements observables et mesurables, clairement définis et répertoriés.

Par contre, les auteurs soulignent que « la méthode de définition et les conceptions de la connaissance et de l'action qui sous-tendent cette même démarche semblent largement en contradiction avec ses propres objectifs et les points positifs énumérés ci-dessus ».

Le désir de normaliser les compétences et de mesurer objectivement des comportements restreints peut aboutir à une fragmentation néfaste des habiletés et des connaissances. « L'activité compétente est ramenée à des énumérations additives,

10. Voir par exemple Friedlander (1996).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

closes et statiques, aussi minutieuses qu'interminables, de rôles, tâches et actes atomisés dont la simple juxtaposition est jugée suffisante pour rendre compte de l'activité performante en situation » (Bélisle et Linard, 1996, p. 28). Par ailleurs, l'évaluation des compétences se réduit souvent à la sélection d'indicateurs comportementaux dans des grilles de référence. À la limite, l'énoncé des compétences peut devenir un moyen de contrôle plutôt que de développement des individus et des groupes.

Utilisée de cette façon, l'approche par compétences devient abstraite et déconnectée de la pratique d'un métier ou d'une profession, de l'apprentissage en situation ou de pratiques sociales et culturelles partagées. Elle se rapproche davantage de la conception tayloriste du travail atomisé, des méthodes béhavioristes de management et de la pédagogie par objectifs. Par ailleurs, l'établissement de profils de compétences analysés dans le menu détail demande du temps et des efforts s'étalant parfois sur plusieurs années, alors que les habiletés et les connaissances peuvent changer très rapidement dans certains domaines. Cette situation peut expliquer l'usage relativement restreint que l'on fait en pratique des profils de compétences, malgré tout l'intérêt qu'ils soulèvent et le potentiel qu'ils recèlent.

En outre, dans les sciences de l'organisation, on propose de plus en plus une approche cognitiviste de la notion de compétence. La compétence est vue comme un processus exercé par la personne compétente, lui permettant, à partir de ressources, de produire des actions performantes. Par exemple, Le Boterf (1999, p. 38) propose la définition suivante :

> Une personne compétente est une personne qui sait agir avec pertinence dans un contexte particulier, en choisissant et en mobilisant un double équipement de ressources : ressources personnelles (connaissances, savoir-faire, qualités, culture, ressources émotionnelles...) et ressources de réseaux (banques de données, réseaux documentaires, réseaux d'expertise, etc.). Savoir agir avec pertinence, cela suppose d'être capable de réaliser un ensemble d'activités selon certains critères souhaitables.

5.5. DÉFINITION ET REPRÉSENTATION DES COMPÉTENCES

La discussion qui précède milite en faveur d'une définition et d'un usage cognitivistes et constructivistes de la notion de compétence. Nous proposons de construire des profils de compétences de façon structurelle et de s'en servir comme facteur de cohérence et de qualité d'un système

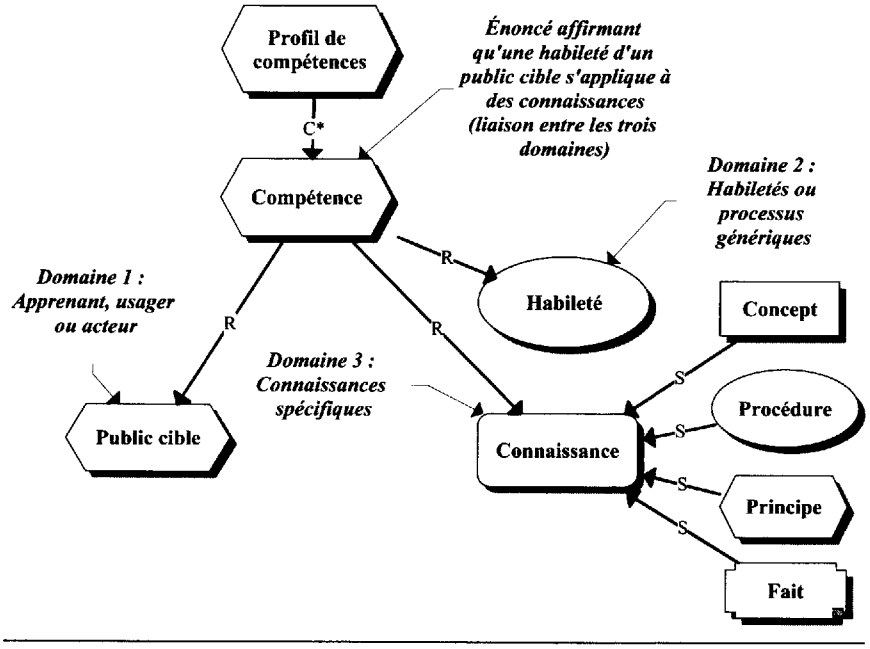
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

d'apprentissage, largement autogéré par l'apprenant, situé dans un contexte et un usage, et mettant en oeuvre les importantes dimensions métacognitives de l'apprentissage.

La figure 5.4 présente, sous la forme d'un modèle MOT, le concept générique de compétence qui sera utilisé dans la suite de cet ouvrage. Ce concept est un «métaconcept », car il peut être appliqué dans une grande variété de situations comme celles présentées plus haut.

Figure 5.4
Le métaconcept de compétence



C* signifie « se compose de plusieurs ».

Une compétence est un énoncé de principe qui détermine une relation entre un public cible ou « acteur », une habileté et une connaissance. Un profil de compétences est tout simplement un ensemble de compétences concernant un même public cible.

Une compétence est donc une relation entre trois domaines, chacun pouvant notamment être représenté par un modèle de connaissances graphique :

- un domaine décrivant les publics cibles qui possèdent la compétence, appelés aussi « acteurs » ;

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- un domaine représentant les habiletés que peuvent exercer les acteurs[11] ;
- un domaine représentant les connaissances spécifiques sur lesquelles les acteurs peuvent exercer les habiletés.

Le *domaine des connaissances* est décrit par des concepts, des procédures, des principes et des faits spécifiques de nature à définir l'exercice d'un rôle ou d'une tâche. Dans un profil de compétences d'une profession comme celle d'infirmière, les connaissances sont liées au domaine de la santé ou à l'exercice de la profession. Dans un profil de compétences en réalisation multimédia, il s'agit de connaissances propres aux techniques, aux intrants et aux produits de la réalisation de logiciels multimédias.

Le *domaine des habiletés* décrit les processus[12] qui peuvent être appliqués aux connaissances d'un domaine d'application pour les percevoir, les mémoriser, les assimiler, les analyser, les synthétiser, les évaluer, etc. Par rapport à ce domaine de connaissances dit d'application, ces processus sont des « métaprocessus », c'est-à-dire qu'ils ont un caractère générique indépendant du domaine d'application, puisqu'ils peuvent s'appliquer à différents domaines. Une habileté est décrite généralement par un verbe d'action qui peut être accompagné d'adjectifs ou d'adverbes décrivant un contexte d'application ou un usage particulier. Par exemple, dans le domaine médical, une habileté pourra être « établir un diagnostic », « établir un diagnostic exhaustif » ou « établir un diagnostic dans une situation d'urgence ». Dans chaque cas, l'habileté peut s'appliquer à divers domaines de connaissances, par exemple « une fracture du crâne » ou « la naissance d'un enfant ».

Le *domaine des publics cibles* contient une description des acteurs, de leurs propriétés, de leurs fonctions et de leurs tâches et, surtout, des qualités que l'on attend d'eux (souvent appelées compétences générales ou comportementales). On peut associer à un acteur les compétences de base pour l'exercice d'un rôle ou d'une tâche, de même qu'un profil de compétences actuelles ou de compétences visées par rapport à une formation. Distinguons ici « acteur » et « individu ». L'acteur représente une classe d'individus, alors que l'individu est une instance de la classe.

11. Nous verrons plus loin qu'il est possible d'intégrer la notion d'« attitude » à celle d'habileté affective ou sociale.

12. Dans les deux chapitres suivants, nous analyserons en détail la notion d'habileté, y compris la notion d'attitude qui sera redéfinie en habileté affective et en habileté sociale.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 5.8
Exemples de compétence

Énoncé de la compétence	Public cible	Habileté	Connaissances
Utiliser les données financières (tableau 5.1)	Gestionnaires	Utiliser	Des données financières
Gérer une équipe (tableau 5.1)	Gestionnaires	Autogérer une équipe	
Demonstrates knowledge of legislation and common law pertinent to nursing practice (tableau 5.2)	Infirmières	Appliquer des énoncés	Lois régissant la pratique infirmière
Analyses and interprets data accurately (tableau 5.2)	Infirmières	Analyser et interpréter correctement	Données relatives à un patient
Capacité d'évaluer la faisabilité du projet (tableau 5.3)	Réalisateurs multimédia	Évaluer la faisabilité	Description d'un projet
Capacité à persuader et à influencer (tableau 5.3)	Réalisateurs multimédia	Influencer	
Capacité d'analyse et de synthèse (tableau 5.4)	Étudiants	Analyser, synthétiser	
Application, dans la vie quotidienne, des règles de vie en société (tableau 5.4)	Étudiants	Appliquer des énoncés dans la vie quotidienne	Règles de vie en société
Operates within the framework of law and regulation (tableau 5.6)	Professeurs	Appliquer des énoncés	Lois et règlements régissant la profession d'enseignant
Plans purposeful programs to achieve specific learning outcomes (tableau 5.6)	Professeurs	Planifier	Programmes ayant des buts précis
The information literate student identifies a variety of types and formats of potential sources for information (tableau 5.7)	Étudiants	Identifier des catégories	Types, formats et sources d'information
The information literate student determines whether the initial query should be revised (tableau 5.7)	Étudiants	Évaluer (dans le but de réviser)	Requête d'information

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le tableau 5.8 montre la généralité de cette définition en reprenant des énoncés de compétence des sections précédentes. Dans certains cas, l'énoncé de la compétence se limite à une habileté. Certaines habiletés, telles que « appliquer des énoncés », sont partagées par différents acteurs, mais s'appliquent à des connaissances différentes. D'autres habiletés se distinguent par le contexte d'application, par exemple « appliquer des énoncés dans la vie quotidienne ».

CONCLUSION

Dans ce premier chapitre portant sur les compétences et les habiletés, nous avons examiné diverses applications de l'approche par compétences et nous avons discuté des avantages et des limites de cette méthode. Puis nous avons proposé une définition de la notion de compétence qui fait intervenir trois domaines principaux : les acteurs, les habiletés et les connaissances.

Cette définition comporte un certain nombre d'hypothèses sous-jacentes qui permettent de situer les compétences dans le cadre des théories de l'action[13].

- Les personnes dont on se propose de décrire les compétences ne sont pas de simples opérateurs ou des facteurs à évaluer; ce sont des acteurs définis comme des individus dotés d'intentions, situés dans un contexte cognitif et social.
- Les compétences décrivent des activités spécifiées par une fonction, un rôle ou une tâche particulière, qualifiées par le niveau d'excellence de la performance observée et validées par une sanction sociale, comme dans les modèles actuels.
- Au coeur d'une compétence se trouve l'association entre des habiletés, vues comme des processus cognitifs génériques, et un modèle regroupant des connaissances, ce qui évite une dissociation entre savoir et savoir-faire ainsi que l'atomisation des compétences.
- Les habiletés peuvent être considérées comme des connaissances sur les connaissances qui permettent d'agir sur celles-ci de différentes façons. On intègre alors les aspects cognitifs et métacognitifs nécessaires à l'action humaine réfléchie.

13. Bélisle et Linard (1996) regroupent sous l'expression « théories de l'action » les travaux en sciences cognitives d'auteurs comme Vygotski, Leontiev, Piaget, Searle, Bruner et Schank, pour n'en nommer que quelques-uns.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Les compétences peuvent servir à l'évaluation des individus, mais les critères ne se réduisent plus à des échelles graduées de comportements immédiats juxtaposés. Ils se trouvent fonctionnellement structurés et l'on peut s'en servir comme objectifs de développement des individus et non pas uniquement comme un moyen de contrôle de comportements.

La définition de compétence qui se dégage de ce chapitre permet une représentation structurée des compétences grâce à une nouvelle définition de la notion d'habileté. Celle-ci fera l'objet des deux chapitres suivants.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

6

CLASSIFIER LES PROBLÈMES ET LES HABILETÉS

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

> Nous nous intéressons dans ce chapitre à ce que l'on appelle les « habiletés », c'est-à-dire les ensembles structurés d'actions intellectuelles, d'attitudes, de valeurs et de principes qui sont au coeur de la définition des compétences humaines. Nous examinerons donc divers systèmes apportant des points de vue différents, mais convergents sur les habiletés.

Une première approche de la notion d'habileté nous est fournie par les taxonomies de problèmes génériques élaborées dans le domaine du génie logiciel, problèmes auxquels correspondent des habiletés humaines de résolution de problèmes que nous situons dans le cadre des sciences cognitives et plus précisément des théories de l'action. En introduisant la notion de métaconnaissance active, nous situons les habiletés au niveau métacognitif en tant que connaissances agissant sur d'autres connaissances. Nous examinons ensuite les travaux en éducation qui présentent les habiletés sous la forme de taxonomies d'objectifs d'apprentissage qui relèvent du domaine cognitif, affectif, social ou psychomoteur.

Nous terminons ce chapitre par une synthèse de ces différents systèmes d'analyse, jetant ainsi les bases de la taxonomie intégrée des habiletés que nous développerons au chapitre suivant.

6.1. LES HABILETÉS COMME PROCESSUS GÉNÉRIQUES DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES

> La notion de généricité des problèmes, des tâches et des méthodes est au coeur de travaux qui visent dans les domaines du génie logiciel et de l'ingénierie des connaissances, à construire des systèmes informatiques dotés d'une certaine expertise. Cette notion était déjà présente dans un des premiers ouvrages de base sur les systèmes experts (Hayes-Roth *et* al, 1983). On trouvera dans cet ouvrage une première classification des problèmes génériques en dix catégories'.

Dans d'autres travaux précurseurs, Chandrasekaran (1987) définit une tâche générique par la description d'un problème et de sa méthode de résolution, soit un algorithme précis de traitement de l'information. L'interprétation, la prédiction, le diagnostic, la conception, la planification, la surveillance et la réparation sont des exemples de tâche générique. En combinant un petit nombre de méthodes génériques de solution, on peut espérer résoudre de larges classes de problèmes plus complexes.

1. Sur ce sujet, voir aussi Waterman (1986) ou Paquette et Roy (1990).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Vers la même époque, sont publiés des travaux sur les problèmes génériques (McDermott, 1988), sur la classification heuristique (Clancey) et sur une approche par « composantes d'expertise » (Steels, 1990).

La méthode KADS (Schreiber *et al.*, 1993) fait la synthèse d'un grand nombre de ces travaux. Elle constitue actuellement une des méthodes les plus complètes, couvrant non seulement l'acquisition des connaissances pour les systèmes experts, mais aussi la gestion de projets, l'analyse organisationnelle, l'ingénierie des connaissances et le génie logiciel. Dans KADS, un projet de génie logiciel se déploie par la construction de sept modèles, dont le domaine d'application *(domain model)* qui regroupe les connaissances propres à une discipline ou à un ensemble de rôles ou de tâches dans une organisation.

Trois autres modèles nous intéressent plus particulièrement, car ils permettent de cerner et de représenter une habileté d'un système logiciel qui peut s'exercer sur le domaine d'application. Le modèle d'inférence *(inference model)* décompose la tâche générique en sous-tâches jusqu'à des tâches terminales auxquelles il associe des opérations élémentaires appelées « schémas d'inférence ». Le modèle de la tâche *(task model)* fournit les principes de contrôle algorithmique, les règles permettant d'exécuter les tâches du modèle d'inférence dans un certain ordre. Le modèle stratégique *(strategic model)*, très peu développé dans KADS, énonce les principes heuristiques qui guident la réalisation des tâches et contrôlent les règles d'exécution du modèle de la tâche. Ensemble, ces trois modèles constituent la méthode générique, présente dans divers domaines d'application.

Un problème générique se caractérise par un ou plusieurs buts ou résultats à atteindre (les produits), une ou plusieurs données de départ (les intrants) et un certain nombre d'opérations permettant de transformer les données en résultats. On aura reconnu ici une des catégories de modèles décrites au chapitre 3, soit les processus. La méthode KADS définit ainsi huit classes de problèmes ou de processus génériques (voir le tableau 6.1).

À chaque problème générique correspond une tâche générique que l'on peut exécuter de différentes façons. Cette tâche est un but que l'on atteint en appliquant une méthode ou un processus (au sens donné dans le chapitre 3) générique qui comporte les intrants et les produits indiqués au tableau 6.1. Si l'on décompose ce processus en sous-processus, on obtient l'arbre les tâches du modèle d'inférence de la méthode KADS. Après un certain nombre de niveaux, on atteint les tâches terminales (les « feuilles ») auxquelles la méthode KADS associe un schéma d'inférence qui décrit une procédure simple dont l'exécution ne demande qu'une étape.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 6.1
Taxonomie des problèmes (méthode KADS)

Problème générique	Tâche générique	Intrants (données)	Produits (but)
Classifier	Déterminer la catégorie d'un objet	Hiérarchie de classes ; attributs de l'objet	Classe de l'objet
Diagnostiquer	Déterminer la cause d'un mauvais fonctionnement	Symptômes, composantes d'un système	Composantes défectueuses (causes)
Prédire	Déterminer l'état que prendra un système	Composantes d'un système ; attributs à faire varier	États : classes d'instances possibles du système
Superviser	Déterminer une classe d'écart entre une instance d'un système et une autre dite normale	Composantes et attributs d'un système ; instances normales	Classe d'une instance en fonction de l'écart avec la norme
Réparer	Modifier une composante d'un système pour en rétablir le bon fonctionnement	Modèle du système ; normes d'entretien	Modèle modifié
Planifier	Décomposer une tâche en étapes	Produits à livrer, sous-tâches, contraintes de temps	Processus : séquences de tâches, d'intrants et d'extrants
Concevoir	Construire un objet (artefact)	Propriétés de l'artefact, contraintes à respecter	Modèle de l'objet
Modéliser	Construire le modèle comportemental d'un système	Buts, contraintes, composantes, points de vue	Modèle des processus et des stratégies d'évolution d'un système

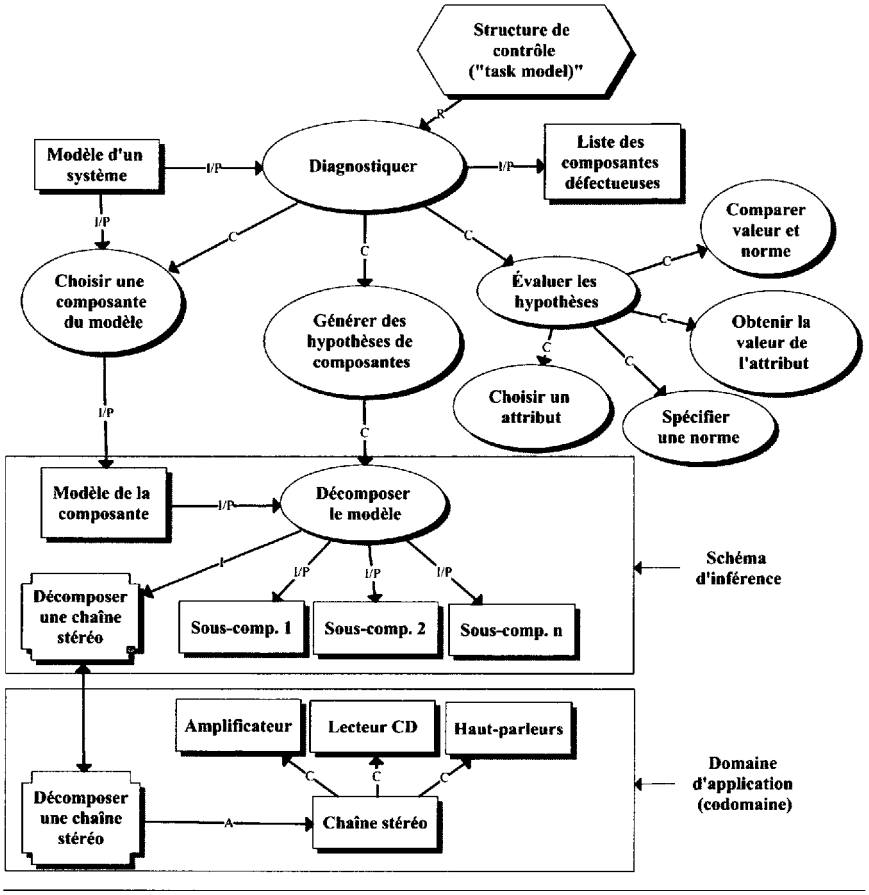
La figure 6.1 présente le modèle MOT d'un tel processus pour une tâche générique de diagnostic. Ce modèle est semblable au modèle présenté à la figure 3.14; les principes de contrôle, analogues à ceux de la figure 3.13, correspondent au modèle de la tâche dans KADS. La figure 6.1 montre aussi un des schémas d'inférence de KADS, «Décomposer le modèle ». Ce schéma s'applique directement à un modèle du domaine, ici une chaîne stéréo, mais il pourrait aussi s'appliquer dans d'autres domaines, comme la médecine ou la mécanique automobile.

Le modèle de la figure 6.1 utilise les notions de domaine de définition et de codomaine présentées au chapitre 4. La métaprocédure «Décomposer le modèle» est instanciée à «Décomposer une chaîne

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 6.1
Un exemple de problème générique: le diagnostic



stéréo » qui, dans le domaine d'application, s'applique à la chaîne stéréo, et permet de produire ses sous-composantes : ampli, lecteur CD, haut-parleurs, etc.

Chaque tâche terminale peut ainsi être associée à un schéma d'inférence choisi dans le répertoire KADS. La méthode KADS propose un répertoire de schémas d'inférence[2] qui peuvent être associés aux tâches

2. Il n'y a cependant pas, à notre connaissance, de répertoire analogue pour les principes de contrôle, ce qui serait une extension intéressante et utile de la méthode. Nous pensons par ailleurs qu'il y aurait avantage à remplacer le mot concept dans ce tableau par «connaissance », ce qui généraliserait les schémas d'inférence.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

terminales d'un problème générique. Le tableau 6.2 est une adaptation du répertoire présenté dans Breuker et Van de Velde (1994). Dans cet ouvrage, chacune de ces opérations est décrite et commentée en détail de façon opérationnelle et programmable.

Tableau 6.2
Schéma d'inférence du système CommonKADS

Classe	Schéma d'inférence	Description
Opérations de génération Permettent de créer des connaissances et de construire des modèles nouveaux.	Instanciation	On donne une valeur à tous les attributs d'un concept, obtenant ainsi une instance, un système de faits.
	Généralisation	On définit un concept qui, une fois instancié, fournirait la ou les instances.
	Abstraction	On obtient un concept plus général à partir d'un autre en éliminant des attributs ou en donnant des valeurs à moins d'attributs.
	Spécification	On obtient un concept plus spécialisé à partir d'un autre en ajoutant des attributs ou en donnant des valeurs à plus d'attributs.
Opérations de restructuration Permettent de créer de nouvelles connaissances, mais cette fois en utilisant la relation de composition.	Assemblage	On obtient un nouveau modèle dont les composantes sont les sous-modèles intrants.
	Décomposition	On obtient un ensemble de sous-modèles qui sont les composantes du modèle intrant.
	Transformation	On obtient un modèle à partir du modèle intrant en lui ajoutant ou en en retranchant une ou plusieurs composantes.
	Tri	On obtient un modèle à partir du modèle intrant en réordonnant ses composantes selon une relation d'ordre, de précédence.
Opérations de différenciation Permettent d'obtenir une connaissance ou un modèle en comparant deux ou plusieurs modèles.	Comparaison	On compare les valeurs des attributs de deux concepts et l'on obtient une décision = ou ≠.
	Appariement	On compare deux modèles et l'on construit le modèle formé des composantes communes.
	Sélection	On choisit un ou plusieurs modèles parmi un ensemble en fonction d'un certain nombre d'observations servant de filtre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 6.2
Schéma d'inférence du système CommonKADS (suite)

Classe	Schéma d'inférence	Description
Opérations de transfert Permettent la communication entre le processus et un agent extérieur (un usager humain ou un autre système).	Obtention	Le système résolveur obtient une information en la demandant à un agent extérieur.
	Présentation	Le système résolveur décide de donner une information à un agent extérieur.
	Réception	Un agent extérieur décide de fournir une information au système résolveur.
	Émission	Un agent extérieur demande l'émission d'une information au système résolveur.

Cette façon de décrire les problèmes, les tâches et les méthodes génériques est fondamentale en ingénierie des systèmes d'information, mais est-elle adéquate pour décrire l'activité humaine et en particulier les concepts d'habileté et de compétence d'un acteur humain?

Pour répondre à cette question, nous devons faire appel aux travaux fondateurs en psychologie cognitive. Nous n'en citerons que deux qui démontrent une solide convergence avec ce qui vient d'être présenté.

Leontiev (1976), psychologue russe du développement, avance, à la suite de son compatriote Vygotski (1978), une théorie selon laquelle l'activité humaine est une relation volontaire d'interaction entre, d'une part, des sujets dotés d'intentions et déterminés par leur contexte social (des acteurs) et, d'autre part, des objets matériels ou symboliques qu'ils désirent acquérir ou transformer. Le modèle de Leontiev comporte trois niveaux interdépendants.

- Le niveau supérieur est celui de *l'élaboration des intentions du sujet.* Ces intentions vont orienter son attention et l'aider à se fixer des buts à partir de ses besoins, de ses valeurs et de ses motivations propres.
- Le niveau intermédiaire est celui de *l'action comme unité logique de transformation des états.* Subordonné au niveau précédent, c'est le niveau où s'élaborent les stratégies et la planification des actes à partir d'analyses buts moyens, en fonction des buts déjà définis.
- Le niveau inférieur est celui des *opérations nécessaires à la réalisation* effective des plans d'action. On y retrouve des savoir-faire et des procédures élémentaires souvent automatisés en routines.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans le langage du système KADS présenté plus haut, ces trois niveaux correspondent respectivement au modèle stratégique, au modèle d'inférence et de tâche et aux schémas d'inférence. Ce que nous appelons « habileté » trouverait sa place dans une combinaison de ces modèles sous la forme de processus génériques.

Cette hypothèse théorique rejoint les travaux du psychologue américain Bruner (1973b), considéré comme un des pères de la psychologie cognitive. Pour Bruner, le cycle complet d'une action délibérée consiste, pour un sujet, à opérer une transformation d'un état initial à un état final (niveau de l'action et des opérations), guidé par un certain nombre de super opérations mentales (niveau de l'intention), telles que

- la *séquentialisation temporelle* qui imprime une direction à l'activité, de l'état initial vers l'état final;
- la *séquentialisation orientée* qui fixe les buts ou les états intermédiaires;
- *l'anticipation autonome et la persistance volontaire* qui permettent à un sujet de sélectionner et de fixer lui-même les états à atteindre;
- l'utilisation de *stratégies sensibles au contexte* et à l'évolution de l'intention initiale ;
- le *pilotage interactif* des stratégies qui est assuré par la comparaison interne entre les résultats attendus et les résultats obtenus, et par des évaluations externes.

Cette description du processus général de résolution de problèmes rejoint celle de Newell et Simon (1972) dans leur entreprise de modélisation de la résolution de problèmes au moyen de programmes informatiques.

Dans ce contexte général, les habiletés deviennent les composantes des méthodes de résolution de problèmes, sous la forme de processus dont les produits sont les buts intermédiaires ou finaux et dont les intrants sont les états initiaux ou les états intermédiaires résultant de l'utilisation d'autres habiletés.

6.2. LES HABILETÉS EN TANT QUE MÉTACONNAISSANCES ACTIVES

Beaucoup de travaux ont été consacrés aux métaconnaissances, la plupart du temps sans que ce terme soit utilisé explicitement. On les retrouve dans des domaines aussi divers que la logique mathématique (Thayse, 1988), la méthodologie des sciences (Popper, 1967), la résolution de problèmes et son enseignement (Polya, 1967), les sciences de l'éducation

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

(Romiszowski, 1981), les environnements d'apprentissage (Paquette, 1991; Merrill, 1993), le génie logiciel et cognitif (Chandrasekaran, 1987; Schreiber *et al.,* 1993), la psychologie cognitive et l'intelligence artificielle (Anderson, 1980; Minski, 1985; Pitrat, 1990).

Jacques Pitrat a produit un important ouvrage de synthèse où il distingue plusieurs catégories de métaconnaissances et propose la définition suivante : « Une métaconnaissance est une connaissance qui porte sur des connaissances au lieu de porter sur les éléments d'un domaine particulier comme les mathématiques, la médecine ou la géologie » (Pitrat, 1993).

Définies ainsi, les métaconnaissances sont au coeur du processus d'apprentissage, lequel consiste à transformer les informations en connaissances en :

- attribuant des valeurs aux connaissances des autres domaines vérité, utilité, importance, priorité d'une connaissance, compétence d'un individu face à une connaissance, etc. ;
- décrivant les « actions intellectuelles », les processus qui permettent de traiter les connaissances des autres domaines : mémorisation et stockage, compréhension, application, analyse, synthèse, évaluation, etc. ;
- représentant les stratégies qui permettent d'acquérir, de traiter et d'utiliser les connaissances des autres domaines : techniques de mémorisation, principes heuristiques de résolution de problèmes, stratégies de gestion de projets, etc.

Parlant de certaines métaconnaissances qu'il appelle « habiletés », Romiszowski (1981) décrit bien le phénomène simultané de l'acquisition des connaissances d'un domaine particulier et de la construction des métaconnaissances : « L'apprenant poursuit deux sortes d'objectifs en même temps - il apprend une connaissance particulière nouvelle pour lui et il apprend à mieux analyser ce qu'il sait déjà, à restructurer ses connaissances, et à valider les nouvelles idées pour arriver à la formulation de nouvelles connaissances. » Ce que Pitrat exprime ainsi : « La métaconnaissance se crée en même temps que la connaissance. »

Autrement dit, les métaconnaissances se développent en même temps qu'on les exerce sur des connaissances d'un domaine particulier. Toute personne qui apprend de nouvelles connaissances utilise, au moins de façon minimale, des métaconnaissances, sans en être nécessairement consciente. Mais cette utilisation inévitable des métaconnaissances gagne à devenir un acte conscient de la part de l'apprenant. C'est là l'objet de la métacognition (Noël, 1991).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

En tant que connaissances, les métaconnaissances sont également un objet d'apprentissage en ce qu'elles permettent ensuite à l'individu d'améliorer ses façons d'apprendre, facilitent ses opérations de transfert d'un domaine d'application connu vers de nouveaux domaines d'application et, enfin, l'aident à apprendre de façon de plus en plus autonome.

Généralisant un ensemble impressionnant de travaux en intelligence artificielle, Pitrat décrit différents types de métaconnaissances :

> Certaines sont des propriétés des connaissances : «Le théorème de Pythagore est un résultat très utile et il était déjà connu des Babyloniens»; d'autres sont des connaissances sur les connaissances d'un individu : «M. Dupont ignore le théorème de Pythagore » ; d'autres, enfin, sont des connaissances qui servent à manipuler des connaissances : « Dans quelles circonstances, il est utile de se servir du théorème de Pythagore, comment il se démontre, quels trucs mnémotechniques permettent de se rappeler son énoncé » (1990, p. 41).

Pitrat distingue ensuite métaconnaissances passives et métaconnaissances actives.

> Certaines jouent un rôle actif : lors de l'auto-observation d'un système, des connaissances pour utiliser des connaissances tirent parti de ce que le système a vu pour mieux choisir les essais ultérieurs et améliorer immédiatement son efficacité, tandis que des connaissances pour découvrir des connaissances créent de nouvelles connaissances pour améliorer son efficacité future [...]. Les métaconnaissances actives ont besoin pour fonctionner de connaissances sur les connaissances traitées, ce qui donne un deuxième type de métaconnaissance : les propriétés des connaissances.[...] Pour stocker une connaissance, il vaut mieux avoir une idée de son importance et de la crédibilité qu'on lui accorde. Des métaconnaissances actives créent ces métaconnaissances que d'autres métaconnaissances actives utilisent ensuite (1990, p. 205).

Les métaconnaissances actives nous intéressent particulièrement à cause de leur parenté avec les notions d'habileté et de compétence. Pitrat distingue six types de métaconnaissances actives.

- *L'acquisition des connaissances* permet d'examiner et de diagnostiquer les informations et les connaissances fournies par des agents extérieurs, de les compléter, si elles sont incomplètes ou incohérentes, par d'autres connaissances déjà acquises et de les reformuler au besoin en vue du stockage en mémoire.
- *La découverte des connaissances* regroupe un ensemble d'opérations comme l'instanciation, la généralisation, la spécialisation ou l'analogie, lesquelles permettent de transformer des informations ou des connaissances acquises pour créer de nouvelles connaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

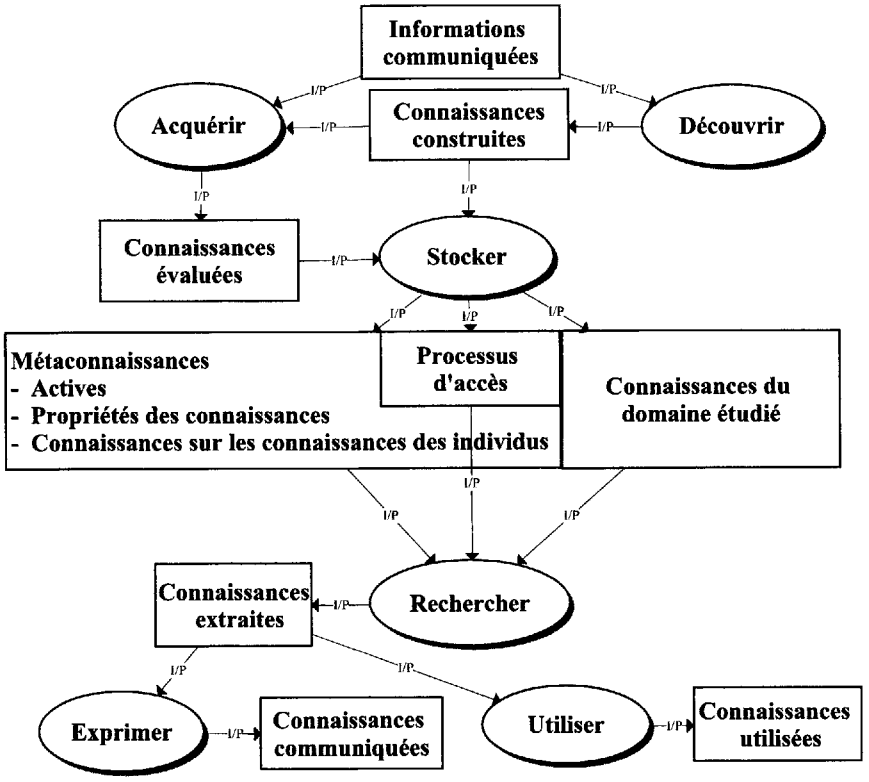
- *Le stockage des connaissances* consiste à décider où et comment enregistrer les connaissances de façon structurée pour qu'elles soient disponibles rapidement quand on en a besoin, sans qu'il faille balayer systématiquement la mémoire, par exemple en suivant des chaînes d'associations les plus courtes possible.
- *La recherche des connaissances en mémoire* est essentiellement un ensemble d'opérations de reconstruction des connaissances permettant d'extraire de la mémoire les connaissances dont on a besoin pour résoudre un problème ou effectuer une tâche.
- *L'utilisation des connaissances* regroupe un ensemble d'opérations permettant d'appliquer des connaissances extraites ou reconstruites de la mémoire, pour construire la solution à un problème, notamment par l'élaboration et la gestion de plans de solution, ainsi que l'explication des résultats.
- *L'expression des connaissances*, processus inverse de l'acquisition, consiste à communiquer des connaissances acquises sous forme d'informations destinées à un autre système de traitement de l'information, en général un être humain; les opérations participant à cette métaconnaissance permettent de choisir ce que l'on va dire et comment selon le modèle du destinataire.

La figure 6.2 illustre les relations entre les métaconnaissances actives. La métaconnaissance de découverte est la seule qui produit de nouvelles connaissances à partir d'informations communiquées par un agent extérieur ou d'autres connaissances déjà évaluées. La métaconnaissance d'acquisition permet d'évaluer des connaissances découvertes par soi ou des informations communiquées par un agent externe. Ces deux processus produisent des connaissances structurées, réorganisées et évaluées suivant notamment leur validité et leur intérêt. La métaconnaissance de stockage intègre les nouvelles connaissances, celles du domaine à l'étude et leurs valeurs associées (métaconnaissances passives), ainsi que les métaconnaissances actives qui permettent le repérage ultérieur de la connaissance. On peut ensuite entreprendre la démarche inverse rechercher des connaissances pour les exprimer ou les utiliser.

Comme les problèmes génériques qu'elles servent à résoudre, les métaconnaissances actives correspondent à des habiletés. Cette approche a le mérite de situer les habiletés dans un métadomaine par rapport aux domaines d'application, soit le domaine qui étudie les connaissances. On obtient ainsi un autre point de vue sur le concept d'habileté, ainsi qu'une façon de représenter une habileté dans un codomaine du domaine auquel on désire l'appliquer.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 6.2
Relations entre les métaconnaissances actives*



* Adapté de Bazin (1993).

6.3. LES DOMAINES D'HABILETÉ: COGNITIF, AFFECTIF, SOCIAL ET PSYCHOMOTEUR

Les travaux théoriques en éducation réalisés au cours des années 1960 et 1970 ont conduit les chercheurs à classifier les objectifs et les résultats de l'apprentissage en trois catégories ou domaines : le domaine cognitif, qui regroupe les connaissances et les habiletés commandant le comportement rationnel, le domaine affectif, qui réunit les attitudes et les émotions, et le domaine psychomoteur qui rassemble les comportements et les actions

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

corporelles. D'autres auteurs parlent d'intelligences multiples : intelligence cognitive ou rationnelle, intelligence émotionnelle, intelligence corporelle ou behaviorale.

Comme le soulignent Martin et Briggs (1986) : « Cette subdivision est relativement arbitraire puisque les psychologues et les éducateurs conviennent que, dans la réalité de la pratique éducative, aucune véritable séparation entre les états cognitif, affectif et psychomoteur n'est possible ».

Malgré cette affirmation du caractère global de l'activité d'apprentissage, les travaux pratiques et théoriques se sont concentrés dans un domaine ou dans l'autre, sans tenir compte des interactions entre les domaines. Par exemple, dans leur importante synthèse des modèles d'enseignement destinés aux praticiens de l'éducation, Joyce et Weil (1980) présentent chaque modèle en indiquant sa contribution à l'apprentissage, soit du domaine cognitif, soit du domaine affectif, mais jamais des deux.

Sur le plan théorique, les taxonomies des produits de l'apprentissage *(educational outcomes)* témoignent de la même séparation entre les domaines. Une taxonomie du domaine cognitif a été construite dans les années 1950 par un groupe dirigé par Benjamin S. Bloom (1956). Une taxonomie des objectifs du domaine affectif a suivi, publiée par Krathwohl *et al.* (1964). Plusieurs ouvrages ont été consacrés à ces taxonomies et à d'autres[3]. Nous ne présentons ici que ces deux taxonomies de façon très simplifiée (voir les tableaux 6.3 et 6.4).

Dans la taxonomie des objectifs éducatifs du domaine cognitif de Bloom, les comportements sont organisés en six catégories principales ordonnées du simple au complexe et subdivisées en sous-catégories. A chacune de ces catégories on peut associer un ensemble de verbes qui caractérisent la catégorie, ce qui permet d'énoncer des objectifs d'apprentissage ou des compétences de la façon suivante : « L'étudiant sera capable de *reconnaître* (niveau 1.00), quel que soit le contexte, les règles d'accord du participe passé sans erreur » ; ou encore : «L'étudiant sera capable de *valider* (niveau 6.00) sans aide un texte contenant des accords du participe passé. »

Dans la taxonomie des objectifs éducatifs du domaine affectif de Krathwohl, Bloom et Masia (tableau 6.4), les comportements ont été plus difficiles à classifier que dans le domaine cognitif. Les auteurs ont retenu un principe d'internalisation des valeurs selon lequel « l'ordonnancement des composantes (de la taxonomie) passe d'un niveau de simple perception à

3. Voir Martin et Briggs (1986).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 6.3
Taxonomie du domaine cognitif (Bloom)

Objectifs éducatifs (domaine cognitif)	Verbes exprimant la catégorie
1.00 CONNAISSANCE 1.10 Connaissances spécifiques 1.11 Connaissance de la terminologie et des faits 1.12 Connaissance des faits spécifiques 1.20 Connaissance des moyens de traiter les connaissances 1.21 Connaissance des conventions 1.22 Connaissance des tendances et des séquences 1.23 Connaissance des classifications et des catégories 1.24 Connaissance des critères 1.25 Connaissance des méthodes 1.30 Connaissance des abstractions d'un domaine 1.31 Connaissance des principes et des généralisations 1.32 Connaissance des théories et des structures	Identifier, définir, rappeler, reconnaître, repérer
2.00 COMPRÉHENSION 2.10 Translation 2.20 Interprétation 2.30 Extrapolation	Expliquer, reformuler, interpréter, transposer, illustrer, distinguer, prédire
3.00 APPLICATION	Relier, utiliser, transférer, choisir, simuler
4.00 ANALYSE 4.10 Analyse des éléments d'une communication 4.20 Analyse des relations entre les éléments 4.30 Analyse des principes organisationnels	Distinguer, classer, catégoriser, comparer, déduire, détecter
5.00 SYNTHÈSE 5.10 Production d'une communication unique 5.20 Production d'un plan, d'une séquence d'opérations 5.30 Construction d'un ensemble de relations abstraites	Constituer, rédiger, planifier, créer, modéliser, produire, construire, réparer
6.00 ÉVALUATION 6.10 Jugement en fonction d'une évidence interne 6.20 Jugement en fonction de critères externes	Juger, argumenter, critiquer, valider, standardiser

une position de capacité de contrôle du comportement d'une personne» (Krathwohl *et al.*, 1964, p. 27). Les catégories se définissent en fonction de concepts comme l'émotion, le degré d'acceptation ou de rejet, l'intérêt, l'attitude, l'appréciation et l'intégration des valeurs chez l'individu.

L'organisation hiérarchique des catégories de ces deux taxonomies a été évaluée par divers chercheurs. Elle semble plus solidement établie pour la taxonomie du domaine cognitif que pour celle du domaine affectif.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 6.4
Taxonomie du domaine affectif (Krathwohl et al.)

Objectifs éducatifs (domaine affectif)	Verbes exprimant la catégorie
1.0 RÉCEPTION	
1.1 Perception	Se sensibiliser, prêter attention, percevoir
1.2 Accord à recevoir	
1.3 Attention sélective ou contrôlée	
2.0 RÉPONSE	
2.1 Accord à répondre	Se montrer d'accord, s'impliquer, prendre plaisir
2.2 Volonté de répondre	
2.3 Satisfaction à répondre	
3.0 VALUATION	
3.1 Acceptation d'une valeur	Accepter, préférer, s'engager
3.2 Préférence pour une valeur	
3.3 Engagement à l'égard d'une valeur	
4.0 ORGANISATION	
4.0 Conceptualisation d'une valeur	Construire, organiser
4.2 Organisation d'un système de valeurs	
5.0 CARACTÉRISATION PAR DES VALEURS	
5.1 Ensemble cohérent de valeurs	S'autocontrôler
5.2 Caractérisation de l'individu par des valeurs	

On reproche parfois à la taxonomie du domaine cognitif le trop grand développement de la première catégorie par rapport au sous-développement des autres catégories. Quant à la taxonomie du domaine affectif, certains critiquent le fait qu'elle est apparemment limitée dans sa couverture des constructions de type affectif. La taxonomie semble trop dépendante du domaine cognitif et certaines catégories se recoupent entre les deux taxonomies, notamment « Connaissance » et « Réception » ainsi que « Évaluation » et « Valuation ». Il n'en demeure pas moins que ces deux taxonomies ont été et sont encore largement utilisées dans la pratique éducative, et permettent de sensibiliser les éducateurs à l'ampleur des objectifs qu'ils fixent à l'apprentissage.

Relativement peu de travaux se sont attaqués à l'intégration des domaines cognitif, affectif et psychomoteur. On note cependant des travaux de synthèse où les domaines sont parfois définis autrement que dans les travaux de Bloom. Par exemple, Gagné (1977) a proposé une taxonomie des comportements d'apprentissage en cinq domaines dont les trois premiers correspondent au domaine cognitif.

- *Les habiletés intellectuelles :* capacités de l'apprenant à utiliser des symboles pour organiser, interagir avec le monde réel et le comprendre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- *Les stratégies cognitives :* capacités qui gouvernent les comportements de mémorisation, de résolution de problèmes, d'apprentissage.
- *Les informations verbales :* informations factuelles stockées en mémoire qui permettent de nommer les choses et les faits, de mémoriser des séquences et d'organiser l'information.
- *Les habiletés motrices :* capacité à exécuter des mouvements.
- *Les attitudes :* état mental ou tendance influençant les choix d'actions physiques ou mentales.

Par ailleurs, Foshay (1978) décrit six domaines d'apprentissage dont les quatre derniers semblent comporter des composantes affectives.

- Le domaine *intellectuel :* semblable au domaine cognitif de Bloom
- Le domaine *physique :* associé aux habiletés psychomotrices, au développement du concept physique de soi.
- Le domaine *émotionnel:* concernant le développement des sentiments et des émotions.
- Le domaine *social :* lié au développement d'un comportement social.
- Le domaine *esthétique :* correspondant à une réponse expressive formelle, technique ou sensuelle à l'examen d'un objet.
- Le domaine *spirituel :* lié à la recherche d'un sens profond.

Ces approches ne recherchent pas l'intégration, mais une certaine complétude dans la description des « capacités » humaines.

6.4. UN CYCLE INTÉGRÉ DES HABILETÉS

La classification des habiletés proposée par Romiszowski (1981) est d'un autre ordre. Elle vise l'intégration des domaines et le caractère opérationnel des descriptions. Elle relève de la théorie des systèmes. Romiszowski (1981) définit ainsi les habiletés :

> Ce sont des actions intellectuelles ou physiques, ou encore des réactions qu'une personne produit de façon compétente pour atteindre un but. Pour ce faire, elle utilise des connaissances stockées en mémoire. En pratiquant une habileté, on utilise certaines connaissances emmagasinées dans le cerveau. On utilise la perception de la situation, du problème ou des objets pour obtenir de nouvelles informations qui seront combinées avec les connaissances et l'on agit sur la base de décisions planifiées.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La classification des habiletés décrite ici se distingue des taxonomies d'objectifs en ce qu'elle propose un traitement intégré de quatre catégories d'habiletés : cognitives, affectives, sociales et psychomotrices. On y différencie également les habiletés reproductives des habiletés productives. Les habiletés reproductives du domaine cognitif correspondent aux trois premières catégories de la taxonomie du domaine cognitif de Bloom et aux trois premières catégories de la taxonomie du domaine affectif de Krathwohl et *al.* Quant aux habiletés productives, elles correspondent aux trois dernières catégories de la taxonomie de Bloom et aux deux dernières de la taxonomie de Krathwohl *et al.* Le tableau 6.5 reprend cette double classification et donne des exemples de chaque type d'habiletés (Romiszowski, 1981, p. 253).

Plutôt que de catégoriser les habiletés selon le type de réponses de l'individu à un stimulus, nouvelles connaissances, actions motrices, attitudes affectives ou comportements sociaux, Romiszowski les caractérise par leurs fonctions dans le cycle de traitement de l'information : « La personne exerçant une habileté fait deux choses évidentes à tout observateur: elle perçoit ces stimuli qui déclenchent des actions spécifiques et elle exécute ces actions. »

Tableau 6.5
Classification des habiletés (Romiszowski)

	Habiletés reproductives Application de procédures (algorithmes)	**Habiletés productives** Application de principes et de stratégies
Habiletés cognitives Prise de décision, résolution de problèmes, raisonnement logique, etc.	Appliquer une procédure connue à une catégorie de problèmes connus : diviser des nombres, écrire une phrase en respectant la grammaire.	Résoudre de nouveaux problèmes : inventer une nouvelle procédure, démontrer un théorème, écrire de façon créative.
Habiletés psychomotrices Action physique, acuité perceptuelle, etc.	Exécuter des actions répétitives ou automatiques : taper à la machine, changer de vitesse, courir rapidement.	Pratiquer les arts et métiers : faire le design d'une page, prévoir les hasards de la route, jouer au football.
Habiletés réactives Gestion de soi, attitudes, émotions, habitudes, etc.	Réagir en fonction d'habitudes conditionnées : être attentif, répondre et évaluer ; fuir une situation.	Acquérir un contrôle personnel : développer un système de valeurs, s'autoactualiser.
Habiletés interactives Interactions sociales avec les autres.	Agir en fonction d'habitudes sociales : obéir aux bonnes manières, adopter un ton plaisant, des habitudes verbales.	Appliquer des habiletés interpersonnelles : montrer du leadership, superviser, persuader, discuter, convaincre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Mais c'est ici qu'il se démarque de l'approche behavioriste en examinant ce qui se passe entre les stimuli et les actions. Les actions mentales non observables déclenchées par les stimuli consistent d'abord en un rappel des connaissances utiles stockées en mémoire qui sollicite les composantes reproductives de l'habileté. Ensuite, le sujet planifie sa réponse en faisant appel aux composantes productives de l'habileté. Cela constitue un cycle d'habiletés en quatre phases et douze habiletés de base qui peuvent être ou non des composantes de chaque habileté complexe (Romiszowski, 1981, p. 257). Ces quatre phases correspondent à un cycle de traitement de l'information au moyen d'habiletés appartenant à divers domaines (voir tableau 6.6).

Ce cycle des habiletés s'applique aux quatre domaines, cognitif, psychomoteur, affectif et social, définis plus haut. Il est présenté comme un outil d'analyse servant à déterminer les causes de la faible performance d'une habileté complexe. Par exemple, l'incapacité à diagnostiquer

Tableau 6.6
Le cycle des habiletés de Romiszowski

Phase	Habileté	Description
Perception (Récepteurs des stimuli externes)	Attention	Capacité à se concentrer sur la tâche.
	Acuité perceptuelle	Capacité à reconnaître les stimuli.
	Discrimination	Capacité à distinguer le stimulus parmi d'autres stimuli (bruit).
Rappel de la mémoire (Opérations mémorielles internes)	Interprétation	Reconnaissance du langage du stimulus.
	Rappel de procédures	Capacité à détecter un algorithme adéquat en mémoire.
	Rappel de schémas	Identification des concepts et des principes pertinents en mémoire.
Planification (Opérations de traitement internes)	Analyse	Capacité de restructuration du problème.
	Synthèse	Capacité à générer des solutions de rechange.
	Évaluation	Capacité à évaluer les solutions de rechange et leurs implications.
Performance (Effecteurs externes)	Initiation	Capacité à prendre des décisions et à agir en conséquence.
	Continuation	Capacité à mener l'action à terme.
	Contrôle	Capacité à s'auto-adapter et à s'autocorriger.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 6.7

Comparaison synthèse des habiletés

Habiletés	Cycle des habiletés (Romiszowski)	Objectifs cognitifs et affectifs (Bloom)	Métaconnaissances actives (Pitrat)	KADS (problèmes génériques)	KADS (schémas d'inférence)
Prêter attention	Attention Acuité perceptuelle	Connaissances Réception (affective)	Acquisition		Réception Obtention
Intégrer Identifier Mémoriser	Discrimination	Connaissances Réponse (affective)	Recherche Stockage		
Instancier / préciser Illustrer Discriminer Expliciter	Interprétation	Compréhension Réponse (affective)			Instanciation Appariement Comparaison
Transposer / traduire			Expression		
Appliquer Utiliser Simuler	Rappel de procédures Rappel de schémas	Application	Utilisation		Spécification Émission Présentation
Analyser Déduire Classifier Prédire Diagnostiquer	Analyse	Analyse	Découverte	Prédiction Supervision Diagnostic	Décomposition Transformation Tri
Réparer			Découverte	Réparation	
Synthétiser Induire Planifier Modéliser / construire	Synthèse	Synthèse Organisation (affective)	Découverte	Planification Conception Modélisation	Sélection Généralisation Abstraction Assemblage
Évaluer	Évaluation	Évaluation Valuation (affective)	Acquisition	Évaluation	
Autocontrôler Initier Influencer S'adapter / contrôler	Initiation Continuation Contrôle	Caractérisation (affective)			

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

une panne de moteur ou le caractère imparfait d'un plongeon peut dépendre de l'une ou l'autre des 12 causes ou composantes de l'habileté présentées au tableau 6.6.

Romiszowski définit le cycle ainsi : « Il s'agit d'un langage pour analyser les habiletés - une taxonomie si vous préférez. Mais on n'y trouve pas de relations de dépendance hiérarchique. Une habileté complexe peut requérir une combinaison quelconque des 12 facteurs ou habiletés élémentaires à des degrés divers » (1981, p. 257).

6.5. COMPARAISON DES APPROCHES

Malgré la différence des approches, il est possible d'établir des correspondances approximatives entre les différentes taxonomies vues dans ce chapitre. Le tableau 6.7 fait la synthèse des approches pour une liste d'habiletés regroupées en dix catégories principales ; dans le prochain chapitre, nous décrirons en détail cette taxonomie qui s'apparente au cycle des habiletés présenté au tableau 6.6.

Il faut souligner que ces correspondances sont approximatives, le but du tableau étant de démontrer une certaine convergence des systèmes de représentation. La notion de processus générique permet de réconcilier les différentes taxonomies. Pour établir les associations entre des systèmes différents, nous examinons le type d'intrants et de produits de chaque terme considéré comme le produit d'un processus dont la structure entre également en jeu.

Là métaconnaissance d'acquisition est difficile à situer par rapport aux habiletés, car elle est de nature à la fois perceptive et évaluative, faisant intervenir l'évaluation par l'attribution de valeurs aux connaissances acquises.

Par ailleurs, le répertoire des schémas d'inférence et celui des problèmes génériques de KADS se situent à des niveaux de granularité différents : les schémas d'inférence correspondent aux opérations terminales des processus génériques, alors que les problèmes génériques de KADS sont d'un niveau supérieur.

CONCLUSION

De nombreux travaux en sciences cognitives, en génie cognitif et en éducation supportent l'hypothèse que nous avançons ici : *les habiletés humaines peuvent être décrites comme des processus génériques.* Bien sûr, la description d'une habileté sera schématique, elle ne saisira qu'une partie de la réalité.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Néanmoins, représenter les habiletés sous forme de processus permettra de s'en construire la vision graphique, structurelle et opérationnelle nécessaire à leur intégration dans une méthode d'ingénierie pédagogique.

À chaque problème, à chaque tâche générique décrite correspond une méthode de solution. Cette méthode, qui est elle aussi un processus générique, décrit l'habileté qu'un système humain ou artificiel doit appliquer pour résoudre le problème ou effectuer la tâche.

Les métaconnaissances actives sont aussi des processus génériques et donc des habiletés. Voir les habiletés de cette façon permet de les situer et de les étudier dans un domaine particulièrement important, celui qui étudie les connaissances. La relation entre une habileté et les connaissances auxquelles elle s'applique s'établit donc entre deux domaines : le domaine des métaconnaissances et le domaine d'application. Cette vision reconnaît le caractère transversal des habiletés et des compétences humaines relativement aux différents domaines du savoir.

Les taxonomies d'objectifs d'apprentissage des domaines cognitif, psychomoteur ou affectif décrivent également des habiletés. On pourra donc récupérer au profit des habiletés et des compétences l'usage que l'on fait de ces taxonomies pour décrire les programmes ainsi que les moyens d'évaluation et d'apprentissage. Le fait de voir les catégories taxonomiques comme des processus génériques les dégage de leur connotation behavioriste d'origine. Ce n'est plus seulement la relation stimulus-réponse qui nous intéresse. Au-delà de la relation entre intrant et produit, un processus générique doit être décrit par ses composantes, ses opérations, leurs produits intermédiaires et les principes qui gouvernent son exécution. Cela revient à décrire le fonctionnement interne d'un acteur exerçant cette habileté-processus.

Réinterpréter les taxonomies d'objectifs éducatifs de cette façon nous amène à ne distinguer les domaines cognitif, psychomoteur, affectif et social que par la façon dont la réponse se manifeste. Un même stimulus peut déclencher un processus de réparation qui permettra de modifier un modèle (domaine cognitif), une attitude (domaine affectif), une action motrice (domaine psychomoteur) ou un comportement social.

C'est sur cette base que nous dressons dans le prochain chapitre une taxonomie des habiletés en constituant un répertoire de processus génériques correspondants.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre 7

UNE TAXONOMIE INTÉGRÉE DES HABILETÉS

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les habiletés, dans leurs relations avec les connaissances, constituent le matériau de base des compétences humaines. Selon le point de vue adopté, elles peuvent être considérées comme des méthodes de résolution de problèmes, comme des connaissances actives agissant sur d'autres connaissances, comme des objectifs d'apprentissage à évaluer ou comme la base d'une stratégie pédagogique.

Dans ce chapitre, nous construisons une taxonomie intégrée des habiletés. Cette taxonomie intègre plusieurs travaux antérieurs dans les sciences cognitives, le génie logiciel et cognitif ainsi que le design pédagogique, dont certains ont été présentés au chapitre précédent. Elle est dite intégrée parce qu'elle s'applique aux différentes manifestations de l'activité humaine : cognitive, affective, sociale ou motrice. Elle est intégrée aussi par parce qu'elle représente les habiletés sous la forme de modèles des connaissances de type « processus », lesquels constituent un répertoire opérationnel utilisable pour des travaux d'ingénierie pédagogique.

7.1. LA NOTION D'HABILETÉ

Lorsque nous avons acquis des connaissances, et pendant que nous les acquérions, nous avons appris à exercer diverses habiletés à leur égard. Par exemple, quelqu'un peut être capable de reconnaître qu'une quantité est une fraction, sans nécessairement pouvoir l'appliquer dans une situation de la vie courante, ou sans évaluer si ce concept est bien le meilleur à utiliser. Dans un autre domaine, tel individu saura reconnaître une recette de canard à l'orange et tel autre sera capable de l'appliquer avec plus ou moins de succès, mais l'expert en cuisine pourra non seulement appliquer une procédure décrite dans un livre de recettes, mais aussi évaluer et comparer plusieurs procédures et même en inventer de nouvelles. Enfin, dans un troisième domaine, un individu aura peut-être une idée de la valeur relative de tel ou tel type de placements, mais l'expert saura analyser la situation d'un client, évaluer les véhicules de placements qui lui conviennent et créer un portefeuille adapté à ses besoins. Ces quelques exemples illustrent les principales propriétés des habiletés.

Les habiletés varient selon les individus et font l'objet d'un apprentissage tout le long de la vie. Comme les autres connaissances, les habiletés se développent à différents moments de la vie d'un individu. Nous acquérons d'abord des habiletés d'attention, de mémorisation; puis nous apprenons à reconnaître et à appliquer des connaissances, à accomplir des tâches physiques ou à travailler en équipe; enfin, nous apprenons à

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

utiliser des habiletés « supérieures » d'analyse, de synthèse ou d'évaluation, à nous engager, à communiquer et à nous adapter. De plus, dans le cas d'une habileté donnée, par exemple l'analyse, nous apprenons à l'exercer dans des domaines de plus en plus variés et complexes.

Les habiletés se définissent relativement aux connaissances auxquelles elles s'appliquent. Bien qu'elles aient leur existence propre, les habiletés se définissent par rapport aux connaissances auxquelles on peut les appliquer. Dire que quelqu'un est habile à établir un diagnostic ou à faire une synthèse est une simplification de langage qui signifie que quelqu'un est capable d'exercer ces habiletés par rapport à des connaissances diversifiées et même dans des domaines relativement nouveaux pour lui ou pour elle. Mais il exerce toujours ses habiletés par rapport à un ou plusieurs domaines d'application.

Les habiletés se développent dans plusieurs domaines. Une habileté comme la capacité de diagnostic se développe par nos interactions dans plusieurs domaines de connaissances. On peut diagnostiquer de simples problèmes de retard dans le remboursement d'une facture, des problèmes plus ou moins complexes de débogage d'un logiciel ou établir le diagnostic d'un problème de santé. Ces divers types de diagnostics ayant plusieurs caractéristiques en commun, la maîtrise de cette habileté dans un domaine peut aider à son transfert dans d'autres domaines.

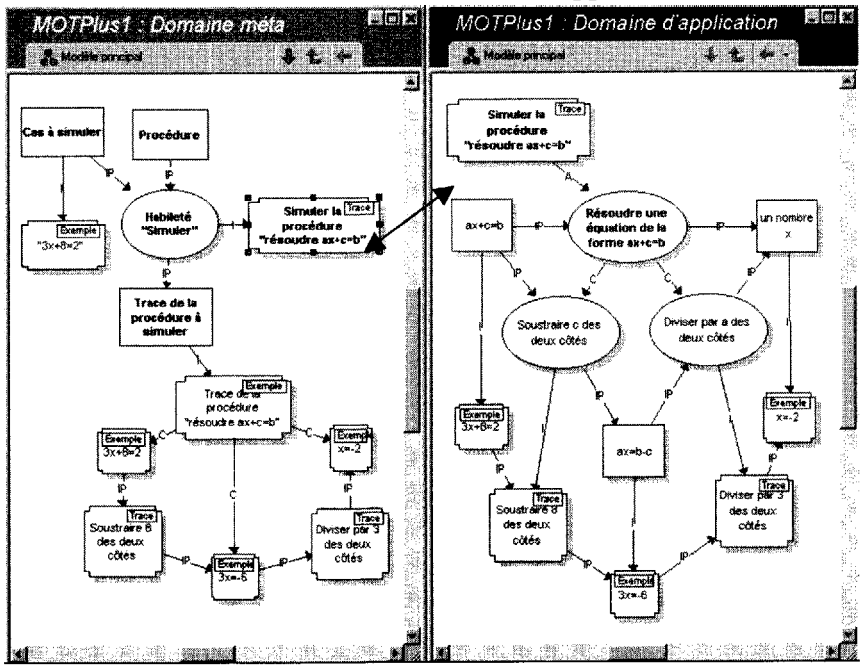
Les habiletés sont des processus génériques. Les habiletés sont de nature essentiellement procédurale ; ce sont des processus qui permettent de traiter les connaissances pour les percevoir, les mémoriser, les comprendre, les appliquer, les évaluer, les créer ou les communiquer. Une habileté se décompose généralement en sous-tâches qui sont d'autres habiletés et dont l'agencement est guidé par des principes d'opération. Chaque habileté a également ses intrants et ses produits qui sont des types de stimuli ou de connaissances résultant de l'application de l'habileté.

La figure 7.1 montre que l'habileté « Simuler une procédure » a pour intrants une procédure quelconque et un ou plusieurs intrants de cette procédure, et pour produit une trace d'exécution de la procédure relative à cet intrant. On y observe l'application de cette habileté au domaine de l'algèbre et plus précisément à la procédure « Résoudre une équation de la forme ax+c=b », dans le cas où a=3, c=8 et b=2. La trace de la procédure, résultat de la simulation, est décomposée dans le métadomaine et les faits correspondants dans le domaine d'application sont des instances des concepts et des procédures qui constituent la procédure simulée.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.1
Description d'une habileté en relation avec un de ses domaines d'application



Les habiletés sont des processus génériques en ce sens que leurs intrants et leurs produits sont des types de connaissances (concepts, procédures, traces, etc.) pouvant s'instancier à des connaissances particulières dans plusieurs domaines.

Les *habiletés psychomotrices, affectives et sociales sont également des processus génériques appris qui s'exercent sur les connaissances de divers domaines.*

Tous les types d'habiletés s'acquièrent par la participation d'un individu aux diverses situations qui se présentent tout le long de sa vie. Ces situations se composent de différents objets, événements, personnes, interrelations qui peuvent être décrits par des faits, des concepts, des procédures ou des principes. Par exemple, une habileté psychomotrice comme « monter à bicyclette » est un processus qui correspond à un cycle d'actions corporelles permettant d'atteindre le but fixé : garder l'équilibre. Son résultat peut être décrit par des faits et des connaissances. De même, une attitude affective de rejet ou de désintérêt est un processus qui peut être provoqué par une perception ou une analyse d'une situation, elle-même décrite par

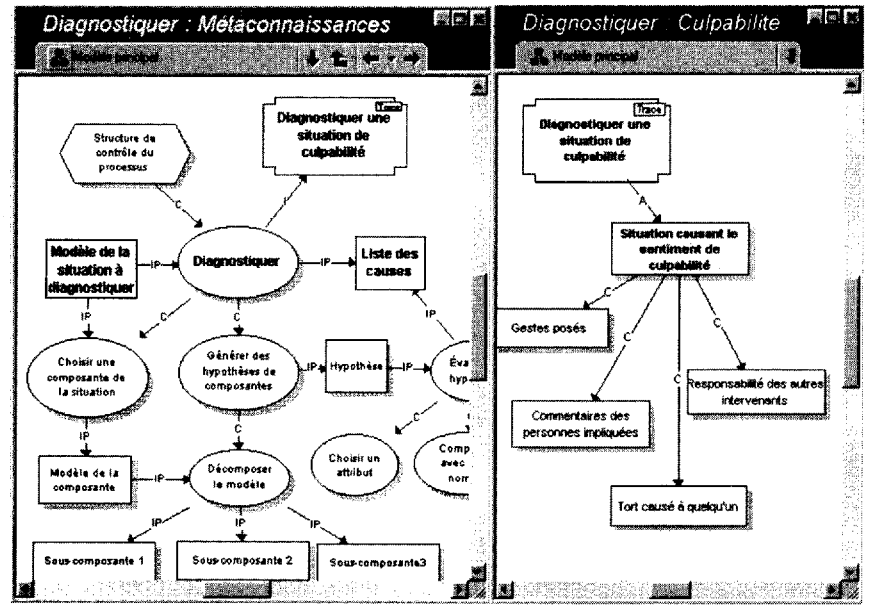
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

des faits et des connaissances ou une comparaison avec des connaissances, des valeurs ou des situations antérieures stockées en mémoire[1]. Enfin, une habileté sociale, par exemple la recherche de solidarité entre les membres d'une équipe partageant un but, peut être décrite par un processus qui débute par l'échange des points de vue, la comparaison, l'accord sur les buts et la recherche des ressemblances et des complémentarités.

La figure 7.2 illustre un processus générique de diagnostic semblable à celui de la figure 7.1, mais qui s'applique ici au sentiment de culpabilité que quelqu'un peut ressentir face à une situation dans laquelle il a été impliqué. Le diagnostic consiste à décomposer la situation .et à évaluer chacune de ses composantes pour déterminer la cause de cet état affectif.

Figure 7.2
Habileté de diagnostic appliquée à une situation affective



1. Ici, nous ne faisons aucune hypothèse psychologique ou neurophysiologique particulière sur la localisation de la cognition ou de l'affectivité. Des neurologues situent certaines facultés cognitives dans le néocortex. D'autres démontrent l'existence d'une mémoire émotionnelle qui laisse des traces dans d'autres régions du cerveau comme le système limbique. Voir à ce sujet LeDoux (1996) et aussi Goleman (1997).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Cet exemple nous montre que les habiletés sont décrites principalement par leurs fonctions dans le traitement de l'information grâce auquel une personne perçoit et transforme les connaissances, agit, réagit et interagit dans une situation donnée, plutôt que selon le type de réponses de l'individu à un stimulus (nouvelles connaissances, actions motrices, attitudes personnelles ou sociales).

Nous proposons un traitement intégré des divers types d'habiletés, en tant que processus génériques décrits dans le domaine des métaconnaissances. Contrairement à leur usage habituel dans la définition des objectifs d'apprentissage, les habiletés sont ici des objets d'apprentissage, des connaissances, que l'on peut décrire, analyser, évaluer, en soi ou dans leur relation avec des connaissances de différents domaines. À ce titre, elles doivent faire partie des modèles des connaissances, si nous voulons pouvoir les désigner comme cibles d'activités d'apprentissage au même titre que les connaissances d'un domaine spécifique.

Nous suggérons de dresser ainsi un répertoire de modèles représentant les habiletés sous la forme de processus génériques. Nous pourrons nous en servir pour introduire des habiletés dans les domaines d'application en les coréférençant par des modèles qui précisent leur signification.

7.2. PRÉSENTATION DE LA TAXONOMIE DES HABILETÉS

La figure 7.3 présente une vue d'ensemble de la taxonomie des habiletés que nous proposons. De gauche à droite, trois couches vont du général vers le particulier.

Les habiletés les plus générales (première couche suivant la racine de l'arbre) correspondent chacune à des phases du cycle de traitement de l'information. Au-delà de la terminologie, il existe un assez large consensus sur le cycle des habiletés qui caractérisent l'action et l'apprentissage humaine[2].

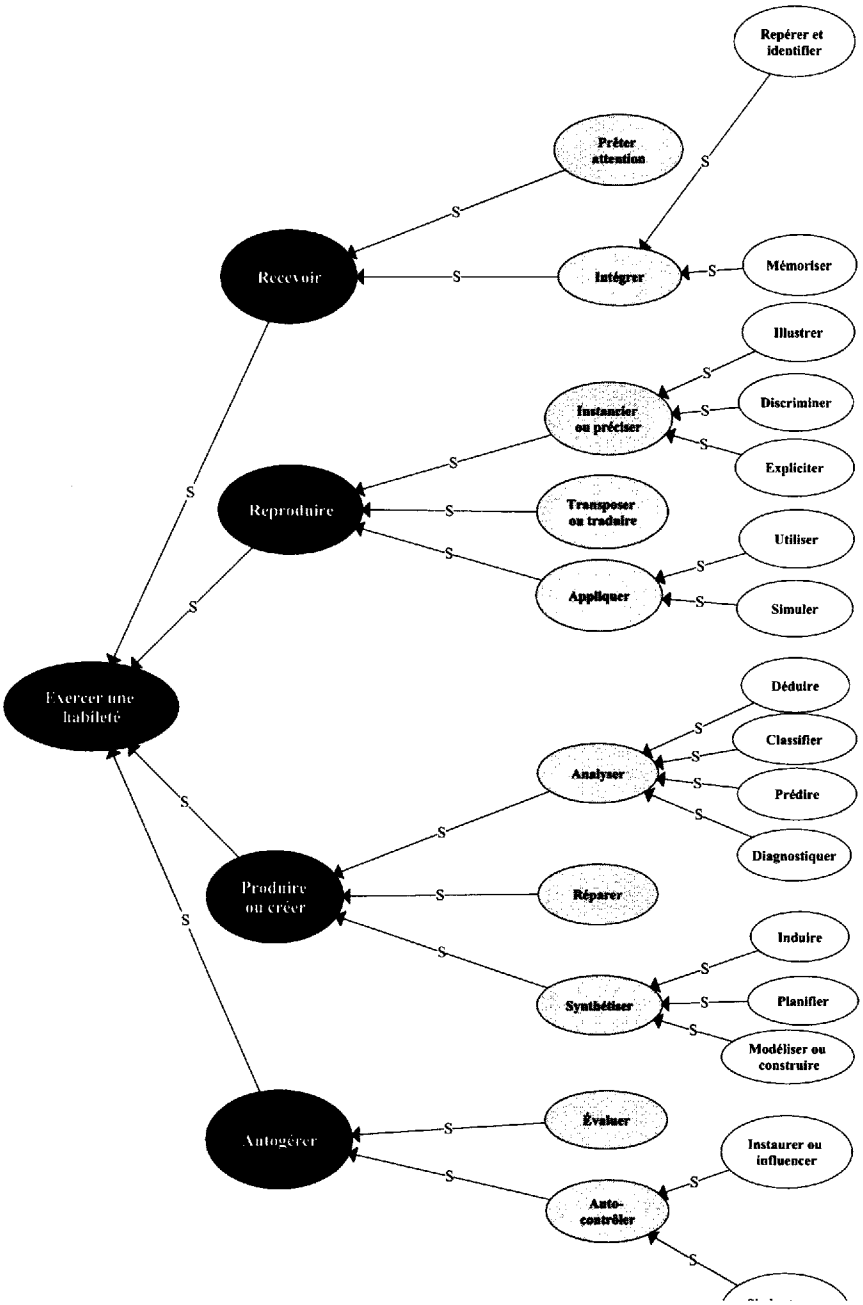
- Dans la première phase, dite de *réception,* la perception est sollicitée par des stimuli externes : on prête attention à des objets, on repère l'information en mémoire qui permet de donner un sens à chaque stimulus et on mémorise certaines des informations.

2. Voir Romiszowski (1981, p. 254) pour une définition analogue. Celui-ci désigne ces phases sous les termes « perception », « rappel de la mémoire », « planification et performance ».

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.3
Taxonomie des habiletés



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Dans la deuxième phase dite de *reproduction*, la mémoire est gérée de façon à sélectionner les connaissances pertinentes pour préparer l'éventuelle réaction, par des processus d'instanciation, de transposition et d'application.
- Dans la troisième phase, les processus intellectuels supérieurs de *production et de création*, d'analyse, de réparation et de synthèse pourront être mis à contribution pour créer ou produire le plan de l'éventuelle réaction et pour élaborer une réponse ou une solution.
- Enfin, dans la quatrième phase, l'expression de cette réponse dans l'environnement conduit à autogérer ses actions mentales, corporelles, émotionnelles ou sociales au moyen des organes d'expression que sont la parole, le mouvement, les expressions, etc. Ce processus commence par l'évaluation de la situation qui conduit à s'autocontrôler, à influencer les autres, à contrôler une situation et à s'adapter aux événements. C'est ce que nous appelons la phase *d'autogestion.*

Le tableau 7.1 donne des exemples d'habileté, sur les plans cognitif, psychomoteur, affectif ou social résultant de chacune des quatre phases.

HABILETÉS DE RÉCEPTION

Examinons plus en détail la première phase où les habiletés se caractérisent par des intrants qui sont des stimuli internes ou externes, des faits, des informations, et dont le résultat est un comportement démontrant que les stimuli ont été perçus et que, par conséquent, certaines connaissances stockées en mémoire ont été repérées et utilisées. Ces habiletés sont ordonnées de bas en haut selon leur complexité. À un premier niveau :

- *Prêter attention* consiste simplement à exprimer une forme de réponse à des faits et à des renseignements qui sont présentés : par exemple, l'apprenant participe aux activités et manifeste un intérêt pour les faits qui sont rapportés.

À un second niveau de complexité, l'apprenant commence *à intégrer* les stimuli, les données ou les informations en mobilisant tour à tour deux habiletés inverses l'une de l'autre.

- *Repérer et identifier* consistent à retrouver en mémoire des connaissances associées à l'information que donne un stimulus. L'habileté peut être décomposée en trois tâches, la première consistant à prêter attention à l'information et les deux suivantes à rechercher, puis à rendre disponibles des connaissances lui étant associées.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.1
Quatre classes principales d'habiletés

Nom de l'habileté	Intrants	Produits	Exemples
Recevoir	Stimuli internes ou externes	Faits ou connaissances repérées ou stockées en mémoire	Prêter attention à un événement, à un mouvement, à une émotion, à un contexte social. Identifier des connaissances, des impressions associées. Mémoriser des connaissances, des impressions.
Reproduire	Connaissances et modèles	Faits obtenus par instanciation ou connaissances obtenues par reformulation	Expliciter ou illustrer un concept, une procédure ou un principe par des exemples. Utiliser un modèle pour expliquer des faits. Simuler un processus.
Produire et créer	Connaissances et modèles	Nouvelles connaissances ou nouveaux modèles construits par analyse ou synthèse	Classer des objets dans une taxonomie. Réparer des composantes défectueuses dans un système. Planifier un projet. Modéliser et construire un système.
Autogérer	Connaissances, modèles, valeurs : propriétés des connaissances	Comportements résultants, nouvelles connaissances, habiletés et valeurs	Évaluer une connaissance et sa propre compétence. Entreprendre un processus de changement à partir d'une évaluation de la situation. Appliquer une stratégie permettant d'améliorer ses apprentissages et sa performance.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- *Mémoriser,* processus inverse de «Repérer », consiste *à* stocker en mémoire de nouvelles connaissances, en association avec des connaissances ou des faits antérieurs qui ont au préalable été repérés dans les stimuli et dans les informations fournies.

Le tableau 7.2 présente de façon synthétique les habiletés de réception qui apparaissent sur les couches 2 et 3 de gauche *à* droite de la figure 7.3.

Tableau 7.2
Définition des habiletés de réception

Nom de l'habileté		Intrants	Produits	Exemples
Prêter attention		Stimuli internes ou externes	Faits témoignant d'une attention prêtée aux stimuli intrants	Prêter attention au changement d'attitude de quelqu'un ou à des événements qui sont relatés.
Intégrer	Repérer et identifier	Stimuli internes ou externes	Connaissances repérées en mémoire en association avec les stimuli intrants	Réagir à la description d'une situation par un fait semblable. Répéter un pas de danse. Reconnaître un contexte.
	Mémoriser	Stimuli internes ou externes	Connaissances stockées en mémoire en association avec les stimuli	Enregistrer des informations. Répéter une attitude admissible socialement. Mémoriser une mélodie.

HABILETÉS DE REPRODUCTION

Les habiletés de reproduction se caractérisent par des procédures connues au moyen desquelles on mobilise des connaissances sans les restructurer ou les généraliser. Ces habiletés permettent toutefois d'effectuer des opérations mémorielles plus complexes qu'une simple réception et qui témoignent d'une compréhension plus profonde des connaissances auxquelles elles s'appliquent.

Un premier groupe d'habiletés visent *à instancier ou à préciser* les concepts, les procédures ou les principes qui servent d'intrants, et ce de plusieurs façons.

- On peut *illustrer* des connaissances abstraites en les instanciant et produire ainsi des exemples ou des contre-exemples d'un concept, des traces d'une procédure, des énoncés vrais ou faux découlant d'un principe.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- On peut *discriminer* deux concepts, deux procédures ou deux principes en produisant des faits particuliers qui sont des exemples, des traces ou des énoncés de l'un, mais non de l'autre; par exemple, « la baleine est un mammifère marin et non un poisson ».
- On peut *expliciter* ou enrichir des connaissances en ajoutant certains attributs ou en précisant certains liens non donnés au départ dans le modèle.

À un niveau plus grand de complexité, on redéfinit les connaissances données en intrants en produisant une nouvelle définition ou en utilisant une représentation différente.

- On peut *transposer ou traduire* des connaissances en les représentant dans un autre langage, par exemple en décrivant un modèle graphique ou géométrique en langue naturelle ou par une analogie.

Enfin, à un niveau de complexité encore plus élevé, les habiletés *d'application* se distinguent des processus précédents par la production de systèmes de faits complexes obtenus en spécialisant des modèles connus.

- On peut *utiliser* un modèle des connaissances en instanciant certains attributs des concepts, des procédures ou des principes qui le composent pour examiner les valeurs prises par d'autres attributs. Par exemple, on peut utiliser un système électrique en fixant certains attributs, comme l'intensité du courant ou les résistances, et en notant les valeurs que prennent d'autres attributs, comme le voltage.
- On peut *simuler* un modèle en spécifiant certaines données du modèle, en exécutant ses procédures et en appliquant ses principes. C'est le cas pour la simulation d'un processus de gestion dans une entreprise.

Le tableau 7.3 présente de façon synthétique les habiletés de reproduction apparaissant sur les couches 2 et 3 de gauche à droite de la figure 7.3.

HABILETÉS DE PRODUCTION ET DE CRÉATION

Les habiletés de production et de création, contrairement aux habiletés de reproduction, permettent de créer de nouvelles connaissances, de nouveaux modèles, de nouvelles attitudes, de nouveaux comportements sociaux. On fait alors appel aux facultés intellectuelles supérieures que sont l'analyse et la synthèse.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.3

Définition des habiletés de reproduction

Nom de l'habileté		Intrants	Produits	Exemples
Instancier ou préciser	Illustrer	Concepts, procédures ou principes	Exemples, traces ou énoncés obtenus, instances des intrants	Fournir des exemples d'un processus de calcul. Donner des exemples où interviennent les lois de la gravitation.
	Discriminer	Deux concepts, procédures ou principes ou plus	Instance de chaque intrant qui n'est pas instance des autres	Donner des exemples permettant de distinguer une famille de vertébrés d'une autre.
	Expliciter	Concepts, procédures ou principes	Connaissances comportant plus de liens que celles en intrants	Ajouter à la définition d'un concept des attributs qui permettent d'en préciser le sens. Compléter une procédure en ajoutant une étape. Ajouter une clause à satisfaire pour la conclusion d'une transaction.
Transposer ou traduire		Concepts, procédures ou principes	Connaissances analogues ou présentées sous une autre forme	Représenter un énoncé en langage naturel par un schéma ou un graphique. Décrire une situation analogue à un événement.
Appliquer	Utiliser	Connaissances abstraites ou modèles	Instances du modèle en fonction d'un but	Utiliser une table pour calculer l'intérêt sur un emprunt. Choisir une catégorie de professionnels en fonction du problème à résoudre.
	Simuler	Connaissances abstraites ou modèles	Instances produites en instanciant certains concepts et en obtenant les valeurs des autres concepts	Faire varier les paramètres d'un écosystème et examiner l'impact sur l'évolution des populations. Suivre pas à pas l'exécution d'un processus d'achat dans une organisation, dans différents cas.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les habiletés *d'analyse* nécessitent l'utilisation d'un modèle existant. Mais, au lieu de produire des instances de ce modèle comme dans les habiletés d'application, on le décompose en ses parties et l'on définit des relations entre elles tout en respectant certaines normes ou en utilisant certains faits. Comme les autres habiletés de création-production, les habiletés d'analyse créent (produisent) de nouvelles connaissances, de nouveaux objets, de nouvelles situations.

- On peut *déduire* de nouveaux faits en appliquant des procédures appelées « opérateurs » à des données initiales et en respectant un certain nombre de contraintes (principes) de définition. Cette habileté est à l'œuvre, par exemple, lorsqu'on produit la solution de mots croisés ou qu'on décrit des systèmes électriques ou de plomberie dans le plan d'une maison, etc.
- On peut *classifier ou catégoriser* des objets en parcourant une hiérarchie de classes et sous-classes jusqu'aux classes terminales pour trouver les classes auxquelles l'objet pourrait appartenir. Le résultat du processus est une liste de classes auxquelles l'objet appartient.
- On peut *prédire un résultat* en utilisant un modèle, par exemple un processus donné au départ, et en classifiant tous les produits possibles, puis en déterminant à quelle classe de produits un objet appartient. Par exemple, on examine les paramètres d'un traitement médical et les symptômes du patient, et l'on prédit le résultat du traitement.
- On peut *diagnostiquer* les composantes défectueuses d'un système conceptuel ou d'une procédure donnés au départ. Ce système et ses sous-systèmes sont parcourus systématiquement jusqu'aux composantes terminales dont les attributs sont évalués en fonction d'une norme également donnée au départ. Le résultat du processus est une liste de composantes défectueuses qui ne répondent pas aux normes fixées.

Les habiletés de *réparation* sont intermédiaires entre l'analyse et la synthèse. Comme l'analyse, elles nécessitent l'utilisation d'un modèle existant, mais le produit est une modification, une amélioration de ce modèle.

- *Réparer* consiste à prendre un modèle existant d'un système conceptuel, d'un processus ou d'une théorie et à le modifier en fonction du résultat d'un diagnostic ou d'une évaluation, en ajoutant ou en retranchant des composantes ou des liens pour améliorer la qualité du modèle.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les habiletés de *synthèse*, contrairement aux habiletés d'application ou d'analyse, n'ont pas comme intrant un modèle existant. Elles visent au contraire à construire un nouveau modèle à partir d'instances, de composantes, de modèles partiels. Selon le type d'intrants et de produits, on distingue plusieurs sortes de processus de synthèse.

- On peut *induire* un concept, une procédure ou un principe en généralisant respectivement des exemples, des traces ou des procédures. Le produit résultant doit pouvoir s'instancier au maximum de faits donnés comme intrants. Cette opération d'induction peut être étendue aux différentes catégories de modèles, comme lorsqu'on induit une taxonomie ou une méthode.
- On peut *planifier* un processus, un projet à partir de concepts qui définissent les biens livrables et de principes qui définissent les ressources et les échéances. Le produit de la planification est un processus produisant ces biens livrables. Chaque tâche du processus a pour intrants les ressources nécessaires et les échéances à respecter, et pour produit un bien livrable ou un intrant d'une autre tâche.
- On peut *modéliser ou construire* un système pour qu'il puisse effectuer des fonctions prévues au départ, intégrer les différentes composantes nécessaires et respecter les contraintes de qualité préétablies. Par exemple, on conçoit les plans d'une maison ou l'on fabrique la maison de façon à respecter le nombre de pièces voulu, l'emplacement des portes, des fenêtres, etc., ainsi que des normes de qualité quant au bruit, à l'ensoleillement, etc.

Le tableau 7.4 présente les habiletés de production et de création qui apparaissent sur les couches 2 et 3 de gauche à droite de la figure 7.3.

HABILETÉS D'AUTOGESTION

Les habiletés *d'autogestion* se démarquent des précédentes par l'importance accordée aux opérations métacognitives nécessaires à l'action réfléchie. Ces habiletés prennent en intrants des connaissances préalablement perçues, identifiées ou construites et leur associent des valeurs, des propriétés qui servent à enclencher des actions, à influencer les autres ou soi-même et à contrôler ses comportements.

- Un premier groupe d'habiletés servent à *évaluer* une situation en attachant une valeur à une connaissance ou à un modèle pour son intérêt, son utilité, sa pertinence, sa vérité, etc. Ces valeurs sont des concepts qui n'appartiennent pas au domaine d'application à l'étude, mais au domaine des métaconnaissances, celui qui étudie les connaissances. En voici quelques exemples : attribuer une valeur

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.4

Définition des habiletés de création et de production

	Nom de l'habileté	Intrants	Produits	Exemples
Analyser	Déduire	But, données (prémisses), opérations permises	Suite d'opérations permises qui relient les données initiales au but	Déduire les options possibles découlant de l'analyse d'un budget. Déterminer le plus court chemin entre deux lieux géographiques.
	Classifier	Taxonomie et faits à classifier	Classe de la taxonomie à laquelle appartient chaque fait	Déterminer la catégorie de véhicules d'une certaine automobile. Identifier le type de procédures d'un mécanisme de décision proposé.
	Prédire	Processus, classes de produits du processus, intrants du processus à classifier	Classe de produits du processus à laquelle appartient l'intrant	Prédire le résultat possible d'une intervention médicale en fonction des caractéristiques du patient. Prédire son propre comportement dans une situation d'un certain type.
	Diagnostiquer	Système à composantes, normes régissant la qualité des composantes	Liste des composantes non conformes aux normes	Identifier ses erreurs dans l'exécution d'un mouvement. Trouver les composantes défectueuses dans un système électrique en panne.
	Réparer	Modèle, composantes du modèle à améliorer	Modèle modifié	Réaménager les connexions dans une chaîne audiovisuelle. Prescrire un traitement médical pour remédier à un problème de santé.
Synthétiser	Induire	Ensemble de faits, exemples, traces, énoncés	Concept, procédure ou principe dont les faits sont des instances	Induire une loi scientifique reliant deux ou plusieurs variables à partir d'observations. Construire une taxonomie permettant de classer les types d'ordinateurs.
	Planifier	Ensemble de produits (concepts) et de contraintes (principes)	Processus produisant ces produits et respectant ces contraintes	Planifier l'exécution d'un projet. Planifier une chorégraphie de patinage artistique.
	Modéliser / construire	Faits, connaissances ou modèles, contraintes	Nouveau modèle qui intègre les intrants respectant les contraintes	Construire un système informatique complexe. Concevoir un cours. Établir le plan architectural d'un nouvel édifice. Construire un pont.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

à l'utilité des connaissances dans certaines situations, selon les types d'utilisateurs, en fonction des besoins d'un organisme ; évaluer la fiabilité d'une connaissance en lui attribuant une probabilité de vérité ; comparer deux modèles en fonction de critères d'utilité, de fiabilité, de pertinence et retenir celui qui semble répondre le mieux à ces critères.

L'autocontrôle est une habileté qui va au-delà de la simple évaluation et de la production de nouvelles connaissances. Elle implique une intégration des valeurs résultant de l'évaluation des connaissances et un engagement dans d'autres activités de production, d'apprentissage, de communication, de réalisation qui permettent non seulement d'utiliser ces connaissances, mais aussi d'amorcer un autre cycle d'application des habiletés aux nouveaux stimuli ainsi créés. On distingue ici deux formes d'autocontrôle.

- On peut *instaurer ou influencer* à partir de ses connaissances et de leur évaluation en les exprimant à soi-même ou à d'autres, en fonction d'un but précis. Exprimer ses connaissances en écrivant un livre ou en construisant un programme est une façon de les approfondir pour soi, de s'influencer soi-même. Plus généralement, on peut vouloir aider les autres à acquérir des connaissances ou des habiletés, les faire critiquer, provoquer des émotions, développer une conscience sociale devant certains problèmes, etc.

- On peut aller au-delà de l'influence et *s'adapter à une situation ou la contrôler* en utilisant des connaissances et l'évaluation de ces connaissances. Ces habiletés sollicitent non seulement la communication et l'engagement dans l'action, mais aussi la volonté, la persévérance et les facultés d'adaptation aux événements imprévus qui surviennent dans la réalisation d'un projet. On assiste aussi à la création de nouvelles informations, de nouveaux stimuli susceptibles de redémarrer, chez soi et chez d'autres, un nouveau cycle de traitement de l'information dans lequel de nouvelles habiletés seront sollicitées.

Le tableau 7.5 présente de façon synthétique ces habiletés qui apparaissent sur les couches 2 et 3 de gauche à droite de la figure 7.3.

7.3. INTÉGRATION DES HABILETÉS DE DIFFÉRENTS DOMAINES

Il peut paraître hasardeux de proposer une taxonomie intégrée qui s'applique à la fois aux domaines cognitif, psychomoteur, affectif et social quand tant de praticiens en éducation utilisent des taxonomies d'habiletés séparées pour chacun de ces domaines. Nous croyons au contraire qu'en

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.5
Définition des habiletés d'autogestion

Nom de l'habileté		Intrants	Produits	Exemples
Évaluer		Connaissances ou modèles	Propriété cognitive (métaconcept) associé à chaque connaissance ou modèle	Évaluer la fiabilité ou la validité de certaines affirmations. Évaluer sa compétence dans une tâche. Définir des besoins d'estime de soi et de confiance dans un groupe.
Autocontrôler	Instaurer ou influencer	Connaissances ou modèles évalués par des propriétés cognitives	Processus d'intervention, nouvelles propriétés cognitives, nouvelles informations communiquées	Entreprendre de convaincre quelqu'un de la validité et de l'utilité de certaines connaissances. Autogérer un programme d'exercices destiné à améliorer sa souplesse corporelle. Entreprendre d'améliorer les attitudes et le climat social dans une organisation.
	S'adapter ou contrôler	Connaissances ou modèles évalués par des propriétés cognitives	Processus d'intervention, nouvelles propriétés cognitives, processus cognitifs (action et stratégie) modifiés	Décider de développer ses habiletés de gestion de projet. Améliorer ses stratégies d'apprentissage d'un domaine. Analyser ses habiletés ou celles de quelqu'un et définir un programme pour les améliorer.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

ingénierie pédagogique il importe d'intégrer ces domaines. Martin et Briggs (1986, p. 10) soulignent d'ailleurs : « Cette subdivision est relativement arbitraire, puisque les psychologues et les éducateurs conviennent que, dans la réalité de la pratique éducative, aucune véritable séparation entre les états cognitif, affectif et psychomoteur n'est possible. » Martin et Briggs citent à l'appui de cette affirmation plusieurs autres auteurs, notamment certains qui ont produit eux-mêmes des taxonomies dans l'un ou l'autre des domaines, comme Bloom (1975) et Gagné (1970).

Bien que les avancées récentes en neurophysiologie permettent de situer des zones du cerveau consacrées à la cognition, aux émotions ou à la transmission des commandes psychomotrices, toutes les recherches dans ce domaine témoignent d'une intégration de ces fonctions et soulignent l'interaction entre les différentes composantes du cerveau dans chacune de nos activités. À titre d'exemple, Daniel Goleman (1997, p. 53), auteur de *L'intelligence émotionnelle*, précise : « Nos facultés affectives nous guident constamment dans nos choix ; elles travaillent de concert avec l'esprit rationnel et permettent - ou interdisent - l'exercice de la pensée elle-même. De même, le cerveau pensant joue un rôle exécutif dans nos émotions. »

Le tableau 7.6 montre qu'il est possible d'appliquer la taxonomie intégrée des habiletés dans chacun des quatre domaines cognitif, psychomoteur, affectif et social. À la base de ces exemples se trouve l'hypothèse que ce qui distingue les différents domaines tient essentiellement à la forme des stimuli intrants ou des réponses produites par une habileté. Selon que le stimulus ou la réponse relève de la pensée rationnelle, des capacités motrices, de l'affectivité ou des interactions sociales, nous disons de l'habileté qu'elle est cognitive, psychomotrice, affective ou sociale. Plus généralement, on pourra dire que quelqu'un est « intelligent » sur le plan rationnel, corporel, émotionnel ou social s'il est capable d'exercer, dans la plupart des cas, tout le cycle des habiletés sur ce plan. Nous rejoignons ainsi le psychologue américain Howard Gardner (1993) qui propose des intelligences multiples comme schémas de l'intellect.

Cependant, dans la pratique, lorsque nous analysons l'exercice d'une habileté chez une personne, nous trouvons généralement un amalgame de composantes cognitives, affectives, psychomotrices et sociales. Lorsqu'une personne perçoit un stimulus, la plupart du temps, toutes ces différentes fonctions sont sollicitées et quand elle fournit une réponse, celle-ci est très souvent à la fois cognitive, affective, sociale et psychomotrice.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.6
Habiletés et domaines

	Classe d'habiletés		Domaines			
			Cognitif	Psychomoteur	Affectif	Social
Habiletés de réception	1	Prêter attention	S'intéresser à un phénomène sociopolitique.	Percevoir une mauvaise position du corps devant un écran.	Être impressionné par un son agréable (ou désagréable).	Percevoir une situation tendue dans un groupe.
	2	Repérer ou mémoriser	Repérer en mémoire ou enregistrer des exemples de substances nocives.	Se souvenir de la façon de faire un mouvement de yoga ou enregistrer une nouvelle position.	Se souvenir ou prendre note d'un comportement utile pour calmer sa colère.	Se souvenir ou prendre note d'une façon de bien travailler en groupe.
Habiletés de reproduction	3	Instancier ou préciser	Préciser une procédure en ajoutant une étape ou en donnant des exemples.	Décrire les mouvements d'une chorégraphie déjà répétée.	Distinguer une blague d'une attaque personnelle qui nous rend triste.	Ajuster légèrement un rôle déjà adopté dans un groupe.
	4	Transposer ou traduire	Représenter graphiquement une démarche présentée oralement.	Freiner pour faire arrêter un camion en se basant sur ses réflexes de freinage avec une automobile.	Fuir (ou maîtriser) une situation désagréable d'une façon semblable à une situation déjà vécue.	Prendre le *leadership* d'un groupe dans une situation semblable à une autre qui s'est déjà présentée.
	5	Appliquer	Utiliser un calcul connu en l'appliquant à de nouvelles données.	Effectuer un revers de tennis bien maîtrisé, mais dans une position nouvelle.	Maîtriser l'angoisse en appliquant une technique connue.	Simuler la gestion d'une situation de crise à l'aide d'une approche reconnue.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 7.6

Habiletés et domaines (suite)

		Classe d'habiletés	Domaines			
			Cognitif	**Psychomoteur**	**Affectif**	**Social**
Habiletés de création	6	Analyser	Définir les objectifs, les données et les contraintes d'un type de problèmes.	Diagnostiquer ses erreurs dans l'exécution d'un mouvement.	Prédire ses états émotifs dans différentes situations qui peuvent résulter d'une action.	Analyser la dynamique d'un groupe et la ranger dans une classe de modèles.
	7	Réparer	Ajouter de nouvelles composantes à une méthode pour corriger certaines lacunes.	Corriger certains mouvements du déroulement d'un plongeon.	Modifier certaines de ses réactions affectives dans une situation tendue.	Proposer une méthode pour améliorer le climat dans une classe.
	8	Synthétiser	Construire une classification ou un plan de solution général à partir d'exemples.	Apprendre à jongler avec trois balles pour la première fois.	Développer une attitude complètement nouvelle devant une situation troublante.	Trouver une façon de se comporter en groupe qui fait progresser celui-ci.
Habiletés d'autogestion	9	Évaluer	Évaluer la solidité, le bien-fondé et l'intérêt d'une argumentation ou d'un énoncé.	Situer la qualité de son jeu au piano par rapport à une classe de musique.	Évaluer son état affectif à la suite d'une discussion difficile avec des amis.	Déterminer la qualité et la productivité du travail d'un groupe dont on fait partie.
	10	Autocontrôler	Décider de modifier complètement son angle d'attaque dans sa façon d'évaluer des situations.	Entreprendre un plan systématique d'évaluation et d'amélioration de sa condition physique.	Gérer ses attitudes émotives, en les évaluant régulièrement pour améliorer son bien-être général.	Prendre sur soi d'améliorer les attitudes des participants et le climat social d'un organisme.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Lorsque nous représentons une habileté comme le diagnostic sous la forme d'un processus générique, nous faisons abstraction de cette dimension. Celle-ci pourra apparaître au besoin lorsque nous instancierons l'habileté dans un domaine d'application (voir la figure 7.2). Cette démarche est purement pragmatique. Rappelons que notre objectif est de proposer des concepts utiles en ingénierie pédagogique. Lorsque nous représentons une habileté en faisant abstraction du type d'intelligence, nous ne prétendons pas que diagnostiquer une panne de moteur ou diagnostiquer un état émotionnel s'effectue de la même façon. Le processus de diagnostic est simplement un modèle utile pour l'ingénierie pédagogique car il facilite la compréhension des distinctions entre les habiletés et fait apparaître leurs interactions. Il s'agit d'un outil d'ingénierie pédagogique, non d'une explication psychologique.

7.4. RÉPERTOIRE DES HABILETÉS

La description des habiletés dans les tableaux de la section 7.3 est évidemment trop sommaire, car elle se limite à la description des intrants et des produits. Nous allons maintenant présenter des modèles de processus génériques de certaines de ces habiletés. Ces exemples font partie d'un répertoire extensible et structuré des habiletés que nous proposons à des fins d'ingénierie pédagogique. Ils devraient aider à concrétiser l'approche générale et à définir les relations entre les diverses catégories d'habiletés.

UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE DE REPÉRAGE ET D'IDENTIFICATION

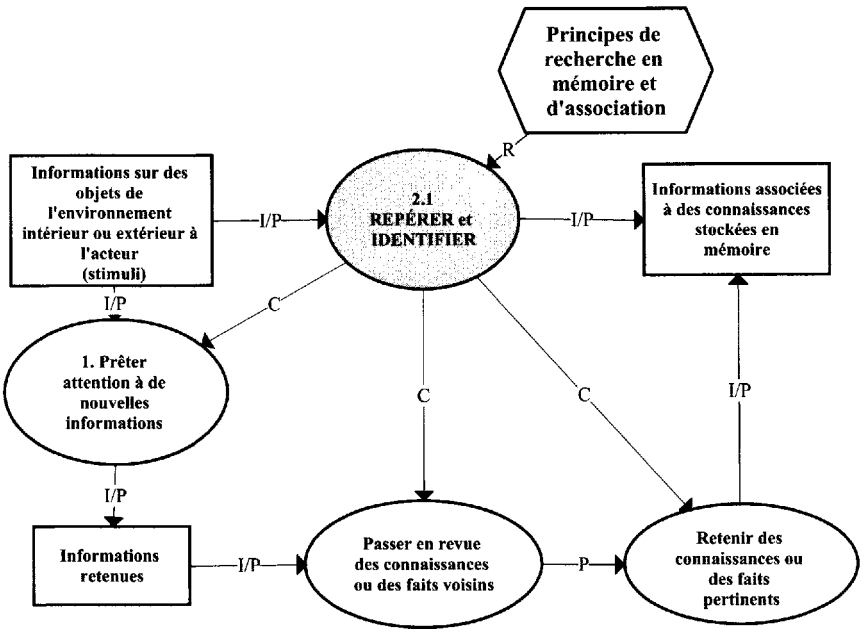
La perception met en oeuvre des opérations qui font appel à la fois aux sens et à la mémoire de l'acteur apprenant; sans un recours à la mémoire, il serait impossible à l'apprenant de reconnaître des faits et des connaissances qui se présentent à lui sous la forme d'une variété de stimuli ou d'informations.

Le processus de repérage et d'identification, présenté à la figure 7.4, mobilise d'abord un sous-processus, une habileté d'attention (1)[3] qui permet de retenir certaines informations provenant de stimuli intérieurs ou extérieurs à l'acteur.

3. La numérotation des habiletés-processus suit la figure 7.3. Ainsi, l'habileté d'attention est numérotée 1. L'habileté de repérage et d'identification est numérotée 2.1.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.4
Modèle d'une habileté de repérage et d'identification



Deux autres sous-processus sont ensuite utilisés pour traiter les informations retenues. Le premier recherche en mémoire des connaissances qu'il pourrait associer aux nouvelles informations. On pourrait décrire cette recherche comme un cheminement dans une chaîne d'associations à partir d'une connaissance en mémoire qui a fait que les informations ont été retenues. L'autre sous-processus retient les liens d'association qui semblent pertinents et produit le résultat du processus générique de repérage et d'identification : des liens d'association entre les connaissances préexistantes et les nouvelles informations maintenant assimilées sous forme de connaissances.

Les principes de recherche et d'association qui régissent le processus générique peuvent être plus ou moins nombreux, complexes et performants, selon le degré de développement intellectuel de l'acteur et l'ampleur des apprentissages réalisés jusqu'à maintenant. Par exemple, tel acteur fera une recherche dans un seul domaine, par l'intermédiaire de trois liens d'association, alors que tel autre acteur lancera des recherches dans plus d'un domaine.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

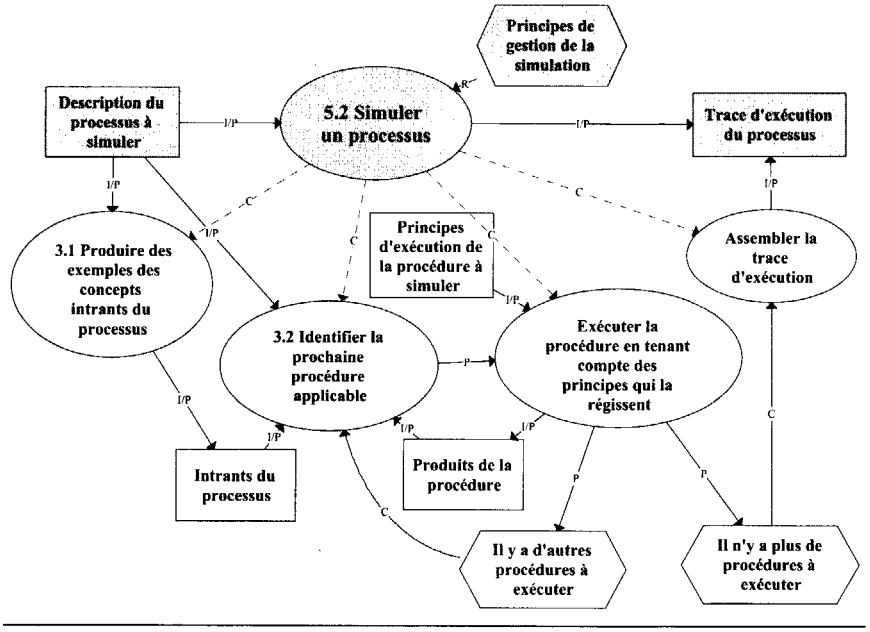
UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE DE SIMULATION

Simuler un modèle (5.2), par exemple un modèle de type processus, consiste à produire, à partir d'un modèle du processus, une trace d'exécution dans un ou plusieurs cas particuliers.

Le graphe de la figure 7.5 est un modèle de ce type d'habiletés. À partir de la description du processus à simuler, on produit d'abord des exemples de tous les intrants du processus. Il s'agit d'une application de l'habileté d'illustration (3.1). Puis on trouve, par discrimination (3.2), une sous-procédure du processus qui est applicable, c'est-à-dire pour laquelle on dispose de tous les intrants. On exécute cette procédure en tenant compte des principes qui la régissent dans le processus à simuler.

On obtient ainsi un produit qui peut désormais servir d'intrant à d'autres procédures. S'il reste des procédures à exécuter, on reprend le cycle. Si l'on a atteint une procédure terminale et que toutes les procédures terminales ont été exécutées, on assemble la trace et l'on produit le résultat de la simulation.

Figure 7.5
Modèle d'une habileté de simulation



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE DE DÉDUCTION

Déduire une solution consiste à appliquer un certain nombre de procédures (opérateurs) à des instances de concepts appelés «données», pour en arriver à produire l'instance d'un concept appelé «but». Par exemple, on applique les opérateurs algébriques à une équation à deux inconnues pour en déduire une solution; on applique les actions permises par le cube de Rubik à un état initial du cube, pour obtenir l'état final satisfaisant aux conditions du jeu; on fabrique un horaire à partir de celui de l'an dernier, en appliquant des substitutions qui permettent de tenir compte de nouvelles contraintes.

Le graphe de la figure 7.6 est un modèle d'un processus générique de déduction (6.1), un cas particulier de l'habileté générale d'analyse (6). La première procédure du processus générique consiste à examiner les procédures (opérateurs) applicables aux données. On fait ainsi appel à l'habileté d'application. Puis on choisit un de ces opérateurs et on l'applique aux données.

Si le produit de cette procédure est une instance du concept-but, on a une solution en une étape. Si ce n'est pas le cas, on répète la démarche en cherchant un opérateur à appliquer au produit, et ainsi de suite jusqu'à obtenir une solution, c'est-à-dire une trace d'exécution d'une suite de procédures transformant les données (instances des concepts-données) en but (instance du concept-but). Les ouvrages en intelligence artificielle (Laurière, 1986; Winston, 1984) abondent en principes de contrôle de cette démarche : recherche en largeur ou en profondeur, évaluation heuristique de la distance au but, etc.

UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE DE CONSTRUCTION D'UNE TAXONOMIE

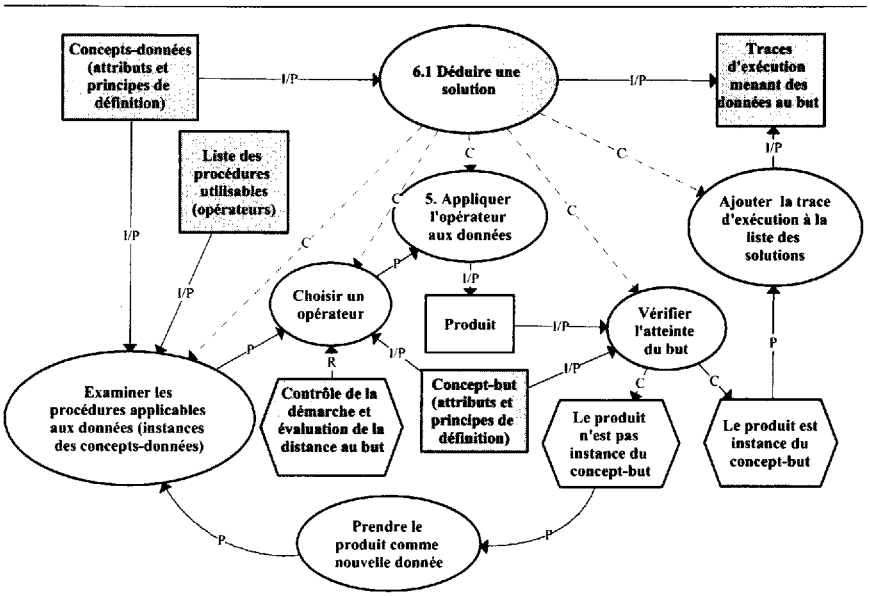
Créer une typologie ou une taxonomie[4] est un cas particulier de modélisation (8.3). Cette habileté consiste à définir une façon de classifier les instances d'une connaissance abstraite (concept, procédure ou principe), objet de la taxonomie, par exemple la notion de média ou celle d'animal vertébré.

4. Ces deux termes sont largement synonymes. En général, une typologie est une taxonomie qui ne se déploie que sur un seul niveau. Le type peut alors devenir un attribut participant à la définition de l'objet de la typologie.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.6
Modèle d'une habileté de déduction



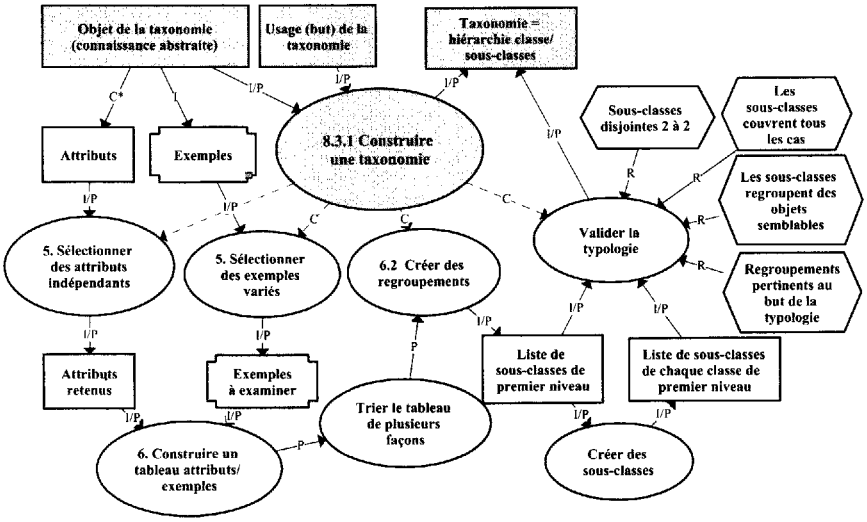
On se donne d'abord un ensemble d'instances le plus diversifié possible de l'objet de la taxonomie et l'on identifie en parallèle ses attributs critiques. Ensuite, à l'aide de propriétés impliquant ces attributs, on crée un regroupement des instances en deux classes ou plus, qui sont disjointes deux à deux et qui couvrent tous les cas possibles.

On peut ensuite développer la taxonomie en subdivisant de la même façon chacune de ces classes de premier niveau (ce qui revient à construire une taxonomie à un niveau pour la connaissance correspondant à chaque classe). Par exemple, on crée une taxonomie des édifices en définissant d'abord les concepts d'habitation, de lieu de travail et de lieu public. Puis on subdivise la classe des habitations en définissant les concepts d'habitation unifamiliale, de duplex ou de triplex en rangée, de duplex ou de triplex détachés, d'immeubles à logements multiples.

Le processus générique de la figure 7.7 débute par deux sous-processus interreliés : la sélection d'attributs indépendants (orthogonaux), c'est-à-dire pour lesquels il existe des exemples des différentes combinaisons de valeurs deux à deux, et la génération d'un jeu d'exemples variés. Ces deux sous-processus sont des exemples de l'habileté d'application (5). Pour chaque attribut retenu, on établit la liste des valeurs

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.7
Modèle d'une habileté de construction d'une taxonomie



possibles. On peut ensuite construire un tableau donnant pour chaque exemple les valeurs des attributs retenus. On fait alors appel à une habileté d'analyse (6).

On peut trier le tableau attributs et exemples de différentes façons pour créer des regroupements d'exemples selon les valeurs des attributs et vérifier que les exemples «méritent» d'être regroupés dans la même classe. Lorsque le résultat semble satisfaisant, on définit les regroupements en classes de premier niveau. Si c'est nécessaire, on crée un deuxième niveau en subdivisant chacune des classes du premier niveau de la même manière.

Il reste à valider la typologie en vérifiant les principes de définition les classes sont disjointes deux à deux et couvrent tous les cas; chaque classe regroupe des exemples semblables, en fonction du but (de l'usage attendu) de la typologie.

UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE D'ÉVALUATION

Évaluer (9) des connaissances d'un domaine d'application consiste à leur attribuer des valeurs. Ces valeurs sont des métaconcepts en ce sens qu'elles servent à qualifier la connaissance quel que soit le domaine d'application. Ce sont des connaissances à propos des connaissances que

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Pitrat (1990) qualifie de « propriétés des connaissances». Les notions de validité, de priorité, d'intérêt, de degré d'acquisition d'une connaissance sont des exemples de ces valeurs ou propriétés des connaissances.

L'habileté d'évaluation consiste à analyser (6) les connaissances de l'un ou l'autre de ces points de vue. Par exemple, évaluer l'acquisition de connaissance par soi-même ou par un autre consiste d'abord à diagnostiquer (6.4) le niveau de compréhension d'une personne. Ainsi, telle personne sait appliquer telle procédure dans des situations simples, telle autre dans des situations complexes ou peu familières.

L'habileté d'évaluation suppose un diagnostic, sauf que le résultat du diagnostic n'est pas une simple liste d'objets du domaine d'application qui seraient des composantes défectueuses, mais plutôt une liste de propriétés des connaissances. Lorsqu'on l'applique à soi-même, cette habileté est un élément indispensable de la métacognition. Elle permet de qualifier ce que nous connaissons. Lorsqu'on l'applique à d'autres personnes, elle est aussi un élément incontournable de l'assistance à l'apprentissage.

La figure 7.8 illustre un modèle simplifié d'un processus générique d'évaluation de l'acquisition des connaissances. Il s'agit d'un modèle qui généralise le concept de « modèle par recouvrement » utilisé dans plusieurs systèmes tutoriels intelligents (Wenger, 1987).

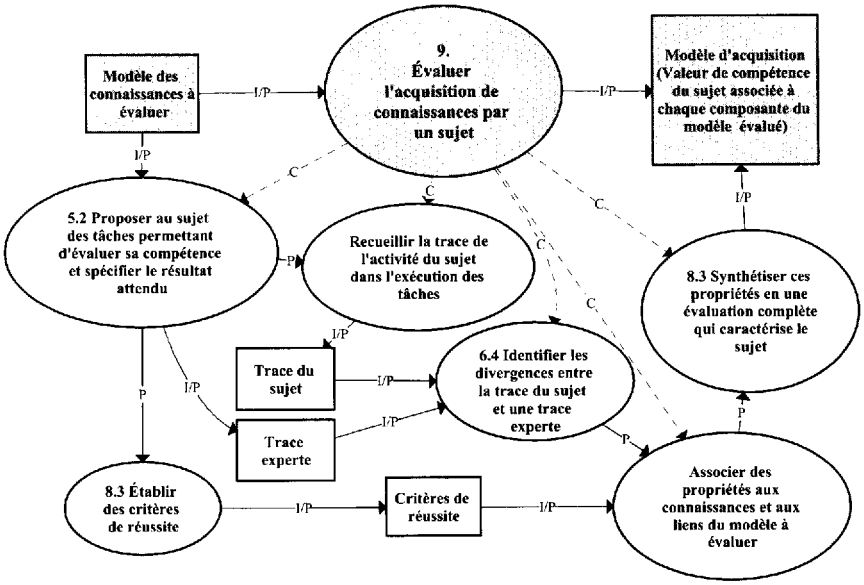
On s'appuie sur un modèle des connaissances à évaluer, par exemple une taxonomie, un système à composantes ou un processus. A partir de ce modèle, on spécialise (5.2) des tâches qui permettront d'évaluer la compétence du sujet et l'on spécifie le résultat en faisant effectuer ces tâches par un expert, ce qui représente la performance maximale attendue. On recueille ensuite la trace produite par l'activité du sujet et on la compare à la trace experte. Les divergences entre les deux traces sont diagnostiquées (6.4) dans le but d'en évaluer l'ampleur et la nature.

Par ailleurs, on construit (8.3) un ensemble de critères de réussite qui serviront à attribuer une valeur de compétence aux connaissances pour lesquelles on a identifié une divergence entre la trace du sujet et la trace experte. Ces valeurs de compétence peuvent être fondées, par exemple, sur la capacité à exercer telle ou telle habileté relativement à une connaissance. En combinant un certain nombre de ces valeurs partielles, on peut synthétiser un modèle du sujet (8.3) qui regroupe de façon cohérente les évaluations particulières établies à l'étape précédente.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.8
Modèle d'une habileté d'évaluation de l'acquisition des connaissances



UN PROCESSUS GÉNÉRIQUE DE CONTRÔLE ET D'AUTOADAPTATION

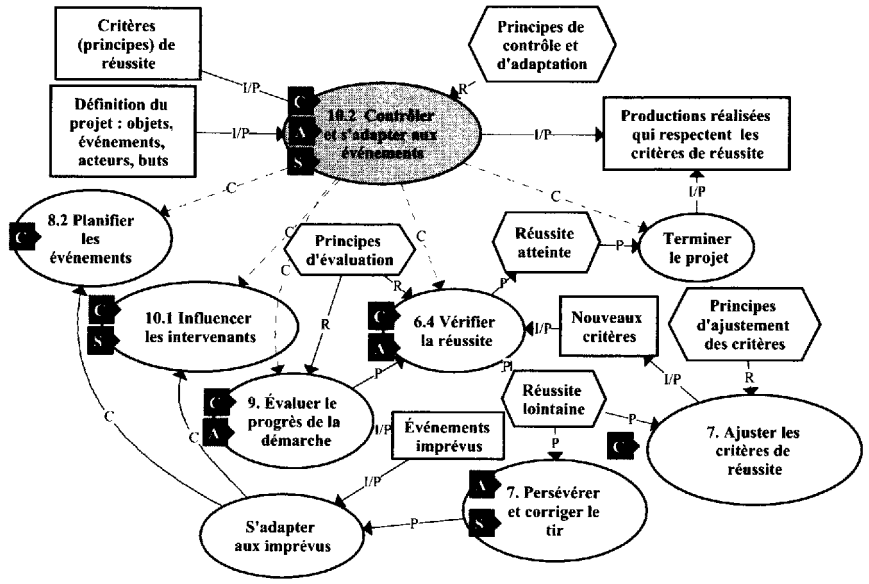
La figure 7.9 représente un processus générique de contrôle et d'autoadaptation (10.2). La tâche générique à effectuer par cette méthode consiste à obtenir la description d'un projet ou d'un processus de changement dans un domaine particulier et les critères de réussite propres à ce domaine.

Dans une première phase, on planifie (8.2) les événements de la démarche et on influence (10.1) les participants de façon qu'ils se coordonnent dans la réalisation des activités du projet et respectent les critères de réussite. Par la suite, les progrès de la démarche sont constamment évalués et réévalués. Si des imprévus surviennent, il faut s'adapter, ajuster le cours des événements, redéfinir les rôles des intervenants ou encore modifier les critères de réussite. Les principes de contrôle et d'adaptation gèrent la transition entre les sous-processus, par exemple en spécifiant quand on doit évaluer les progrès et la réussite ou quand on doit ajuster les critères ou mettre fin au processus générique.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.9
Modèle d'une habileté de contrôle et d'adaptation



Périodiquement, on évalue (9) à quelle distance on se trouve du but suivant les critères de réussite. Si on est loin du but, on entreprend de corriger le tir de façon à augmenter les chances de succès. On peut aussi modifier les critères de réussite. Dans le premier cas, « Persévérer et ajuster le tir » est une habileté surtout affective et sociale. Nous pouvons indiquer l'appartenance à ces domaines d'habileté par les lettres A et S et l'appartenance aux autres domaines par les lettres C et P.

Ce processus générique, tout comme les autres d'ailleurs, peut être appliqué dans des champs aussi divers que la recherche (habiletés cognitives), la thérapie psychosomatique (changement des attitudes affectives), la réingénierie des organisations (habileté sociale) ou l'entraînement sportif au plongeon (habileté psychomotrice).

7.5. RELATIONS ENTRE LES HABILETÉS ORDONNANCEMENT ET SPÉCIALISATION

Les modèles des habiletés qui viennent d'être présentés montrent un ordonnancement du simple au complexe des habiletés. Une habileté de niveau plus élevé dans la structure (située plus bas sur la figure 7.3) fait

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

généralement appel à certaines habiletés qui la précèdent. Plus précisément, le processus générique décrivant une habileté contient comme sous-processus des habiletés qui la précèdent sur la liste. En voici quelques exemples :

- L'habileté de repérage-identification de niveau 2 fait appel à l'habileté d'attention de niveau 1 (figure 7.4).
- L'habileté de simulation de niveau 5 fait appel à des habiletés de niveau 3 comme l'illustration et la discrimination (figure 7.5).
- L'habileté de déduction de niveau 6 fait appel à des habiletés d'application de niveau 5 (figure 7.6).
- L'habileté de modélisation de niveau 8 fait appel à des habiletés d'application de niveau 5 et d'analyse de niveau 6 (figure 7.7).
- L'habileté d'évaluation de niveau 9 fait appel à des habiletés d'application, d'analyse et de synthèse (figure 7.8).
- L'habileté d'adaptation-contrôle de niveau 10 fait appel à des habiletés d'application, de réparation, de synthèse et d'évaluation de niveau 9 (figure 7.9).

ORDRE CROISSANT DE COMPLEXITÉ

Ces exemples confirment qu'il existe un ordre croissant de complexité entre les habiletés, du moins pour ce qui est de la première et de la deuxième couche de l'arbre des habiletés (figure 7.2). Autrement dit, nous pourrions parler des niveaux 1 à 10 comme des niveaux croissants de complexité.

Cette affirmation n'est pas évidente et a été parfois contestée dans le cas des taxonomies présentées au chapitre 6. Par exemple, les auteurs de la méthode KADS (Breuker et Van de Velde, 1994, p. 57-61) en sont venus à s'intéresser davantage à l'organisation des problèmes et des tâches d'analyse, de réparation et de synthèse, sans établir d'ordre hiérarchique entre eux. Pour établir une méthode de solution, ils préfèrent s'intéresser à des « suites de problèmes typiques » que de se limiter à une hiérarchie préétablie des problèmes de leur taxonomie.

Par contre, les auteurs des taxonomies d'objectifs éducatifs tiennent à ce que les niveaux taxonomiques soient ordonnés entre eux. Bloom (1956, p. 18) s'exprime ainsi : « Notre tentative d'ordonner les comportements éducatifs du simple au complexe est basée sur l'idée qu'un comportement simple donné peut être intégré avec d'autres comportements simples pour

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

former un comportement plus complexe. Par conséquent, on peut considérer que notre classification comprend des comportements de type A qui forment une classe, des comportements de type AB, une autre classe et des comportements de types ABC, encore une autre classe. »

On trouve une préoccupation semblable dans l'élaboration de la taxonomie du domaine affectif. « Cet ordonnancement des composantes semble décrire un processus selon lequel un certain phénomène ou une valeur passe d'un niveau de simple prise de conscience à une position lui permettant de guider ou de contrôler le comportement d'une personne » (Krathwohl *et al.*, 1964, p. 27).

Des études expérimentales sur le terrain ont tenté de vérifier cette hypothèse d'ordonnancement des niveaux taxonomiques. En faisant passer à un grand nombre d'étudiants des tests contenant des questions liées aux différents niveaux taxonomiques, on devait notamment constater un pourcentage d'échec plus grand aux niveaux supérieurs qu'aux niveaux inférieurs.

Pour ce qui est de la taxonomie du domaine cognitif, selon Martin et Briggs (1986, p. 69-71 et p. 79-81), certaines études soutiennent en partie l'hypothèse de l'ordonnancement des niveaux, plus aux premiers niveaux qu'aux niveaux plus avancés. On trouve le même genre de conclusion dans le cas de la taxonomie du domaine affectif.

Cependant, nous soupçonnons que ce résultat mitigé tient à l'imprécision de la définition des habiletés. Par exemple, certaines études notent des résultats semblables pour l'analyse, d'une part, et pour l'évaluation et la synthèse, d'autre part. Mais si l'on distingue la synthèse de l'analyse par la montée en abstraction et l'évaluation de la production-création par l'utilisation de valeurs qui sont des propriétés des connaissances, il est probable que l'on pourra maintenir l'hypothèse d'un ordre croissant de complexité.

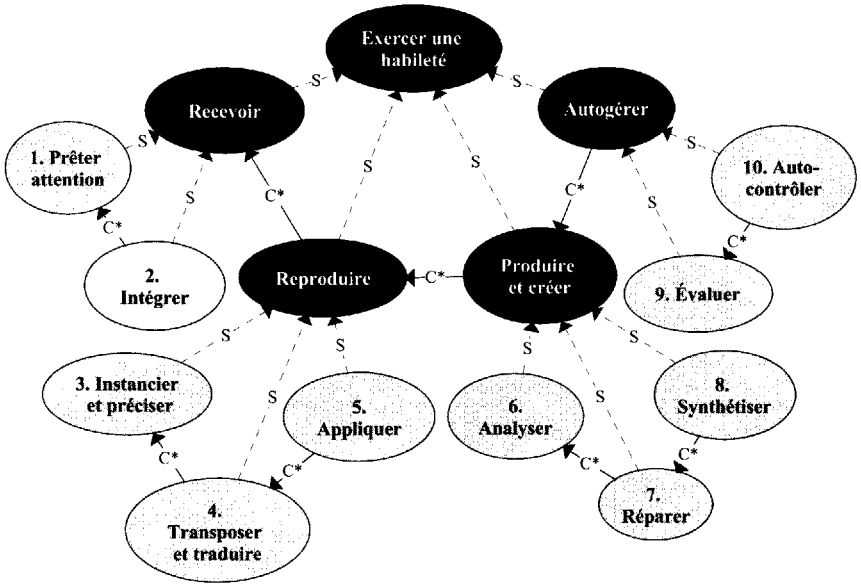
Par ailleurs, lorsqu'on descend plus profondément dans les couches de la hiérarchie, l'hypothèse d'un ordonnancement entre les habiletés devient de moins en moins plausible. Par exemple, il est difficile d'affirmer que les habiletés « Induire », « Planifier » et « Modéliser-construire » sont en ordre croissant de complexité. Nous limitons donc cette hypothèse aux quatre habiletés de la première couche et aux dix habiletés de la deuxième couche.

Le graphe de la figure 7.10 exprime cette hypothèse d'ordonnancement croissant en complexité au moyen de liens C* signifiant que le processus d'un niveau supérieur peut se composer d'un ou plusieurs processus d'un ou plusieurs niveaux inférieurs.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 7.10
La structure de base du répertoire des habiletés



SPÉCIALISATION DU RÉPERTOIRE

Sur cette base, on peut développer le répertoire des habiletés en ajoutant des couches de plus en plus spécialisées d'habiletés, comme nous avons commencé à le faire en ajoutant une troisième couche à la figure 7.3. On peut continuer à développer cette taxonomie en mentionnant d'autres habiletés dont voici quelques exemples.

Voici trois habiletés de reproduction. Les deux premières sont des cas particuliers de « instancier-préciser ». La dernière est un cas particulier de simulation.

- *Valider un principe relationnel* débute en générant d'abord un ensemble d'instances de la condition qu'on obtient en donnant des valeurs à ses attributs, couvrant si possible tous les cas, puis en vérifiant dans chaque cas si la conclusion est vraie. Par exemple, on peut valider l'énoncé suivant : « Si un animal allaite ses petits et possède des griffes, c'est un mammifère carnivore » en se donnant un jeu d'instances qui satisfont à la condition (tigre, chien, chat sauvage, etc.).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- *Délimiter un concept* consiste à générer un ensemble *d'exemples.* On obtient chaque ensemble en spécifiant les valeurs des attributs du concept qui respectent les principes le régissant. En même temps, on génère des *contre-exemples* en donnant des valeurs aux attributs qui ne respectent pas les principes. Les *presque exemples* sont particulièrement utiles pour délimiter un concept, car on les obtient en spécifiant les valeurs des attributs du concept qui respectent les principes qui le régissent, sauf dans un petit nombre de cas. Par exemple, le merle, l'épervier et le pinson sont des exemples d'oiseau, tandis que la chauve-souris est un presque exemple du concept d'oiseau et le dauphin, un presque exemple du concept de mammifère.
- *Simuler un système conceptuel* consiste à instancier certains des attributs du concept en respectant les principes (contraintes) le régissant, pour examiner les valeurs prises par d'autres attributs. Par exemple, la simulation d'un système électrique consiste à fixer certains attributs, comme l'intensité du courant (I) ou la résistance (R), et à noter les valeurs que prennent d'autres attributs, comme le voltage (V), ceux-ci devant satisfaire au principe V=RI (loi d'Ohm).

Voici deux habiletés de production-création qui sont des types particuliers de l'analyse.

- *Rétro-déduire une solution* est un cas particulier de déduction. On procède en sens inverse, de façon régressive : on part d'une instance du concept servant de but, on cherche quelles procédures (opérateurs) permettraient de l'obtenir et l'on détermine les intrants de cette procédure ; on répète ce procédé à rebours avec ces intrants jusqu'à obtenir un ensemble de faits, instance des concepts-données.
- *Superviser-gérer* consiste à utiliser un processus donné au départ, à l'instancier pour obtenir des traces d'exécution que l'on classe selon des catégories préétablies associées à des correctifs à apporter. Par exemple, la supervision d'un complexe nucléaire consiste à recueillir des valeurs représentant la trace du processus et à déterminer si le procédé est sécuritaire ou si, au contraire, il exige tel ou tel ajustement de certains paramètres du système.

Voici trois habiletés de production-création qui sont des types de synthèse et plus précisément d'induction.

- *Induire un concept* consiste à examiner un ensemble de faits similaires et à définir un concept initial dont les instances ont ces faits pour exemples. On raffine la définition du concept en faisant intervenir des contre-exemples ou de nouveaux exemples, soit des faits qui ne correspondent pas à la définition courante du concept. On

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

peut alors être amené à modifier cette définition en la spécialisant, notamment en lui ajoutant des conditions. Les presque exemples sont des contre-exemples, mais qui ne contredisent qu'un seul aspect de la définition courante du concept. Il faut alors se demander si l'on étend la définition du concept pour inclure le presque exemple à titre d'exemple, ou si on la restreint pour l'exclure. L'arrivée de nouveaux exemples du concept en cours de définition peut également amener à généraliser le concept pour « couvrir » de nouveaux cas.

- *Induire une procédure* est une habileté analogue, mais qui consiste à créer une procédure initiale pouvant produire les résultats escomptés à partir d'un certain nombre de données en intrants. Puis, en considérant de nouvelles données, on peut généraliser la procédure pour qu'elle s'applique dans un plus grand nombre de situations.
- *Induire un principe ou une loi* consiste à créer un principe relationnel qui unit (explique, résume) des attributs d'un même concept ou de plusieurs concepts, l'instanciation du principe devant résulter en des énoncés vrais, quelles que soient les valeurs des attributs.

Voici quatre variantes de l'habileté générale d'évaluation.

- *Prioriser* consiste à prendre une ou plusieurs connaissances, ou encore un ou plusieurs modèles, et à attribuer une valeur à leur utilité dans certaines situations : selon les types d'utilisateurs, les besoins d'un organisme, etc.
- *Valider* consiste à évaluer la fiabilité d'une connaissance, à lui attribuer une probabilité de vérité : la procédure produit-elle ce qu'elle doit produire ? Le concept décrit-il ce qu'il doit décrire ? Le principe s'instancie-t-il à des énoncés vrais et sinon dans quels cas?
- *Comparer-décider* consiste à comparer deux connaissances ou deux modèles en fonction de critères d'utilité, de fiabilité, de pertinence et à retenir celui qui semble y répondre le mieux.
- *Standardiser* consiste à modifier un modèle selon les résultats d'une évaluation basée sur des critères d'utilité, de simplicité, de, pertinence, de communicabilité, pour le rendre conforme à ces critères.

On peut ainsi développer le répertoire des habiletés en spécialisant de plus en plus les processus génériques pour tenir compte par exemple des types de modèles auxquels ils s'appliquent ; on peut ainsi classifier, construire ou évaluer des systèmes conceptuels, des procédures, des théories, des processus ou des méthodes. On peut aussi obtenir des variantes des processus de base selon les domaines du savoir. On ne diagnostique

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

pas de la même façon en mécanique automobile qu'en médecine. On peut aussi obtenir des variantes des processus selon qu'ils produisent ou utilisent des résultats du domaine cognitif, psychomoteur, affectif ou social. On peut enfin obtenir des variantes des processus selon le but recherché, par exemple diagnostiquer la première composante défectueuse ou toutes les composantes défectueuses.

Voici un exemple d'habiletés de plus en plus spécialisées, rattachées par des liens de spécialisation de plus en plus précis.

Produire-créer

Synthétiser

Induire

Induire une taxonomie

Induire une taxonomie à parents multiples

Induire une taxonomie à parents multiples en horticulture

À la limite, l'habileté ne concerne plus qu'un seul domaine d'application. Il n'y a alors aucun avantage à la représenter comme un processus générique et l'on construira le processus comme partie intégrante du domaine d'application.

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons construit une taxonomie intégrée des habiletés. Cette taxonomie possède les caractéristiques suivantes.

- Elle permet une représentation de chaque habileté sous la forme d'un processus ; ce processus est générique par rapport aux domaines spécifiques dans lesquels on peut l'appliquer; il est aussi générique par rapport au type de l'habileté, qu'il soit cognitif, affectif social ou psychomoteur.
- Chaque habileté peut être représentée par un modèle MOT de type processus, c'est-à-dire par un modèle qui contient une procédure principale avec ses intrants, ses produits et ses principes d'exécution, de même que des sous-procédures, chacune avec leurs intrants, leurs produits et leurs propres principes d'exécution.
- Le processus représentant une habileté peut être associé par coréférence à tout domaine spécifique d'application ; sur ce modèle, on peut indiquer par les lettres C, A, S ou P le type cognitif, affectif, social ou psychomoteur de l'habileté, selon que les produits de

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

l'habileté sont, respectivement, des constructions rationnelles, des attitudes affectives ou sociales ou, encore, des perceptions et des mouvements.

- Les habiletés sont structurées les unes par rapport aux autres en une hiérarchie qui va du général au spécifique (lien S), jusqu'à un dernier niveau qui n'est plus une habileté mais un processus propre à un domaine d'application, par exemple « Diagnostiquer le mauvais fonctionnement du système digestif d'un patient ».
- Les deux premières couches de cette hiérarchie (l'arbre de la figure 7.3) contiennent des habiletés ordonnées selon un ordre croissant de complexité. Par exemple, l'habileté générale d'autogestion contient (fait appel à) des sous-processus de création, lesquels contiennent des sous-processus de reproduction qui, finalement, contiennent des sous-processus plus simples de réception. Le même ordonnancement n'est pas nécessairement valide pour les autres couches de la hiérarchie.

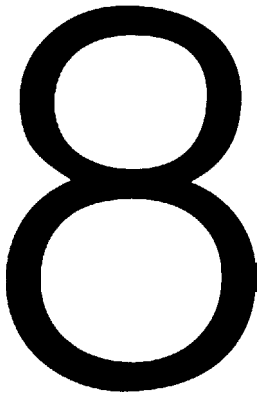
Nous sommes désormais en mesure de représenter de façon précise une compétence, au sens défini à la fin du chapitre 5, en spécifiant le domaine d'application (par un modèle MOT), l'habileté qui s'applique à ces connaissances (par un codomaine MOT), ainsi que les acteurs ou publics cibles qui gèrent cette habileté (par des principes régissant l'habileté définis au besoin par un autre codomaine MOT). L'association d'un public cible, d'une habileté et d'une ou plusieurs connaissances dans un énoncé fournit une définition précise et constructiviste de la notion de compétence.

Dans le prochain chapitre, nous examinerons certaines applications de cette approche à diverses tâches d'ingénierie pédagogique, comme la modélisation des connaissances, la scénarisation pédagogique ou la sélection des ressources pour les acteurs d'un système de téléapprentissage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre



LES COMPÉTENCES, BASE DE L'INGÉNIERIE PÉDAGOGIQUE

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

En règle générale, les dictionnaires et les profils de compétences définis par les organisations publiques et privées, dont celles présentées au chapitre 5, ont une grande utilité. Cependant, la plupart du temps, ils ne sont pas formulés de façon assez précise pour l'ingénierie pédagogique.

Dans ce qui suit, nous utiliserons la taxonomie des habiletés présentée au chapitre précédent comme base d'une méthode permettant d'associer à un profil général de compétences des énoncés standardisés fournissant une base solide pour les principaux processus de l'ingénierie pédagogique : modélisation des connaissances, scénarisation pédagogique, sélection des ressources de téléapprentissage.

8.1. INTERPRÉTER UN PROFIL DE COMPÉTENCES

Nous commençons ce chapitre en définissant une technique d'analyse et de construction d'un profil de compétences standardisé. Cette technique comporte les sous-processus suivants : déterminer le ou les acteurs cibles, définir les tâches de ces acteurs ainsi que les connaissances correspondantes et les représenter sous la forme d'un modèle des connaissances, et enfin déterminer les habiletés requises des acteurs relativement à ces connaissances, en spécifiant le type et le niveau des habiletés. Dans les sections suivantes, nous décrirons d'autres processus de traitement des compétences.

DÉTERMINER LES ACTEURS CIBLES

Pour illustrer ce processus, nous utiliserons comme exemple le profil de compétences du réalisateur multimédia présenté au chapitre 5. Ce profil vise un seul acteur et résulte de l'analyse plus générale du domaine du multimédia qu'a effectuée l'organisme Technocompétences, qui a cerné 14 acteurs principaux et autant de profils de compétences correspondants.

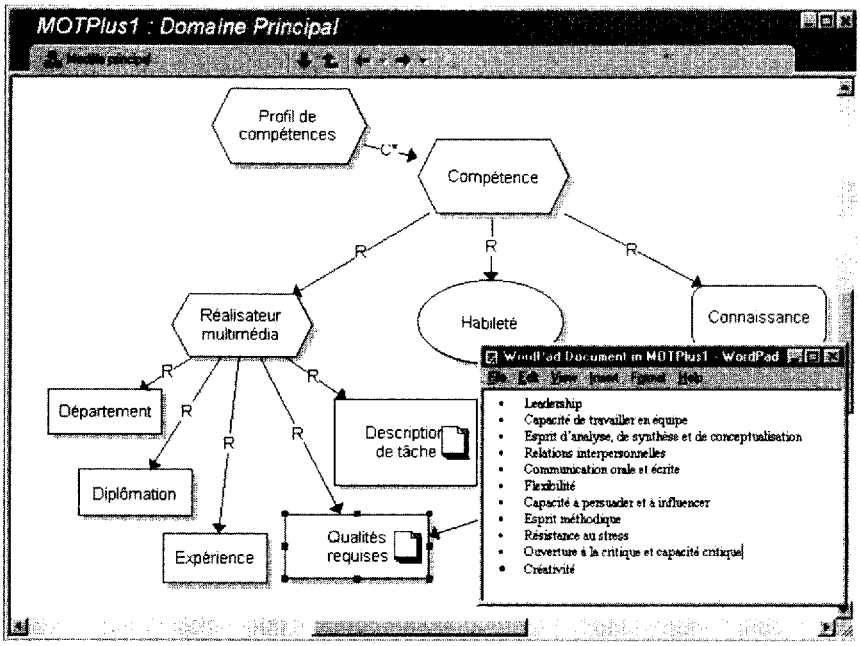
Le profil de compétences du réalisateur multimédia (tableau 5.3) regroupe une liste de tâches et de compétences de natures diverses. Nous visons à les réinterpréter suivant la même structure que celle définie à la fin du chapitre 5: le nom de l'acteur, une habileté que l'acteur doit pouvoir exercer et les connaissances auxquelles l'acteur doit pouvoir appliquer ses habiletés.

À cette première étape, il importe de définir cet acteur par un certain nombre de ses propriétés. Dans le tableau 5.3, on énonce des qualités requises qualifiées de « compétences comportementales », lesquelles sont indiquées sur la figure 8.1 comme des propriétés du réalisateur multimédia. Ces qualités ne sont pas des compétences, car leur définition est

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.1
Définition d'un acteur : qualités requises



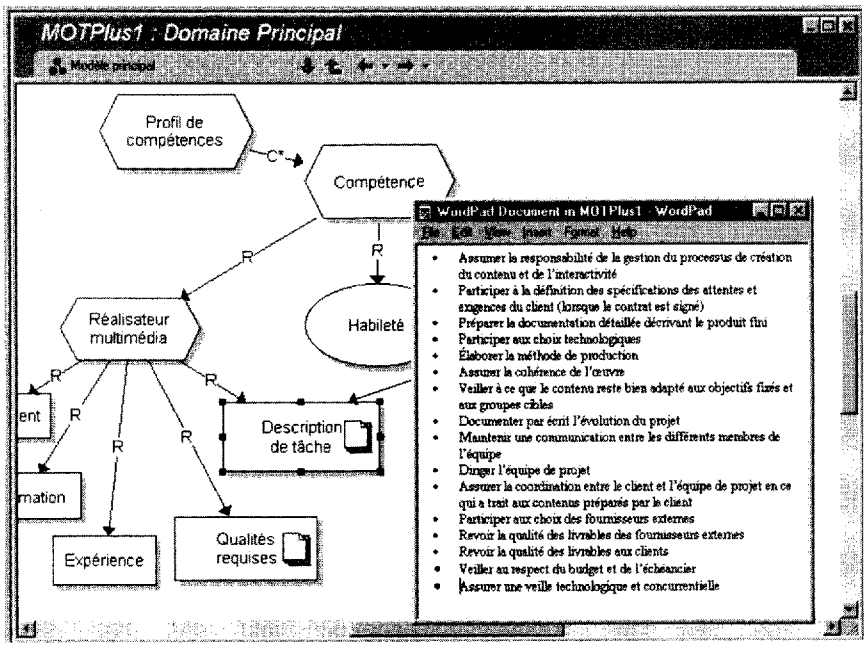
trop imprécise, mais elles constituent un intrant permettant de décrire les compétences, en particulier les habiletés attendues de l'acteur. La description de tâche est aussi un intrant très important. Les autres propriétés de l'acteur sont moins importantes, mais peuvent aider à cibler les compétences requises.

La description de tâche présentée à la figure 8.2 est la plus déterminante pour l'établissement ou l'analyse d'un profil de compétences. Ces éléments de la tâche ne sont pas des énoncés de compétence, mais des descriptions qui délimitent les connaissances du domaine. Par exemple, l'énoncé « Assumer la responsabilité de la gestion du processus de création du contenu et de l'interactivité » ne contient aucune habileté. Il décrit un rôle, un processus dans lequel l'acteur sera impliqué. Il en est de même de « Documenter par écrit l'évolution du projet», de « Revoir la qualité des livrables aux clients » et de tous les autres énoncés de cette description de tâche.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.2
Définition d'un acteur : description de tâche



MODÉLISER LES TÂCHES ET LES CONNAISSANCES

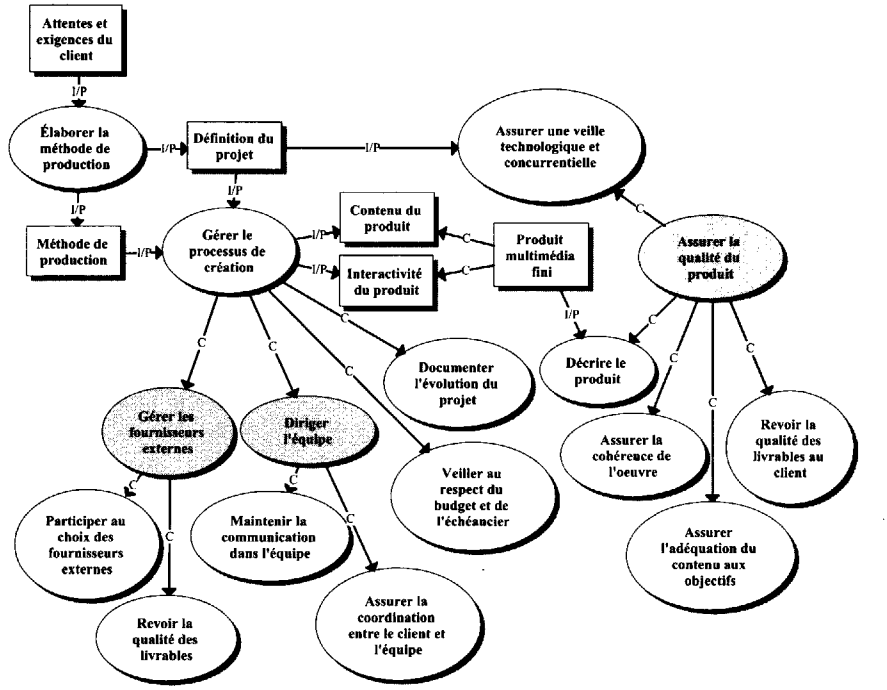
À partir principalement de la description de tâche, mais en utilisant aussi les autres propriétés qui définissent l'acteur, on peut entreprendre de modéliser les connaissances qu'on attend de lui. Dans la représentation des connaissances MOT, les tâches sont représentées par des connaissances de type procédural. Nous devons aussi distinguer les autres types de connaissances intervenant dans la description de tâche de l'acteur. Celles-ci fourniront une base, un ancrage où greffer les habiletés et les compétences attendues de l'acteur.

La figure 8.3 présente un modèle des connaissances partiel qui correspond à la définition des tâches de la figure 8.2. Ce modèle est surtout procédural, mais il pourrait être complété en ajoutant des concepts et des principes requis pour l'exercice des tâches. En ajoutant certaines procédures (en gris) regroupant des tâches, nous faisons ressortir trois fonctions ou processus principaux qui doivent être gérés par le réalisateur média : l'élaboration de la méthode de production, la gestion du processus de création-production et l'assurance de la qualité du produit.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.3
Un modèle des tâches du réalisateur multimédia



DÉTERMINER LES HABILETÉS REQUISES: TYPE ET NIVEAU

Nous pouvons maintenant décrire diverses habiletés qui seront associées à ce modèle des tâches et des connaissances, en tenant compte des qualités requises de l'acteur réalisateur multimédia, (figure 8.1). Cette analyse révèle d'abord que :

a) l'élaboration de la méthode de production demande principalement des habiletés cognitives de création, «esprit d'analyse, de synthèse et de conceptualisation » et « créativité », qui s'exercent sur des connaissances en multimédia, résultant notamment d'une veille technologique et concurrentielle ;

b) la gestion du processus de création-production demande des habiletés cognitives d'autogestion telles qu'un « esprit méthodique », des habiletés affectives comme la « résistance au stress » et la « flexibilité » et surtout des habiletés sociales : « leadership, capacité de travail en équipe, relations interpersonnelles, persuasion, ouverture à la critique »;

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

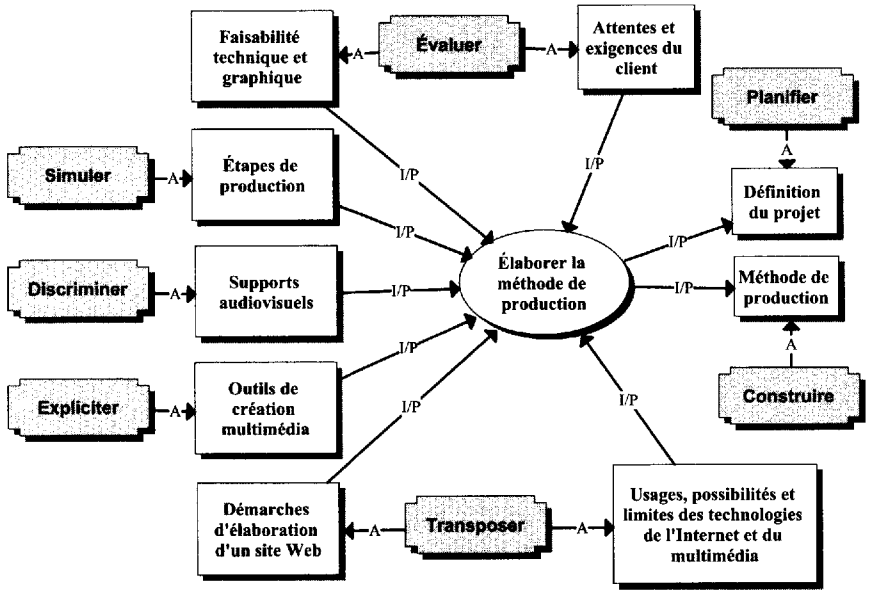
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

c) *l'assurance de la qualité du produit fini* fait surtout appel à des habiletés cognitives, «capacité critique, esprit méthodique ».

Nous savons maintenant de quel type d'habiletés il s'agit : cognitives en (a) et (c) ; cognitives, affectives et sociales en (b). Nous connaissons également leur niveau général dans la taxonomie des habiletés présentée au chapitre 7, du moins au premier niveau de la taxonomie des habiletés habiletés de création-production en (a), d'autogestion en (b) et (c) ; ainsi qu'au deuxième niveau : analyse et synthèse en (a), autocontrôle en (b) et évaluation en (c).

Il nous reste à préciser ces habiletés générales, de même que leur contexte ou leur usage, pour obtenir des énoncés plus précis des compétences. Pour ce faire, il suffit d'élaborer davantage le modèle des connaissances de la figure 8.3 pour faire apparaître divers concepts, procédures et principes auxquels des habiletés pourront être associées. La figure 8.4 est un sous-modèle des connaissances de la figure 8.3 qui présente les connaissances requises pour la première des trois tâches principales, « Élaborer la méthode de production ».

Figure 8.4
Sous-modèle des connaissances et habiletés associées



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La tâche centrale de ce modèle est de produire une méthode de production et une définition du projet à partir des attentes et des exigences du client. Elle nécessite de la part d'un réalisateur multimédia l'utilisation de connaissances sur la faisabilité technique et graphique du projet défini par les attentes du client, sur les étapes de production d'un projet multimédia, sur les supports audiovisuels possibles, sur les outils de création multimédia sur PC, Mac et Unix, sur différentes approches de construction d'un site Web et, enfin, sur les usages, les possibilités et les limites des technologies de l'Internet et du multimédia.

À chacune de ces connaissances nous pouvons associer une habileté appropriée à la tâche centrale du modèle. Ces habiletés sont choisies parmi celles présentées au chapitre 7 (figure 7.3). Par exemple, pour la méthode de production, « construire » est une habileté appropriée, pour la définition du projet, « planifier », pour les approches et les usages, « transposer ». En ce qui concerne les supports audiovisuels et les outils de création, il suffit au réalisateur d'exercer des habiletés telles que « discriminer » et « expliciter » car ce n'est pas lui qui produit le multimédia. Dans d'autres cas, il doit pouvoir aller plus loin, soit « simuler » des étapes de production pour valider sa méthode et « évaluer » la faisabilité technique et graphique du projet.

EXEMPLE D'INTERPRÉTATION

Le tableau 8.1 présente les compétences formulées initialement (tableau 5.3), la reformulation qui résulte de la discussion qui précède et la décomposition de chacune des compétences en fonction du modèle des connaissances et de la taxonomie des habiletés.

On note la différence entre les deux premières colonnes. Les énoncés de la première colonne débutent par des mots comme « capacité » et « connaissance », ce qui nous indique que l'on n'énonce pas toujours des compétences. En fait, la plupart des énoncés ne mentionnent que des connaissances sans préciser l'habileté à exercer. De plus, certaines connaissances importantes, notamment les produits attendus de la tâche centrale « Élaborer la méthode de production », ne font l'objet d'aucun énoncé.

La deuxième colonne, au contraire, ne contient que des énoncés de compétence. Elle débute toujours par une habileté choisie dans la taxonomie des habiletés, ce qui permettra au besoin de représenter l'habileté de façon précise par un modèle de processus générique comme ceux du chapitre 7. Pour certaines habiletés, on précise également le contexte d'application, comme pour «Simuler sommairement» ou « Discriminer entre les propriétés ». Enfin, chaque habileté vise une des connaissances du modèle de la figure 8.4, ce qui définit encore plus précisément son

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 8.1

Interprétation d'énoncés de compétence pour un réalisateur multimédia

Énoncé d'une compétence		Interprétation				
Énoncé initial	**Reformulation**	**Acteur**	**Habileté**	**Type**	**Habileté de 2e couche**	**Connaissance**
Inexistant	Construire une méthode de production.	Réalisateur MM	Construire	C	8. Synthétiser	Méthode de production
Inexistant	Planifier la définition d'un projet.	Réalisateur MM	Planifier	C	8. Synthétiser	Définition d'un projet
Capacité à évaluer la faisabilité technique et graphique	Évaluer la faisabilité technique et graphique d'un projet.	Réalisateur MM	Évaluer	C	9. Évaluer	Faisabilité technique et graphique d'un projet
Connaissance de chacune des étapes de production	Simuler sommairement chacune des étapes de production.	Réalisateur MM	Simuler sommairement	C	5. Appliquer	Étapes de production
Connaissance des supports audiovisuels	Discriminer entre les propriétés des différents supports audiovisuels.	Réalisateur MM	Discriminer entre des propriétés	C	3. Instancier-préciser	Supports audiovisuels
Connaissance des usages des technologies de l'Internet et du multimédia, de leurs possibilités et de leurs limites	Transposer au projet les usages, les possibilités et les limites des technologiesde l'Internet et du multimédia.	Réalisateur MM	Transposer	C	4. Transposer	Usages, possibilités et limites des technologies de l'Internet et du multimédia
Connaissance sommaire des outils de création pour le multimédia dans des environnements techniques (PC, Mac, Unix)	Expliciter les principales propriétés des outils de création multimédia dans des environnements PC, Mac ou Unix	Réalisateur MM	Expliciter les principales propriétés	C	3. Instancier-préciser	Outils de création multimédia dans des environnements PC, Mac ou Unix.
Connaissance des approches utilisées pour développer, intégrer et implanter un site Web	Transposer au projet, de façon utile, une approche pour développer, intégrer et implanter un site Web.	Réalisateur MM	Transposer de façon utile	C	4. Transposer	Approche pour développer, intégrer et implanter un site Web

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

contexte d'application, en précisant les connaissances qui lui sont rattachées. L'énoncé complet des compétences devrait débuter par « Le réalisateur multimédia pourra... », mais nous avons omis ici d'identifier l'acteur. Il en aurait été autrement si les compétences avaient visé plus d'un acteur.

Les cinq dernières colonnes du tableau 8.1 fournissent l'interprétation standard des énoncés de compétence de la deuxième colonne, soit l'acteur concerné, l'habileté, le domaine de l'habileté (cognitif, affectif, social ou psychomoteur), l'habileté de la deuxième couche à laquelle elle se rattache, précédée de son niveau de complexité, et la ou les connaissances auxquelles l'habileté s'applique. L'interprétation standard permet d'oublier les détails de l'énoncé pour se concentrer sur ses propriétés importantes, réutilisables en ingénierie pédagogique. Pour ce qui est de l'habileté de la deuxième couche, cette donnée peut être importante, puisque cette couche est la dernière où les habiletés peuvent être ordonnées par niveau croissant de complexité (de 1 à 10).

Pour ce qui est du type, toutes les habiletés du tableau 8.1 sont cognitives (C), ce qui n'est pas toujours le cas. Le tableau 8.2 présente une interprétation standardisée de certaines des compétences pour la tâche «Gérer le processus de création », laquelle fait appel à des habiletés cognitives, affectives et sociales[1].

L'interprétation d'un profil de compétences ne vise pas à modifier les énoncés de compétence établis dans une organisation, mais à les interpréter de façon utile à l'ingénierie pédagogique. On pourra donc conserver les énoncés initiaux, mais en les décomposant de façon standardisée.

8.2. BESOIN D'APPRENTISSAGE ET MODÉLISATION D'UN DOMAINE

Nous allons maintenant illustrer une démarche permettant de guider la modélisation des connaissances d'un domaine, et donc de définir le contenu d'un système d'apprentissage. Pour ce faire, nous devons recourir au concept de *besoin d'apprentissage.*

1. Voir aussi le modèle d'une habileté de contrôle et d'adaptation (figure 7.8) au chapitre précédent.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 8.2

Interprétation d'énoncés de compétence pour un acteur réalisateur multimédia

Énoncé d'une compétence	Interprétation					
Énoncé initial	**Reformulation**	**Acteur**	**Habileté**	**Type**	**Habileté parent**	**Connaissance**
Capacité à canaliser la créativité des membres de l'équipe	Influencer la créativité des membres de l'équipe	Réalisateur MM	Influencer	C, S	10. Autocontrôler	Créativité des membres de l'équipe
Capacité à prendre des décisions	Réparer la définition du projet ou la méthode de production	Réalisateur MM	Réparer	C	7. Réparer	Définition du projet ou de la méthode de production
Capacité à diriger des ressources multidisciplinaires dans un contexte de production	Évaluer les progrès des travaux des membres de l'équipe dans la méthode de production	Réalisateur MM	Évaluer	C, A	9. Évaluer	Travaux des membres de l'équipe dans la méthode de production

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

BESOIN D'APPRENTISSAGE

La définition des besoins d'apprentissage[2] d'un apprenant ou d'un groupe d'apprenants par rapport aux connaissances d'un domaine est un élément important des phases initiales d'analyse et de conception d'un système d'apprentissage. Il s'agit là d'un concept générique applicable dans tous les domaines de connaissances. Ce concept repose sur l'évaluation de l'écart de performance entre la compétence actuelle d'un acteur (apprenant ou groupe) et la compétence visée à la fin de l'apprentissage.

La compétence visée est celle que l'on retrouve dans un profil de compétences comme celui discuté à la section précédente. Ainsi, si l'on voulait proposer un plan de formation à une personne désireuse de devenir réalisateur multimédia, il faudrait évaluer l'écart entre ses compétences actuelles et les compétences définissant le profil type d'un réalisateur multimédia.

Pour évaluer cet écart, il faut disposer d'une échelle de performance qui indique le niveau de la compétence à évaluer. Cette échelle permet d'associer à chaque compétence d'un acteur (habileté + connaissance) une valeur entre 0 et 10 classée selon quatre niveaux : sensibilisation (de 0 à 2,5), familiarisation (de 2,5 à 5), maîtrise (de 5 à 7,5) et expertise (de 7,5 à 10).

La figure 8.5 illustre une évaluation des écarts de performance pour les compétences d'un public cible donné, par exemple un réalisateur multimédia. La compétence A, « Construire une méthode de production », présente un écart assez important (environ 4,2), puisque le réalisateur multimédia doit maîtriser cette compétence (valeur 5,8), alors que les personnes pour lesquelles on prépare une formation ont atteint un niveau moyen de simple sensibilisation (valeur 1,6) à cette compétence. Par contre, la compétence B, « Discriminer entre les propriétés des supports audiovisuels», présente un écart d'environ 1.6, ce qui représente un simple passage d'un niveau de familiarisation à un autre.

DÉTERMINATION DES NIVEAUX DE PROGRESSION D'UNE COMPÉTENCE

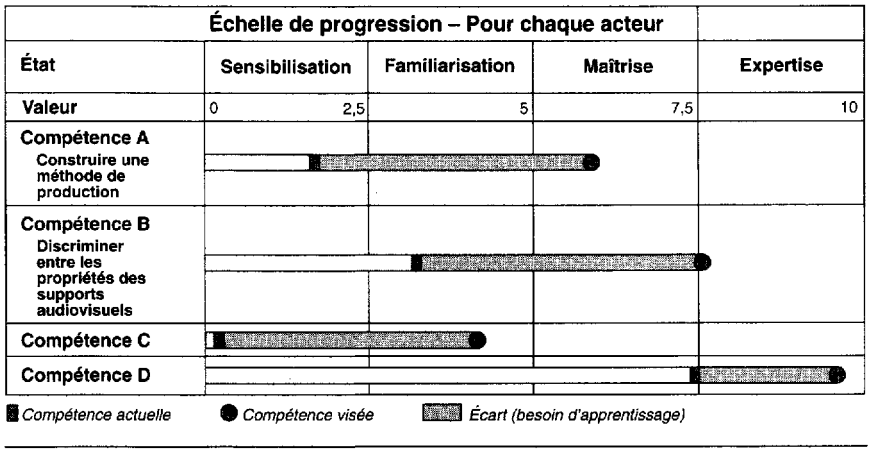
La détermination du niveau de la compétence visée dépend de l'importance que l'on accorde à cette compétence (habileté + connaissances) dans les rôles que l'acteur est censé joué. La compétence actuelle est déterminée en fonction du niveau moyen du public cible de la formation. Au moment de l'ingénierie pédagogique, on ne peut que spécifier la

2. Ce métaconcept a été intégré dans l'atelier de génie didactique (AGD) (Paquette, Aubin et Crevier, 1994) et dans la méthode MISA (Paquette, Crevier et Aubin, 1997).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.5
Écarts de performance des compétences d'un acteur (réalisateur multimédia)



compétence actuelle moyenne[3] du public cible de la formation, car on ne connaît pas nécessairement les compétences actuelles de chaque apprenant. On pourra cependant viser plus d'un public cible, par exemple des réalisateurs débutants et des réalisateurs expérimentés, en production télévisuelle plutôt qu'en multimédia. Les écarts de performance (les besoins d'apprentissage) pourront être très différents d'un public cible à l'autre, ce qui orientera des choix différents d'activités d'apprentissage.

Une façon de déterminer le niveau de performance d'une compétence (visée ou actuelle) consiste à préciser l'habileté en lui associant des critères de performance, lesquels peuvent être définis selon que l'habileté s'exerce sur la connaissance :

- de façon persistante ou épisodique ;
- de façon dirigée (par un agent extérieur) ou autonome ;
- de façon globale ou partielle;
- dans des situations simples ou complexes ;
- dans des situations familières ou nouvelles.

3. Par contre, au moment de la formation, les compétences actuelles de chaque apprenant pourront être évaluées par des tests, la résolution de problèmes, des entrevues ou tout autre moyen d'évaluation des compétences. L'écart entre la compétence actuelle et la compétence visée permettra de recommander telle unité d'apprentissage plutôt que telle autre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ces propriétés de l'habileté permettent de situer le niveau de performance de la façon suivante :

- *Niveau de sensibilisation. Au* départ, l'habileté n'a jamais été exercée sur les connaissances. *Au* niveau de la sensibilisation, l'acteur peut exercer l'habileté, mais uniquement d'une façon dirigée, partielle et épisodique, dans des situations simples et familières.
- *Niveau de familiarisation. À* ce niveau, l'acteur peut exercer l'habileté d'une façon de plus en plus persistante et autonome, mais partielle, dans des situations simples et familières.
- *Niveau de maîtrise. À* ce niveau, en plus d'exercer l'habileté de façon persistante et autonome, l'acteur peut le faire d'une façon de plus en plus autonome et globale, dans des situations de complexité moyenne, mais qui sont familières.
- *Niveau d'expertise. À* ce niveau, en plus d'exercer l'habileté de façon persistante, globale et autonome, l'acteur peut le faire dans un ensemble de situations qui peuvent être très complexes et complètement nouvelles.

Le tableau 8.3 résume ces définitions.

Tableau 8.3
Progression dans la performance de l'exercice d'une compétence

Critère de performance	Sensibilisation 0,0-2,5	Familiarisation 2,5-5,0	Maîtrise 5,0-7,5	Expertise 7,5-10,0
De façon épisodique ou persistante	Épisodique	**Persistante**	Persistante	Persistante
De façon dirigée ou autonome	Dirigée	**Autonome**	Autonome	Autonome
De façon partielle ou globale	Partielle	Partielle	**Globale**	Globale
Situations simples ou complexes	Simple	Simple	**Moyenne**	**Complexe**
Situations familières ou nouvelles	Familière	Familière	Familière	**Nouvelle**

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

GUIDER LA MODÉLISATION DES CONNAISSANCES

Une des stratégies proposées en science de l'éducation est le *concept mapping.* Au chapitre 2, nous avons généralisé cette stratégie à la modélisation des connaissances, élément central de notre méthode d'ingénierie pédagogique. Cette stratégie peut aussi être utilisée par le formateur pour présenter aux apprenants une vue synthétique préliminaire des concepts d'un domaine d'apprentissage ou par l'apprenant lui-même pour construire une représentation structurée des connaissances qu'il acquiert en travaillant dans un domaine.

Quel que soit l'usage que l'on fait de la modélisation des connaissances, celle-ci doit être orientée car, de lien en lien entre connaissances, on pourrait en arriver à modéliser l'univers. Or, dans chaque application, nous sommes toujours intéressés à mettre l'accent uniquement sur les connaissances et sur les habiletés utiles à un apprentissage donné.

C'est dans cette perspective qu'on a recours à la technique de modélisation présentée au chapitre 4, dans laquelle l'attribution d'habiletés aux connaissances, et donc la définition des compétences, joue un rôle central. Nous mettons ici en évidence les principaux principes de guidage de la modélisation qui font appel à la notion de compétence.

Selon la technique de modélisation des connaissances, dans un modèle principal et ses sous-modèles on doit repérer les connaissances principales et leur associer des habiletés, et définir ainsi les compétences visées pour chaque public cible du modèle. Voici quelques *principes de sélection des habiletés* à associer à une connaissance donnée, en utilisant les définitions des habiletés de la taxonomie présentés à la figure 7.3.

- Si la connaissance est fondamentale pour l'acteur (ou le public cible) et si celui-ci doit atteindre un niveau avancé d'acquisition des connaissances pour pouvoir conseiller ou diriger d'autres personnes, le niveau d'habileté devrait être élevé : 7- Réparer, 8- Synthétiser, 9- Évaluer ou 10- Autocontrôler.
- Si la connaissance est importante pour l'acteur et lui demande une grande autonomie, le niveau d'habileté devrait être assez élevé 5- Appliquer-utiliser, 6- Analyser, 7- Réparer, 8- Synthétiser.
- Si la connaissance est utile pour l'acteur qui aura à en faire une utilisation régulière, le niveau d'habileté devrait être moyen : 3- Instancier, 4- Transposer, 5- Appliquer ou 6- Analyser.
- Si la connaissance est parfois utile pour l'acteur, qui n'a à en retenir que les grandes lignes, le niveau d'habileté peut être faible : 1- Prêter attention, 2- Intégrer ou 3- Instancier.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans l'exemple du réalisateur multimédia, nous avons fait le choix d'un niveau élevé d'habileté pour les connaissances « méthode de production », « définition d'un projet » et « faisabilité technique et graphique d'un projet » ; d'un niveau assez élevé pour la connaissance «étapes de production » ; et d'un niveau moyen pour les connaissances «étapes de production », « supports audiovisuels », « usages, possibilités et limites des technologies », « outils de création et « approches pour développer, intégrer et implanter un site Web » (voir tableau 8.1).

La technique de modélisation comporte des *principes de sélection du type de modèles* qui permettent de choisir un type de modèles pour le modèle principal, puis pour chacun des sous-modèles. Les principes suivants font ressortir le rôle de la compétence visée dans le choix des types de modèles.

- Si la compétence visée se limite à la sensibilisation, il est utile de privilégier un point de vue conceptuel pour décrire ce que sont les objets du domaine.
- Si la compétence visée est la familiarisation avec un sujet, il faudra souvent privilégier un point de vue procédural, et mettre l'accent sur les savoir-faire et sur l'accomplissement de tâches permettant de manipuler les objets du domaine.
- Si la compétence visée est l'acquisition d'une maîtrise ou d'une expertise dans un domaine, il faudra adopter un point de vue prescriptif ou stratégique. Les modèles prescriptifs décrivent, en général, des connaissances du domaine (arbres de décision, théories, méthodes) qui demandent de la créativité ou une grande faculté d'adaptation ou de jugement.

Dans l'exemple du réalisateur multimédia, la compétence visée « Construire une méthode de production » se situe au niveau de la maîtrise (voir figure 8.5). Le principe précédent nous indique que le sous-modèle du modèle de la figure 8.4, qui décrit la connaissance « méthode de production », devrait contenir une définition des processus et de leurs principes de fonctionnement, ce qui est d'ailleurs le propre d'une méthode.

La technique de modélisation prévoit également un guidage de la modélisation à l'aide de *principes d'élaboration du modèle.* Ceux-ci permettent de développer le modèle par niveaux en tenant compte du besoin d'apprentissage, soit l'écart pour une compétence entre le niveau de progression actuel et celui visé. Voici quelques-uns de ces principes :

- Une connaissance pour laquelle le besoin d'apprentissage est grand demandera qu'on l'explicite en indiquant plusieurs de ses composantes, de ses intrants, de ses principes régulateurs, etc.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Au contraire, si le besoin d'apprentissage est très faible pour une connaissance, celle-ci devrait être retirée du modèle, sauf si elle sert à préciser les connaissances qui l'entourent.
- Le développement du modèle peut se terminer lorsque la plupart des connaissances présentant un écart important à combler ont été explicitées par des sous-modèles et que les nouvelles connaissances présentent un écart de compétence faible.

Finalement, la technique de modélisation du chapitre 8 fait appel à des *principes d'équilibre entre les types de connaissances* pour s'assurer que le dosage entre faits, concepts, procédures et principes correspond bien aux compétences visées et aux besoins d'apprentissage.

- Si la compétence visée pour une connaissance principale d'un sous-modèle est une simple sensibilisation, le modèle doit contenir surtout des faits et des concepts.
- Si la compétence visée pour une connaissance principale d'un sous-modèle est du niveau de la familiarisation, le modèle doit contenir surtout des concepts et des procédures.
- Si la compétence visée pour une connaissance principale d'un sous-modèle est du niveau de la maîtrise, le modèle doit contenir un bon équilibre entre les concepts, les procédures et les principes.
- Si la compétence visée pour une connaissance principale d'un sous-modèle est l'expertise, on doit mettre *encore plus* d'accent sur les principes que dans le cas précédent; et plus si le besoin d'apprentissage est faible que s'il est important, car dans ce dernier cas il faut conserver un bon équilibre entre les concepts et les procédures.

ÉVALUATION DES COMPÉTENCES

Nous avons souligné plus haut qu'au moment de la conception d'un modèle des connaissances, et plus généralement d'un système d'apprentissage, le concepteur ne peut évaluer précisément la compétence actuelle des personnes qui utiliseront le modèle, mais uniquement estimer une compétence actuelle d'un public cible auquel le modèle ou le système est destiné.

Toutefois, lorsqu'une personne doit choisir une formation ou commencer un cours, on peut se servir des concepts qui précèdent pour évaluer la compétence actuelle de cette personne dans une ou plusieurs des compétences visées.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

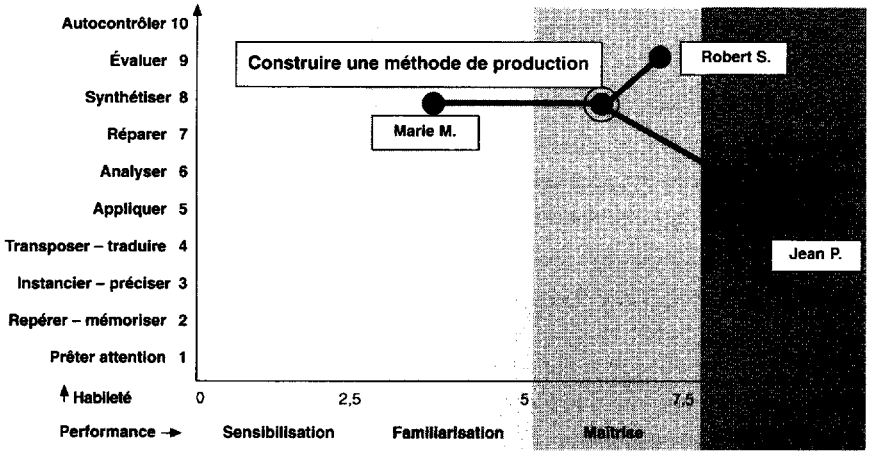
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La figure 8.6 situe une des compétences du réalisateur multimédia présentées à la figure 8.5, « Construire une méthode de production », par rapport à une double échelle. En ordonnée, on trouve la taxonomie des habiletés et en abscisse, l'échelle de performance de la figure 8.5. L'habileté étant de niveau 8- Synthétiser et la performance visée de niveau maîtrise (évaluée à 6,5), on peut situer la compétence visée sur la grille.

À l'aide de critères comme ceux définis dans le tableau 8.3, on peut créer des questionnaires, des tâches à accomplir ou tout autre moyen permettant de vérifier le niveau d'habileté et la performance actuelle d'une personne dans la connaissance « Méthode de production ». En fonction des résultats de cette évaluation, on pourra évaluer la compétence actuelle de ces personnes et l'écart à combler pour atteindre la compétence visée. Sur la figure 8.5, nous avons indiqué, au moyen d'un bâtonnet, ces écarts pour trois personnes ayant subi l'évaluation.

- Marie M. a témoigné de son habileté à construire une méthode de production de façon persistante mais partielle, à l'aide d'indices et dans des situations simples et familières. Elle est donc au niveau de la familiarisation et les résultats du test la situent à 3,5.

Figure 8.6
Compétence actuelle de trois personnes dans une compétence visée de niveau maîtrise



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Jean P. ne peut démontrer qu'il a cette habileté, mais il est parfaitement capable de simuler le déroulement d'une méthode de production qu'on lui donne. Il peut exercer l'habileté 5- Appliquer à un niveau expert évalué à 9,0
- Robert S. a démontré qu'il peut non seulement construire une méthode, mais aussi en évaluer les qualités et les impacts de façon persistante, globale et autonome. Il peut donc exercer une habileté de niveau 9- Évaluation à un niveau de maîtrise évalué à 7,0. Il a donc dépassé la compétence visée et n'a pas besoin de formation à cet égard.

8.3. CONSTRUIRE LE SCÉNARIO PÉDAGOGIQUE

La méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA)[4] permet notamment de construire un réseau d'événements d'apprentissage dont les plus petites composantes sont appelées «unités d'apprentissage (UA) ». La principale tâche de l'élaboration du devis pédagogique consiste à construire un scénario pédagogique qui décrit les activités d'apprentissage et d'assistance, les ressources nécessaires à leur réalisation ou résultant des activités et des principes décrivant l'enchaînement des activités. Un scénario pédagogique comporte deux volets : le scénario d'apprentissage, qui regroupe les activités et les ressources de l'apprenant, et le scénario d'assistance, qui réunit les activités et les ressources des facilitateurs.

Dans cette section, nous décrivons une démarche permettant de construire ces deux volets du scénario pédagogique d'une unité d'apprentissage (UA) à partir d'une compétence associée à une connaissance principale de l'UA.

DÉFINIR UNE CONNAISSANCE ET UNE HABILETÉ PRINCIPALES

La première étape consiste à examiner le modèle des connaissances associé à l'UA et à repérer une connaissance principale. Si ce n'est déjà fait, on associe ensuite à cette connaissance une habileté, pour définir ainsi une compétence principale qui orientera la construction du scénario pédagogique.

4. Au chapitre 9, nous présentons un modèle de cette méthode. Le lecteur pourra aussi consulter l'ouvrage de l'auteur, *L'ingénierie pédagogique - pour construire l'apprentissage en réseau*, chez le même éditeur ou un des articles de la bibliographie.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Supposons que l'on désire construire une unité d'apprentissage destinée aux réalisateurs de multimédia. À la connaissance principale « Méthode de production » apparaissant à la figure 8.4 on pourrait associer une ou plusieurs compétences, par exemple « Construire une méthode de production » ou encore « Simuler une méthode de production ». On conviendra que les scénarios pédagogiques visant à atteindre ces deux compétences seraient très différents. On pourrait ainsi produire plusieurs unités d'apprentissage destinées à un même public cible ou à des publics cibles différents, associées chacune à des modèles des connaissances ne différant que par la compétence retenue comme principale.

REPRÉSENTER LE PROCESSUS GÉNÉRIQUE D'UNE HABILETÉ

Une fois que l'on a défini la compétence principale qui sera l'objectif d'apprentissage de l'UA, on construit un processus générique représentant une habileté. Si l'on dispose d'un répertoire de processus génériques, comme celui que nous avons présenté partiellement au chapitre 7, on peut importer un des processus et l'adapter à ses besoins.

À titre d'exemple, si nous construisons une unité d'apprentissage visant la compétence « Simuler une méthode de production », nous aurons besoin d'un processus générique représentant l'habileté « Simuler ». Ce processus est représenté à la figure 7.5.

TRANSPOSER LE PROCESSUS SOUS LA FORME D'ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE

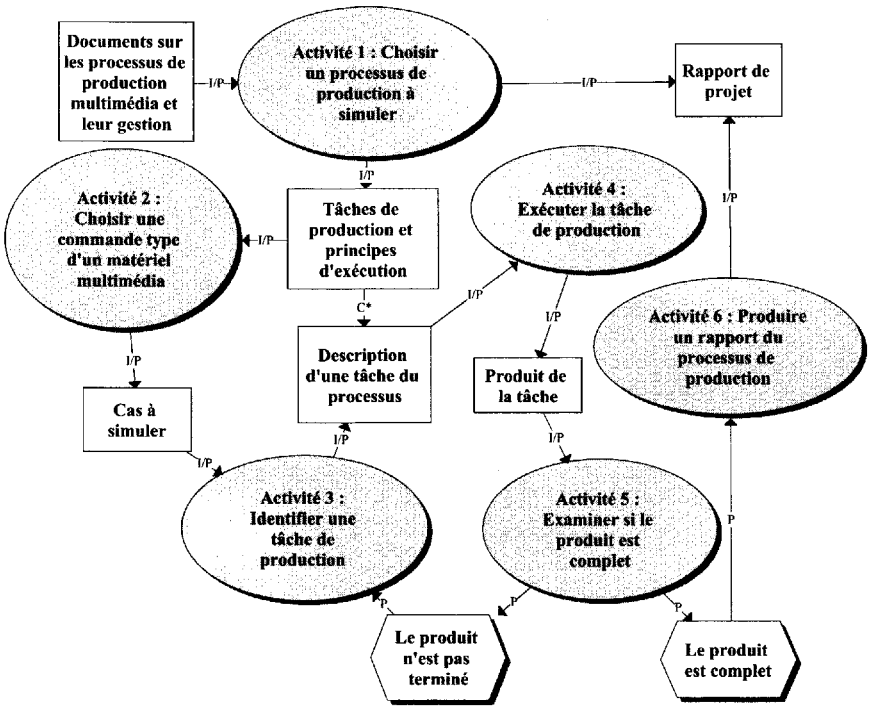
Il s'agit maintenant de transposer sous la forme d'activités d'apprentissage le processus générique représentant la partie habileté de la compétence principale. La figure 8.7 présente la structure d'un scénario d'apprentissage basé sur le processus générique de simulation (figure 7.5).

Nous construisons donc un graphe qui correspond au processus générique de simulation d'un processus, mais en l'« habillant » de consignes de réalisation d'une activité, en utilisant le vocabulaire du domaine d'application, ici une méthode de productions. Le tableau 8.4 montre la correspondance entre ce scénario et le processus de la figure 7.5.

5. De façon analogue, on pourrait construire un scénario d'apprentissage semblable pour simuler un autre processus, par exemple la recherche d'informations dans l'Internet.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.7
Un scénario d'apprentissage pour la simulation d'un processus



Évidemment, ce scénario n'est pas complet. On pourrait y ajouter d'autres ressources que des documents sur les processus multimédias, par exemple des outils de communication pour le travail en équipe, une foire aux questions sur la façon de rédiger un rapport de production ou encore un test d'autoévaluation dans les activités.

L'important, c'est de constater que le processus générique de simulation d'un processus devient la structure de base des activités. De cette façon, nous nous assurons que les activités permettront à l'apprenant d'exercer la bonne habileté, c'est-à-dire celle qui a été retenue comme compétence principale, et de s'intéresser en même temps aux connaissances spécifiques du domaine, dans notre exemple les méthodes de production multimédia. Ce type de scénarios d'apprentissage permet de construire à la fois des connaissances spécifiques d'un domaine donné et des métaconnaissances (un processus générique) qui peuvent s'appliquer au domaine.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 8.4
Scénario et processus générique sous-jacent

Activité dans le scénario	Correspondance dans le processus générique
Activité 1 : Choisir un processus de production à simuler.	Décrire le processus à simuler (concept générique).
Activité 2 : Choisir une commande type de production d'un matériel multimédia.	Produire les intrants du processus à simuler (procédure générique).
Activité 3 : Définir une tâche de production.	Déterminer la prochaine procédure applicable (procédure générique).
Activité 4 : Exécuter la tâche de production.	Exécuter la procédure en tenant compte des principes qui la régissent (procédure générique).
Activité 5 : Examiner si le produit est final.	Déterminer s'il y a d'autres procédures à exécuter (principe de décision générique).
Activité 6 : Produire un rapport du processus de production.	Assembler la trace d'exécution (procédure générique).

TRANSPOSER LES PRINCIPES SOUS LA FORME D'INTERVENTIONS D'ASSISTANCE

On peut compléter le scénario d'apprentissage en lui ajoutant un scénario d'assistance. Celui-ci se compose d'activités d'assistance réalisées par d'autres acteurs que l'apprenant, dont les produits servent d'intrants aux activités d'apprentissage.

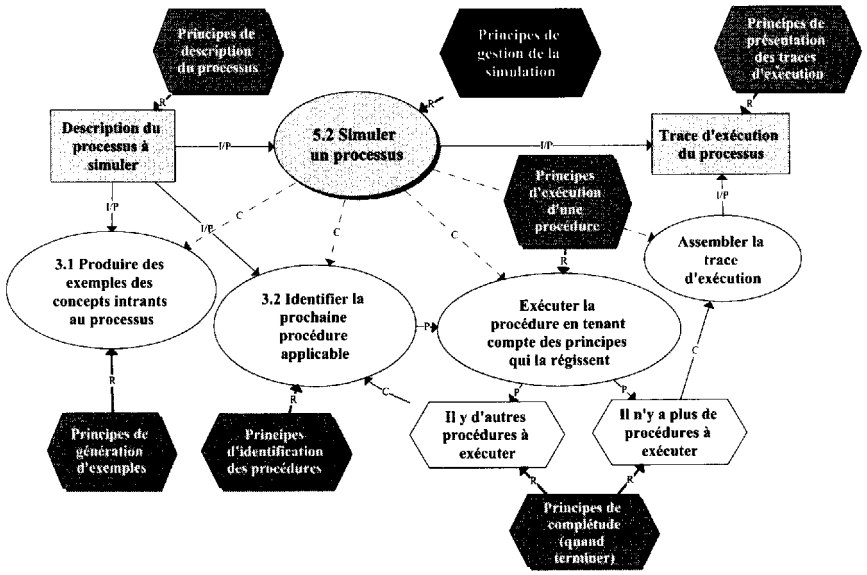
Pour décrire ces activités d'assistance et leurs produits, il est utile de revenir au processus générique qui a donné naissance au scénario d'apprentissage et de déterminer quels principes le régissent, autrement dit, quelle stratégie permet de gérer l'habileté. La figure 8.8 complète le processus générique de simulation de la figure 7.5 en précisant les principes génériques de gestion du processus pour chacun des sous-processus qui le composent.

L'énoncé de ces principes servira de base au scénario d'assistance présenté à la figure 8.9. Auparavant, il faut énoncer les principes qui composent chaque groupe de la figure 8.8 et déterminer la façon dont l'apprenant pourra avoir accès à une forme d'aide correspondante.

Le tableau 8.5 donne des exemples d'énoncés pour chaque groupe de principes avec, en regard, une forme d'assistance qui peut être retenue pour le scénario d'assistance. L'étude des principes fournit des indications précieuses pour le choix des formes d'assistance, mais d'autres critères

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.8
Principes génériques (métaprincipes)
de gestion du processus de simulation



entrent en jeu, comme la disponibilité de formateurs ou d'experts de contenu et les moyens technologiques disponibles dans un système de téléapprentissage.

La figure 8.9 présente, pour l'exemple de la simulation d'une méthode de production multimédia, le scénario d'assistance superposé au scénario d'apprentissage de la figure. 8.7, chaque forme d'aide étant produite par une activité d'assistance gérée par un acteur facilitateur qui donne ce service aux apprenants.

Ce scénario d'assistance met en évidence diverses activités d'assistance (en inversé sur la figure) produisant de l'aide pour chacune des six activités d'apprentissage (les autres détails du scénario d'apprentissage de la figure 8.7 ont été omis pour plus de clarté). Trois de ces ressources d'assistance sont des matériels préparés par un acteur concepteur, qui servent d'intrants aux trois premières activités d'apprentissage. Une autre forme d'assistance, celle de l'activité 4, est une interaction par courriel avec un expert de contenu en production multimédia. Deux autres formes d'assistance, dans les activités 5 et 6, impliquent un acteur formateur qui anime une présentation et des échanges sur les principes de complétude d'une simulation ; cet acteur gère une foire aux questions sur les normes de présentation du rapport final.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

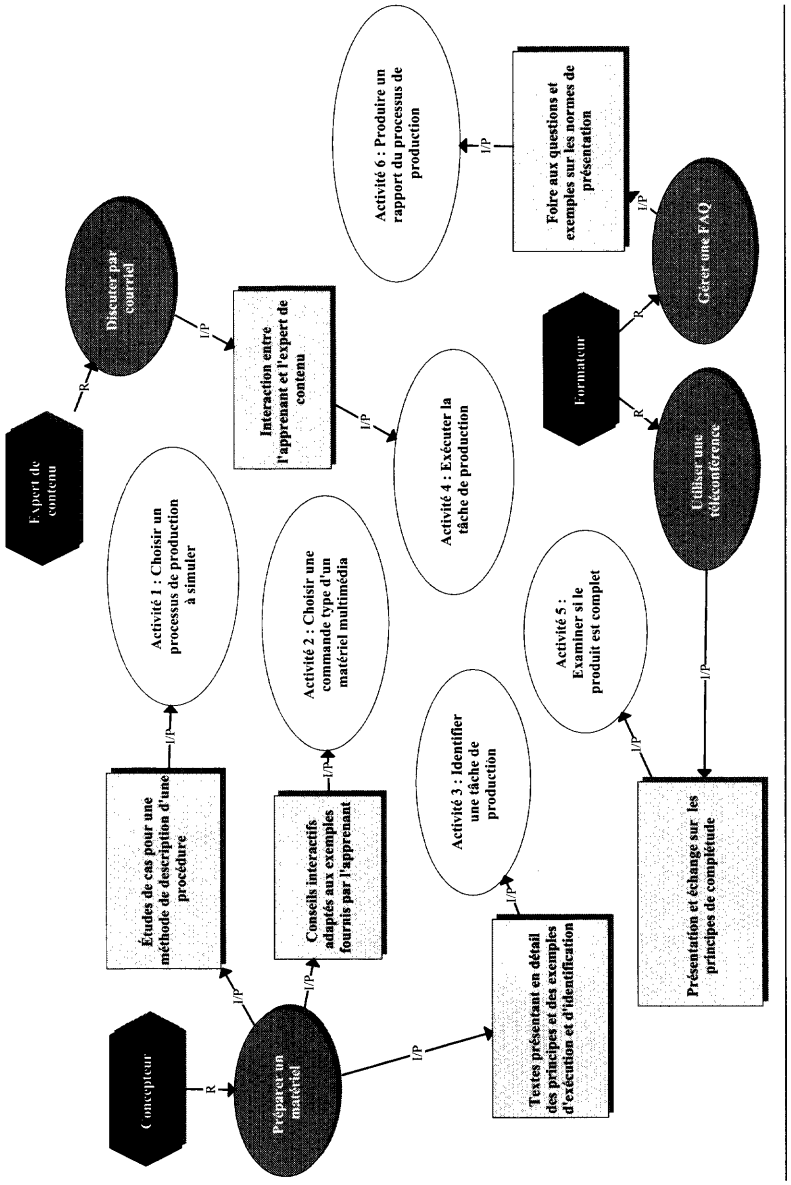
Tableau 8.5
Exemples de principe servant de base à une forme d'assistance

Groupe de principes	Exemples d'énoncé de principe	Forme d'assistance
Description du processus à simuler	• Les intrants et les produits du processus à simuler doivent être clairement identifiés. • Le processus à simuler doit être décomposé en ses principales procédures, au besoin sur plus de deux niveaux. • Les principes régissant l'exécution de ses procédures doivent être définis.	Études de cas d'une méthode de description d'une procédure
Génération d'exemples (cas à simuler)	• Chaque exemple doit contenir une valeur pour chacun des intrants du processus à simuler. • Les exemples doivent couvrir tous les cas possibles d'embranchement de la procédure.	Système conseiller interactif offrant une aide adaptée aux exemples fournis par l'apprenant
Détermination des procédures à appliquer	• Pour chacun des exemples retenus, il faut construire une liste structurée des produits des procédures déjà exécutées et les ajouter aux intrants. • Éliminer de la liste précédente les produits qui ne sont plus intrants d'une procédure non encore exécutée. • Choisir toujours la procédure qui fournit le maximum de nouveaux produits pour des procédures non encore exécutées.	Textes présentant en détail les principes ci-contre et d'autres ainsi que des exemples d'exécution et d'identification
Exécution des procédures à appliquer	• Une fois la procédure à exécuter choisie, utiliser ses principes d'exécution pour obtenir les produits. • L'exécution dépend surtout du domaine d'application.	Interaction par courriel avec un expert de contenu
Complétude de la simulation	• Si le processus est séquentiel, en parallèle ou s'il s'agit d'un arbre de décision, la simulation est complète lorsque chaque branche possible a été exécutée pour au moins un exemple. • Si le processus est itératif, il contient des principes d'exécution énonçant quand interrompre les cycles ; la simulation est complète quand chacun de ces principes d'arrêt a été testé pour au moins un exemple.	Présentation des principes de complétude des types de processus et échange en direct avec un formateur pour valider la complétude
Présentation des traces d'exécution	• La présentation doit contenir la description du processus à simuler. • Les exemples simulés doivent être regroupés par catégories en fonction de la structure du processus. • Pour chaque exemple, il faut indiquer la succession des procédures exécutées et leur produit.	Aide contextuelle sur les normes de présentation, accompagnée d'exemples

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.9
Scénario d'assistance pour la simulation d'un processus de production multimédia



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Rappelons que le choix de ces activités d'assistance, tout comme celui des activités d'apprentissage qu'elles soutiennent, provient du processus générique représentant l'habileté, composante de la compétence principale qui est l'objectif visé par l'unité d'apprentissage. Plus précisément, chacune de ces formes d'assistance puise son contenu dans les principes qui décrivent la façon dont cette habileté peut être appliquée aux connaissances traitées dans l'unité d'apprentissage. Ces principes définissent ainsi le contenu de l'assistance fournie par une personne jouant le rôle de facilitateur, directement ou par l'intermédiaire de divers types de matériels pédagogiques ou d'outils.

8.4. DÉFINIR LES RESSOURCES D'UN SYSTÈME DE TÉLÉAPPRENTISSAGE

Cela nous amène à discuter du rôle des habiletés et des compétences dans le choix des matériels et des autres ressources fournis dans les environnements des différents acteurs d'un système de téléapprentissage.

L'exemple de la section précédente nous indique comment on arrive à définir les ressources de l'acteur apprenant et, jusqu'à un certain point, les ressources nécessaires à d'autres acteurs. La figure 8.9 nous montre que le concepteur aura besoin, notamment, d'un outil pour produire et intégrer des conseils interactifs, produire des textes, des vidéos ou des pages Web. Le formateur aura besoin, toujours dans cet exemple, d'un logiciel de téléconférence et d'un outil de gestion d'une foire aux questions. L'expert de contenu aura à communiquer par courriel avec les apprenants.

RÔLES DES ACTEURS ET HABILETÉS

Nous allons généraliser cette approche en examinant comment on peut planifier les interactions entre les acteurs et les ressources dans un campus virtuel[6]. Examinons les rôles de cinq types d'acteurs et l'habileté (couche 2 de la taxonomie) associée à chacun de ces rôles (tableau 8.6).

L'énoncé des rôles du tableau 8.6 est souvent trop imprécis pour que l'on puisse y joindre une habileté, encore moins un énoncé de compétence. Même dans les cas où nous avons indiqué une habileté,

6. Pour la présentation d'un système de campus virtuel, voir Paquette (2001b).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 8.6
Rôles des acteurs en téléapprentissage et habiletés correspondantes

Acteur	Rôles assumés par l'acteur	Habiletés (Niveau 2)	
Apprenant	Gérer son scénario et ses activités d'apprentissage	10	Autocontrôler
	Explorer les sources d'information	6	Analyser
	Résoudre des problèmes	*	*Selon les problèmes*
	Réaliser des projets	10	Autocontrôler
	Réaliser des activités servant à son évaluation	*	*Selon les activités*
	Autoévaluer ses activités	9	Évaluer
	Interagir sur le plan social avec d'autres apprenants	*	*Selon les interactions*
	Débattre un sujet lors de télédiscussions	8	Synthétiser
	Communiquer et échanger des informations	2	Intégrer
Informateur	Présenter des informations	3	Instancier-préciser
	Clarifier un contenu en réponse à des questions	6	Analyser
	Gérer des médias donnant de l'information	3	Instancier-préciser
	Analyser et évaluer le contenu de documents	9	Évaluer
	Analyser la démarche d'un autre acteur	6	Analyser
Concepteur	Analyser des besoins de formation	6	Analyser
	Modéliser des connaissances à des fins pédagogiques	8	Synthétiser
	Construire des scénarios pédagogiques	8	Synthétiser
	Rédiger les devis de systèmes d'apprentissage	8	Synthétiser
	Simuler et valider un devis	5,9	Appliquer et évaluer
	Réaliser des matériels pédagogiques	8	Synthétiser
	Mettre à l'essai un événement d'apprentissage	5	Appliquer
	Concevoir un plan de réalisation du système	8	Synthétiser
	Décrire des processus de diffusion du système d'apprentissage	4	Transposer
	Concevoir la mise en place du système d'apprentissage	8	Synthétiser

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 8.6
Rôles des acteurs en téléapprentissage et habiletés correspondantes (suite)

Acteur	Rôles assumés par l'acteur	Habiletés (Niveau 2)	
Formateur	Réaliser des diagnostics de l'apprentissage	6	Analyser
	Évaluer les travaux de l'apprenant	9	Évaluer
	Motiver et orienter les apprenants	10	Autocontrôler
	Animer des équipes ou un groupe	10	Autocontrôler
	Fournir de l'aide à l'utilisation des matériels et des ressources	4	Transposer
	Agir comme conseiller pédagogique	*	*Selon l'intervention*
Gestionnaire	Planifier le déroulement des activités	8	Synthétiser
	Diagnostiquer le déroulement des événements d'apprentissage	6	Analyser
	Décider de modifier le déroulement des événements	10	Autocontrôler
	Diriger les opérations de diffusion	10	Autocontrôler
	Former des équipes ou des groupes	6	Analyser
	Affecter des formateurs et d'autres ressources à des groupes	6	Analyser
	Organiser la mise à l'essai du système d'apprentissage	5	Appliquer
	Gérer l'évaluation des apprentissages	10	Autocontrôler
	Gérer l'évaluation du système d'apprentissage	10	Autocontrôler
	Administrer le réseau de communication	7	Réparer

l'association est parfois discutable. Le tableau a toutefois le mérite de montrer la possibilité d'associer une habileté à chacun des rôles d'un acteur dans un système de téléapprentissage.

HABILETÉS ET SCÉNARIOS DE RÔLE

La description de chaque rôle d'un acteur sous la forme d'un scénario est nécessaire pour déterminer les ressources dont celui-ci aura besoin. Ces scénarios de rôle sont déterminés par la compétence que l'acteur doit être capable de démontrer dans l'exercice de ce rôle. Tout comme dans l'exemple de la section précédente, cette compétence détermine, par la représentation de sa composante « habileté », un processus générique qui sert de base au scénario.

Examinons le rôle de « résolveur de problème », rôle partagé d'ailleurs par la plupart des acteurs. Nous n'avons pu lui associer une habileté précise dans le tableau 8.6, car l'habileté dépend du type de problèmes à résoudre. Nous pouvons reformuler ce rôle en fonction des

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

types de problèmes qui peuvent se présenter, comme la transposition, la simulation, la classification, le diagnostic ou le design, obtenant cette fois des habiletés correspondantes précises, telle que transposer, simuler, classifier, diagnostiquer ou modéliser.

Un processus générique de diagnostic (tel que celui décrit à la figure 3.15) pourra servir de base à l'élaboration du scénario d'un rôle d'apprenant, mais également du scénario d'un rôle de formateur visant à établir un diagnostic des progrès des apprenants.

Supposons, par exemple, que les acteurs agissent à l'intérieur d'un système de téléapprentissage pour la mécanique automobile constitué de quatre unités d'apprentissage.

- L'acteur apprenant passe d'un rôle de consultation d'informations (analyser, niveau familiarisation) à un rôle de résolution d'une panne d'automobile automobile (diagnostiquer, niveau maîtrise), puis à une séance de télédiscussion pour la comparaison des résultats (synthétiser, niveau familiarisation) et, enfin, à un rôle d'autoévaluation (évaluer, niveau familiarisation). On fera appel ici aux quatre scénarios génériques correspondant à ces habiletés adaptées au domaine de la mécanique automobile pour obtenir une description des opérations à effectuer et des ressources à utiliser.
- De son côté, l'acteur formateur jouera d'abord le rôle d'un conseiller dans la recherche d'informations ; puis il utilisera le scénario générique de diagnostic, mais appliqué à l'identification des difficultés des apprenants à résoudre des problèmes de mécanique automobile; puis il entreprendra l'animation de la télédiscussion et donnera à chaque apprenant une rétroaction sur son autoévaluation. Les scénarios obtenus des processus génériques qui correspondent aux compétences demandées (respectivement : analyser, diagnostiquer, autocontrôler et évaluer) décriront les opérations à faire et les ressources à utiliser. Si l'on demande un niveau d'expertise dans certains rôles, le processus générique devra être plus élaboré (couvrir davantage de cas) que si le niveau est une simple familiarisation.

COORDINATION DES ROLES DES ACTEURS

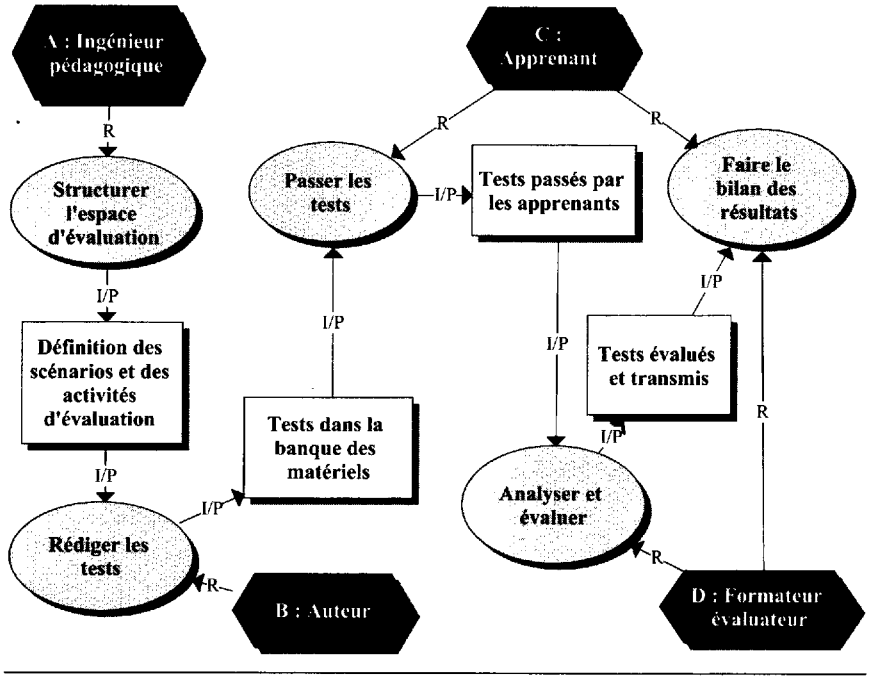
Dans un campus virtuel (Paquette, 1995), il importe de coordonner les rôles des acteurs aux différentes fonctions du système de téléapprentissage, la gestion des informations et des connaissances, la gestion des compétences, le conseil pédagogique, l'animation des activités, la gestion des ressources et l'évaluation des apprentissages.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Cette coordination des rôles peut se faire en construisant un modèle de distribution des tâches pour chacune de ces fonctions. La figure 8.10 illustre un modèle de la fonction « évaluation » d'un système d'apprentissage. Pour un autre système d'apprentissage, le modèle d'évaluation pourrait être très différent. Ici, on décrit une évaluation sommative au moyen de tests.

Figure 8.10
Un modèle de distribution pour la fonction évaluation



Ce modèle fait intervenir quatre acteurs. Un ingénieur pédagogique structure la composante évaluation du devis pédagogique en précisant les activités des scénarios d'apprentissage qui feront l'objet d'une évaluation par test et en indiquant dans chaque cas le type d'instruments d'évaluation ainsi qu'un exemple de test réussi. Un auteur rédige ensuite le test et le dépose dans une banque de matériels accessibles aux apprenants. Les apprenants passent le test puis le transmettent à un formateur-évaluateur. Enfin, ce dernier corrige le test et transmet les résultats aux apprenants pour qu'ils puissent en faire un bilan.

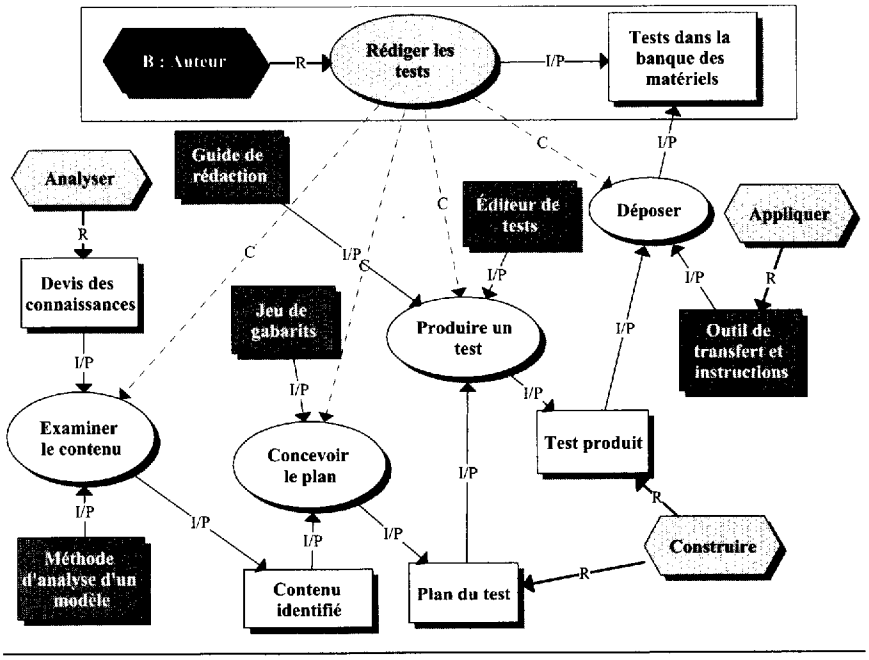
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les figures 8.11 et 8.12 illustrent respectivement un scénario du rôle de l'auteur responsable de la rédaction des tests et un scénario du rôle du formateur-évaluateur. Dans le premier cas, on a identifié trois habiletés principales et cinq ressources (en inversé sur la figure). L'habileté de transfert ne demande qu'un outil de transfert de fichiers. Par contre, les habiletés d'analyse du contenu et de construction du plan et du test demandent des ressources plus pointues : méthode d'analyse, jeu de gabarits, éditeur de tests et guide de rédaction.

Le scénario de la figure 8.12 est construit à partir du processus générique de l'habileté d'évaluation illustré à la figure 7.8. Les six premières activités du formateur-évaluateur sont des transpositions directes des six activités de ce processus générique d'évaluation.

On constate que ce scénario est plus complexe que le précédent, car il fait appel à quatre habiletés, ce qui permet d'identifier un plus grand nombre de ressources. L'acteur doit d'abord demander à un expert de contenu de lui fournir un standard de réussite. Il doit ensuite s'inspirer de ce standard pour établir, avec l'aide d'un conseiller interactif ou d'une personne-ressource, les critères de réussite. Puis il obtient les réponses

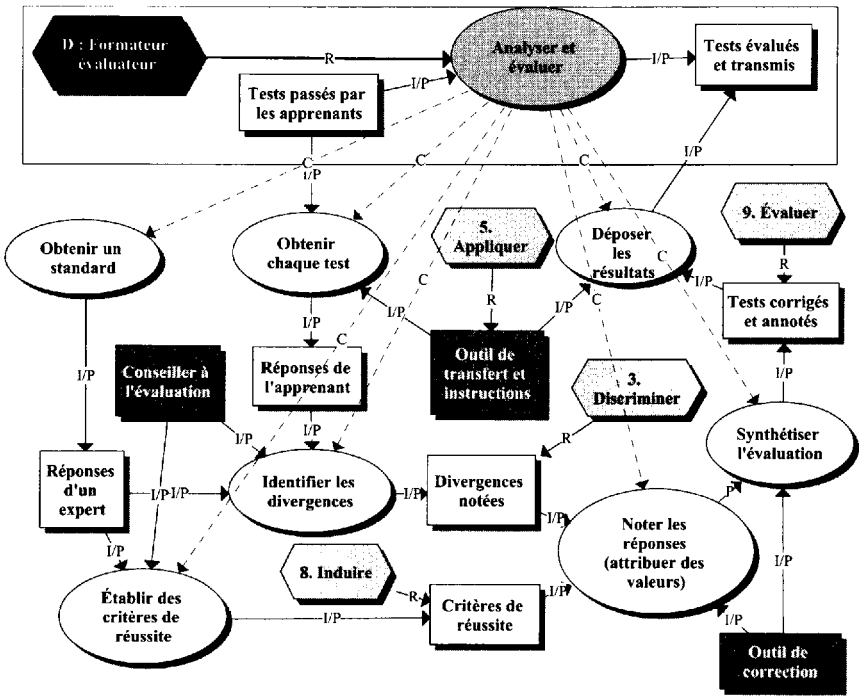
Figure 8.11
Un scénario de l'acteur auteur et ses ressources



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 8.12
Un scénario de l'acteur formateur-évaluateur



de l'apprenant et les compare avec celles de l'expert. Il note les divergences et, suivant les critères qu'il a établis, il attribue des valeurs aux réponses de l'apprenant. Il produit alors le résultat de la correction, y compris ses annotations, en utilisant un outil d'assistance à la correction. Enfin, il dépose le résultat, pour consultation par l'apprenant ou le système d'assistance, en utilisant l'outil de transfert qui lui a déjà servi à obtenir les réponses de l'expert et des apprenants.

CONCLUSION

Les énoncés de compétence, en associant des habiletés aux connaissances à acquérir, sont une composante indispensable de l'ingénierie pédagogique des systèmes de téléapprentissage. Dire qu'une personne doit « connaître » quelque chose ou «acquérir » telle ou telle connaissance n'est pas suffisant. Il faut se demander jusqu'à quel point, de quelle façon, dans quel contexte, pour quel usage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

L'association d'une habileté à une connaissance dans un énoncé de compétence permet de répondre à ces questions en précisant par quel processus, cognitif, affectif, social ou psychomoteur, devra se faire le traitement de la connaissance. La compétence fournit ainsi non seulement un objectif à l'apprentissage, mais des moyens à utiliser pour acquérir les connaissances et les habiletés.

Le chapitre 5 nous a montré la généralité des usages possibles des compétences, mais, en même temps, les lacunes de certains profils de compétences et la nécessité d'une approche plus systématique dans la formulation des énoncés. C'est cette systématisation que nous effectuons en proposant la taxonomie des habiletés (chapitre 7) et la description des habiletés par des processus génériques.

Cette taxonomie des habiletés fait la synthèse des travaux issus de plusieurs domaines différents. L'analyse des problèmes génériques en génie logiciel a fait ressortir l'association entre un type de problèmes et une classe d'habiletés correspondante. La définition des métaconnaissances en intelligence artificielle nous a montré que les habiletés, en tant que processus génériques, sont des métahabiletés, ce qui nous a conduits à les intégrer dans les modèles des connaissances. L'examen du traitement des habiletés dans les taxonomies d'objectifs en éducation nous a amenés à privilégier un traitement intégré des domaines cognitif, affectif et psychomoteur, et à donner ainsi une orientation plus cohérente aux activités d'apprentissage et d'assistance.

L'interprétation systématique des compétences à l'aide de la taxonomie des habiletés jette un pont entre les profils de compétences et l'ingénierie pédagogique. Les écarts de compétence guident la construction des modèles des connaissances. Les compétences visées et les processus génériques associés fournissent une base pour définir les scénarios d'apprentissage. Ils permettent également de construire les scénarios des autres acteurs d'un système de téléapprentissage ou des scénarios multi-acteurs visant à mieux les coordonner et à leur offrir des ressources adaptées à leurs rôles dans un système de téléapprentissage.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

9

APPLICATIONS DE LA MODÉLISATION

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans ce chapitre, nous présentons plusieurs projets de modélisation faits par l'équipe « ingénierie pédagogique » du Centre de recherche LICEF sous la direction de l'auteur. Nous les décrivons brièvement, mais avec suffisamment de détails pour illustrer la variété des applications possibles de la modélisation par objets typés.

Ces applications de la modélisation ont été réalisées dans des contextes et avec des buts souvent très différents. Le premier modèle décrit une méthode de façon opérationnelle, dans le but d'aider ses usagers à en tirer le maximum de profit ; il s'agit de la méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA 4.0), dont certains aspects ont été discutés au chapitre précédent. Les trois modèles suivants ont été construits à des fins de recherche, pour mieux comprendre certains processus comme l'autogestion des activités d'apprentissage, la gestion des ressources et la gestion des compétences ainsi que pour définir des outils de soutien au téléapprentissage. La troisième application a permis de créer le modèle d'une école à informatiser, en représentant les acteurs qui y travaillent, les processus et les tâches qu'ils réalisent, les ressources dont ils doivent disposer et les productions qu'ils doivent réaliser, dans le but d'aider les divers intervenants à intégrer les technologies de l'information dans les activités d'une école.

Pour terminer ce chapitre, nous comparerons l'ingénierie ontologique et la modélisation des connaissances, dans le contexte du Web sémantique.

9.1. CONSTRUIRE UNE REPRÉSENTATION DE LA MÉTHODE MISA[1]

La méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA) soutient l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d'apprentissage. Elle intègre des concepts, des processus et des principes de trois domaines : le design pédagogique, le génie logiciel et l'ingénierie cognitive.

1. La plupart des modèles de cette section sont extraits d'un modèle de la méthode produit par Michel Léonard.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CONTEXTE ET DÉMARCHE DE LA MODÉLISATION

L'ingénierie pédagogique est d'abord et avant tout un processus systémique de résolution de problèmes au sens que lui donnent les sciences cognitives (Newell et Simon, 1972) et parfois les sciences de l'éducation (Romiszowski, 1981; Reigeluth, 1983; Tennyson, 1990; Merrill, 1994).

S'appuyant sur différents travaux précurseurs, comme ceux de Bruner (1966), Ausubel (1968), Gagné (1970), Scandura (1973), Landa (1976), Merrill (1976), Reigeluth (1983) ainsi que Collins et Stevens (1983), le design pédagogique se présente aujourd'hui comme une forme d'ingénierie qui vise à améliorer les pratiques éducatives. Sa relation avec les théories de l'apprentissage et de l'enseignement est analogue à celle du génie avec les sciences physiques ou à celle de la médecine avec les sciences de la vie.

Pour cette raison, et à cause de l'impact des technologies de l'information sur la conception pédagogique, nous avons entrepris de décrire la méthode MISA avec précision, de façon opérationnelle à la manière du génie logiciel, donc des méthodes utilisées par les informaticiens pour concevoir et construire des systèmes d'information. Une méthode d'ingénierie pédagogique consiste en effet à concevoir un système d'information d'un type bien spécial, puisque ce système a pour but de soutenir l'apprentissage sous toutes ses formes. La méthode MISA s'inspire des principes de conception des systèmes d'information et les adapte à la conception des systèmes d'apprentissage. Elle prévoit des processus analogues, appelés « livraisons », qui s'exécutent largement en parallèle et par itérations successives. Elle décrit précisément les produits de ces processus et leur contribution au devis général du système d'apprentissage. Elle valorise aussi l'architecture du système d'apprentissage, plutôt que le développement hâtif et artisanal des matériels pédagogiques. Enfin, elle prépare soigneusement la mise en place ainsi que la diffusion du système d'apprentissage.

Nous avons vu au chapitre précédent que la modélisation des connaissances sert d'outil pour l'ingénierie pédagogique, en nous aidant à définir les connaissances, les habiletés et les compétences visées, les scénarios pédagogiques, les ressources et les modèles de diffusion d'un système d'apprentissage.

Mais la modélisation des connaissances nous a aussi été utile pour définir la méthode elle-même. Dès le début, en 1992, il est apparu nécessaire de représenter explicitement les concepts, les processus et les principes d'ingénierie pédagogique et leurs interrelations, pour définir les principales fonctions d'un atelier informatique conçu à l'intention des concepteurs pédagogiques, l'AGD (atelier de génie didactique). Puis,

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

dans les versions subséquentes de la méthode[2], cette représentation des connaissances de la méthode est devenue un objet utile en soi, indépendant des outils informatiques qui servent à soutenir le travail des utilisateurs de la méthode.

Pour construire un modèle de la méthode, nous avons d'abord identifié des sources d'expertise puisées dans les théories et les modèles de design pédagogique en sciences de l'éducation, de même que dans les concepts, les processus et les principes du génie logiciel et du génie cognitif. Nous avons également utilisé l'expertise des membres de l'équipe dans la réalisation concrète de systèmes d'apprentissage.

À l'aide de ces sources d'expertise, et à chaque version de la méthode, nous avons fait les activités de modélisation suivantes :

- Identifier (ou réévaluer) les connaissances à intégrer dans le modèle de la méthode.
- Construire un modèle principal de la méthode.
- Déployer le modèle sur le plan procédural et conceptuel.
- Définir les principes d'opération de la méthode.
- Valider le modèle de la méthode.

IDENTIFICATION DES CONNAISSANCES À MODÉLISER

Le plus difficile est souvent de préciser le but exact d'une méthode. Une fois celui-ci défini, il devient plus facile d'inventorier systématiquement les objets à considérer et les connaissances intéressantes à modéliser.

Après beaucoup de tâtonnements, nous avons précisé le champ de la méthode, ce qui nous a amené à exclure un certain nombre de processus reliés mais différents de ce que nous avons défini comme étant l'ingénierie pédagogique.

La méthode devra se concentrer sur la conception du devis d'un système d'apprentissage (SA) et non sur la construction des matériels et des médias qui le composent ou sur la mise sur pied des infrastructures technologiques ou organisationnelles nécessaires à son utilisation. MISA sera donc une méthode de macrodesign et non de microdesign. Autrement

2. Une première version de la méthode MISA (Aubin *et al.*, 1995b) a été construite parallèlement à la réalisation de l'AGD, un d'atelier informatisé de soutien au génie didactique (Paquette *et al.*, 1994). Au cours de l'année 1995, l'AGD et la méthode sous-jacente ont été mis à l'essai dans neuf organisations et entreprises (Aubin et Crevier, 1995). Une seconde version a été mise au point en 1997 (Crevier, 1997) et une troisième en 1998 (Paquette *et al.*, 1998). La version actuelle (MISA 4.0) a été révisée en fonction du développement d'un atelier distribué d'ingénierie de systèmes d'apprentissage sur Internet (ADISA).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

dit, elle s'adressera à l'architecte plutôt qu'à l'ouvrier spécialisé qui construit ou met en place les différents systèmes de l'édifice. MISA intégrera toutefois la conception des devis des matériels et des infrastructures d'apprentissage ainsi que la planification du fonctionnement d'un système d'apprentissage.

En amont, MISA ne comportera pas une analyse poussée des problèmes d'une organisation. On suppose qu'une analyse préalable à l'ingénierie pédagogique a été réalisée afin de cerner certains problèmes de formation et de recueillir les principaux éléments de contexte qui y sont rattachés.

Enfin, MISA se concentrera sur les tâches de design, à l'exclusion de la gestion d'un projet d'ingénierie pédagogique ou de la gestion subséquente du système d'apprentissage utilisé. La méthode devra toutefois permettre aux concepteurs qui l'utilisent de fournir des données nécessaires aux gestionnaires de projet.

CONSTRUCTION DU MODÈLE PRINCIPAL

Les considérations qui précèdent, établies très tôt, ont permis d'entreprendre la modélisation de la méthode et de garder le cap pendant toutes ces années. Puisqu'il s'agit d'une méthode, l'ossature du modèle est l'ensemble des procédures représentant les tâches d'ingénierie pédagogique, lesquelles rendent possibles la construction du devis d'un système d'apprentissage et l'établissement des principes qui en régissent l'exécution. Des concepts permettront de compléter le modèle en décrivant les composantes du devis jusqu'aux éléments terminaux qui consistent à définir, par exemple, les propriétés des activités d'apprentissage, des composantes d'un matériel pédagogique ou d'une infrastructure technologique.

Le modèle principal de la méthode, présenté à la figure 9.1, illustre cette approche. La connaissance principale « Développer le devis d'un SA » fait partie du processus plus général de construction d'un SA. C'est une procédure régie par des principes d'opération ayant pour intrant la définition (les données) d'un problème de formation et pour produit le devis du SA, lequel se compose d'un certain nombre d'éléments de documentation (ÉD) que l'on peut construire de deux façons, par phases et par axes.

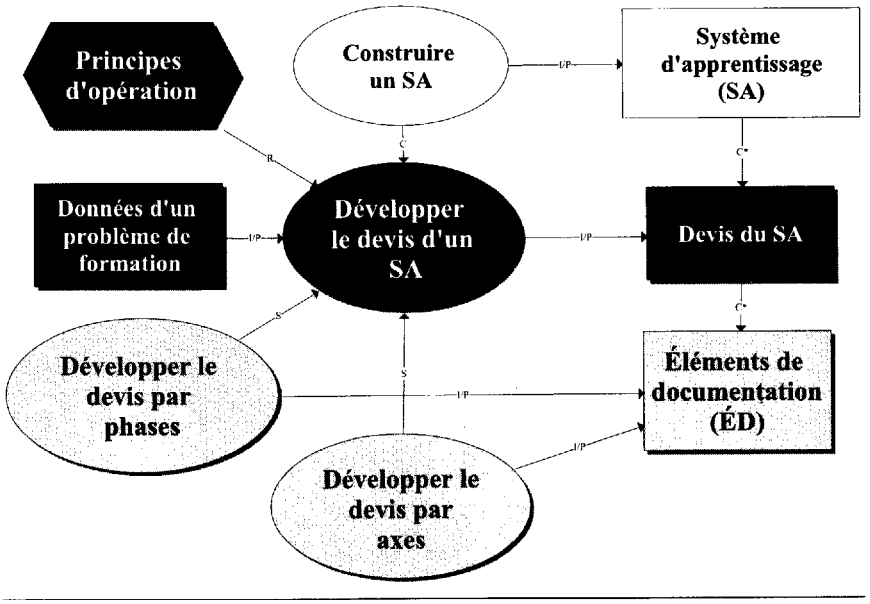
DÉPLOIEMENT DU MODÈLE SUR LE PLAN PROCEDURAL

Le modèle principal indique deux façons de construire le devis, selon les phases et selon les axes. Dans les deux cas, on construit des éléments de documentation (ÉD), composantes du devis du SA.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.1
Modèle principal de la méthode MISA 4.0



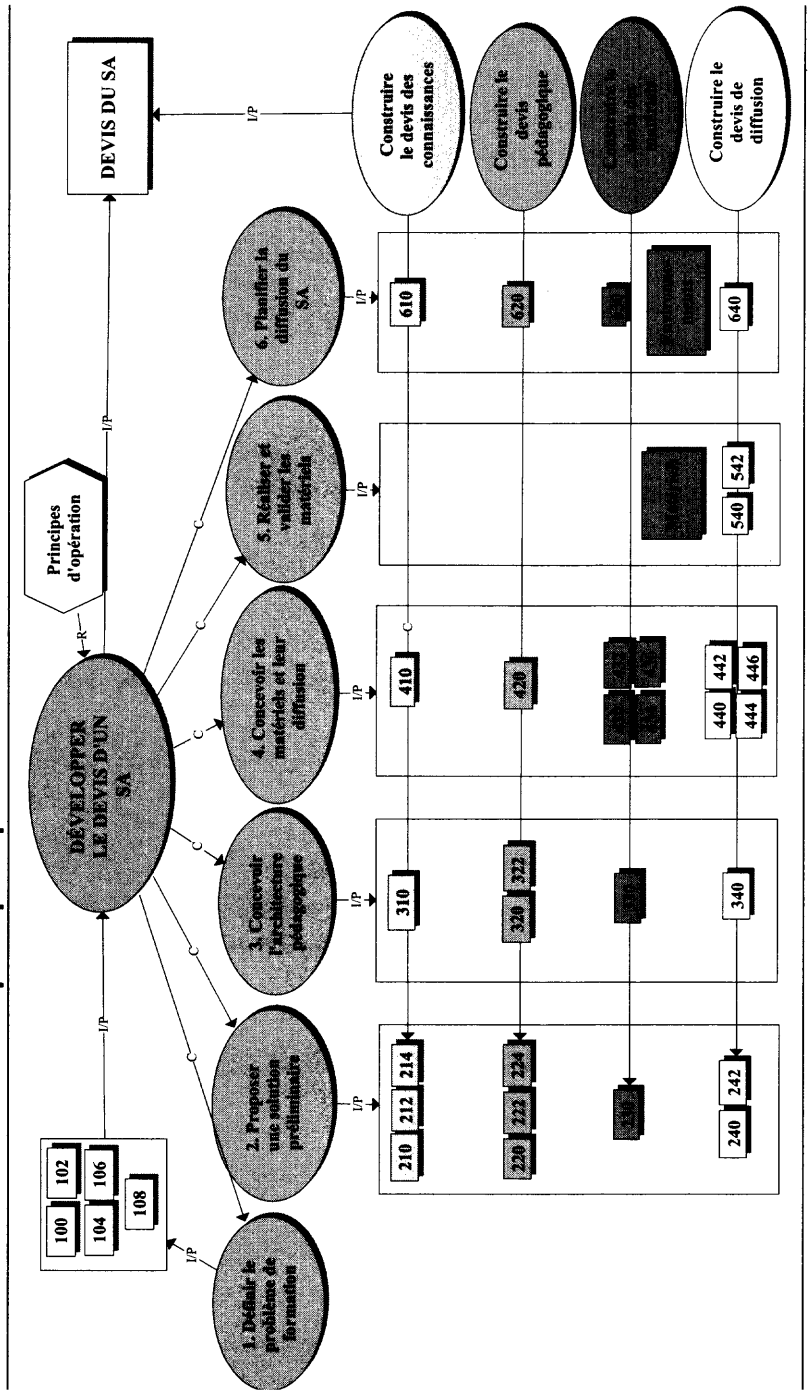
La figure 9.2 illustre le début du déploiement du modèle principal en identifiant sous forme de procédures les six phases, les quatre axes et les éléments de documentation correspondants.

Chacune de ces procédures se déploie à son tour sous la forme d'un sous-processus de la méthode. Ainsi, la figure 9.3 présente le modèle de la phase 2, « Proposer une solution préliminaire », alors que la figure 9.4 montre celui de l'axe P, « Construire le devis pédagogique ». Ces deux modèles illustrent notamment les tâches permettant de construire les ÉD-220 (Orientations pédagogiques), 222 (Réseau des événements d'apprentissage) et 224 (Propriétés des unités d'apprentissage).

Le graphe de la figure 9.3 montre les principales opérations de la phase 2. A partir de la définition du problème de formation donnée à la phase 1, ce sous-processus permet de produire en parallèle des spécifications préliminaires relatives aux connaissances et à l'approche pédagogique. Sur cette base, on définit les orientations médiatiques (230) et les orientations de diffusion (240 et 242). Ces éléments de documentation, regroupés dans un « dossier d'analyse préliminaire », serviront ensuite d'intrants à la phase 3.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

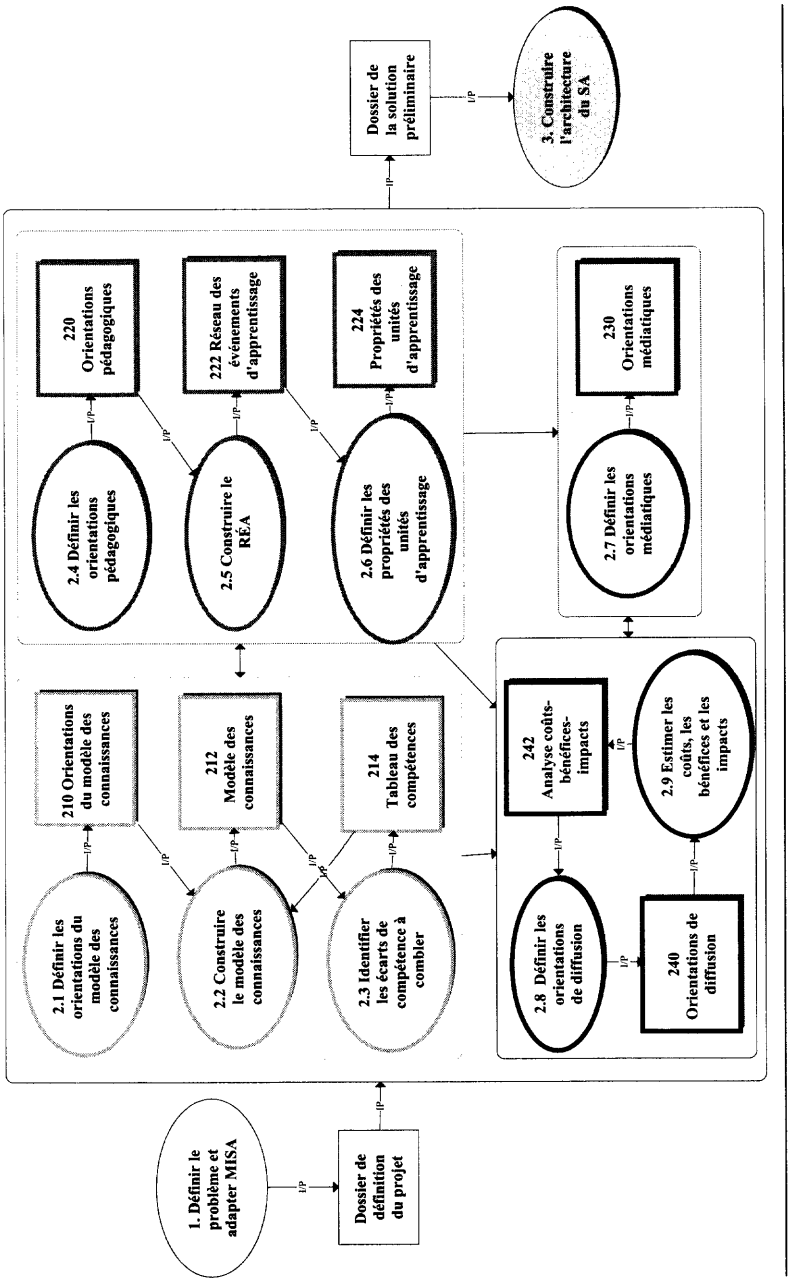
Figure 9.2
Les principaux processus de la méthode MISA 4.0



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.3
Le sous-processus de la phase 2, « Proposer une solution préliminaire »

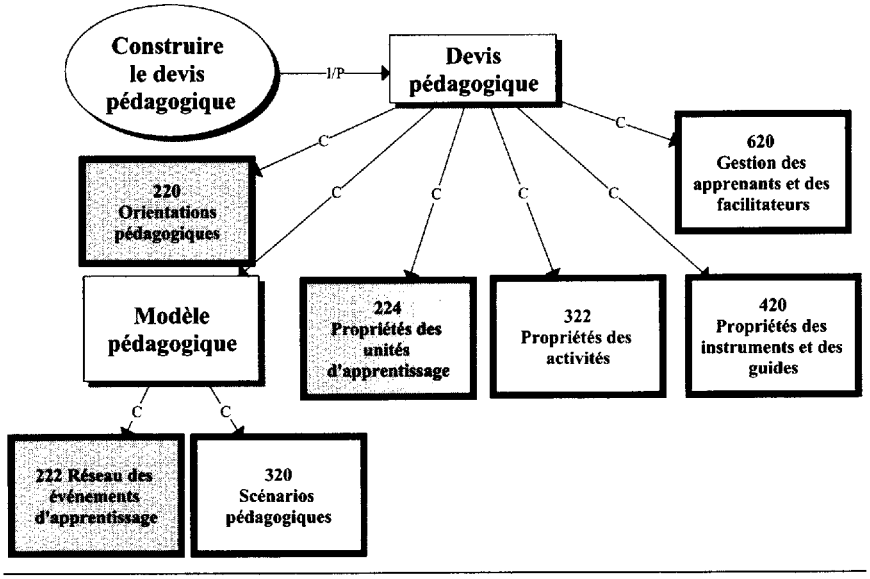


© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Le graphe de la figure 9.4 indique les composantes du devis pédagogique pour l'ensemble des phases de la méthode. Notamment, en phase 2, on trouve les trois ÉD du devis pédagogique qui participent au dossier d'analyse préliminaire.

Figure 9.4
Le sous-processus de l'axe P,
«Construire le devis pédagogique»

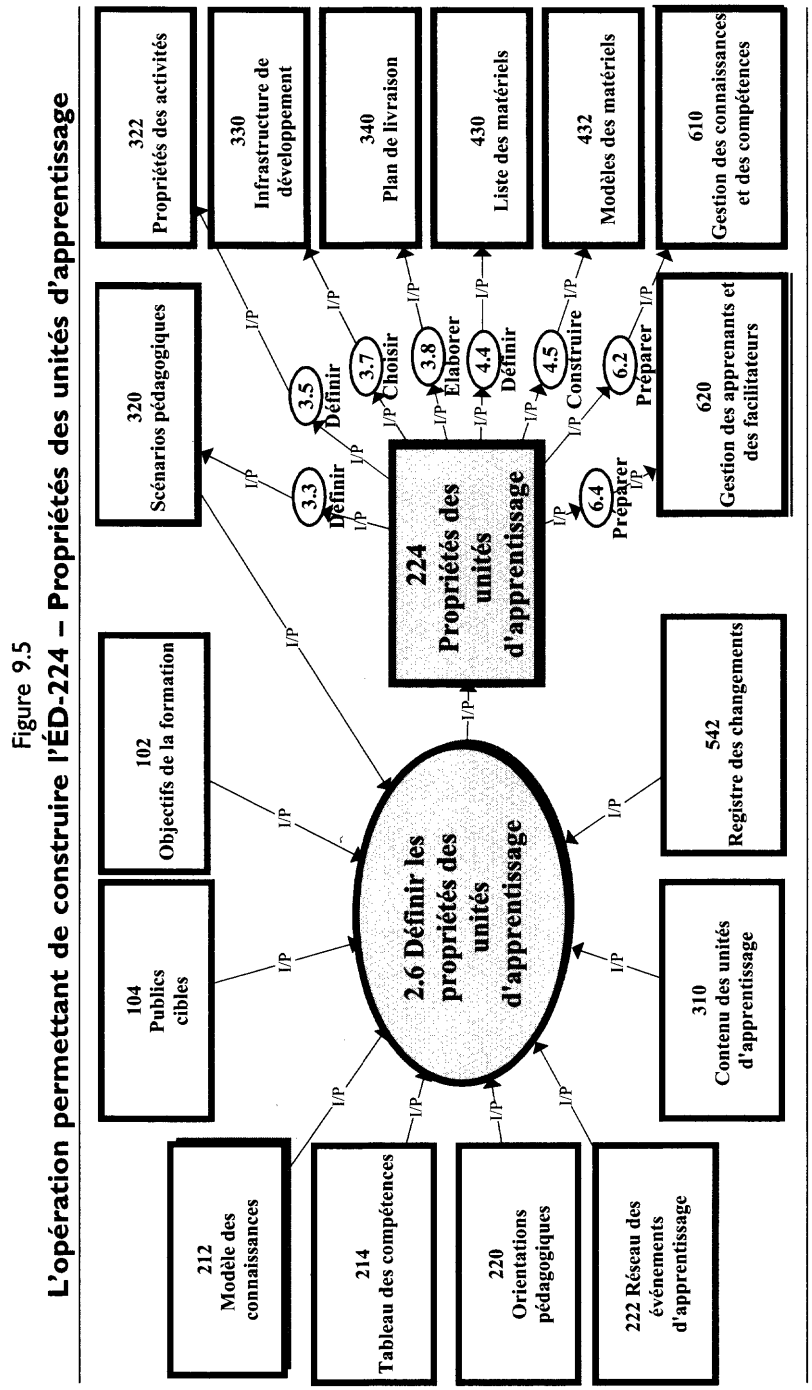


Chacun des éléments de documentation est produit par une opération, processus de niveau 3. La figure 9.5 présente le modèle de l'opération qui produit l'ÉD-224, « Propriétés des unités d'apprentissage ». Ce modèle nous fournit le contexte de l'ÉD-224 et de son opération, soit les ÉD qui l'influencent et ceux qui seront influencés par lui. Il s'agit là d'une indication clé pour l'ordonnancement des opérations d'ingénierie pédagogique. Ces graphes de contexte ont par la suite servi de base à la définition de l'assistance apportée aux utilisateurs de la méthode par les composantes d'un atelier informatique : outils, aide contextuelle et système conseiller[3].

3. Voir à ce sujet Paquette et Girard (1996 et Paquette, Aubin et Crevier (1999).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.5
L'opération permettant de construire l'ÉD-224 – Propriétés des unités d'apprentissage



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Sur le plan procédural, le modèle de la méthode se décompose donc en plusieurs niveaux jusqu'au niveau terminal qui consiste en la définition d'une propriété d'un des ÉD :

Construire le devis du SA (figure 9.1)

Progresser à travers les phases (figure 9.2)

Réaliser les produits d'une phase (6 processus, figure 9.3)

Produire un des éléments de documentation (35 opérations, figure 9.5)

Définir une propriété d'un des ÉD (variable selon les ÉD)

Développer le devis par axes (figure 9.2)

Réaliser les produits d'un axe (4 processus, figure 9.4)

Produire un des éléments de documentation (35 opérations, figure 9.5)

Définir une propriété d'un des ÉD (variable selon les ÉD)

DÉPLOIEMENT DU MODÈLE SUR LE PLAN CONCEPTUEL

Le modèle du concept « Devis du SA » se décompose de façon analogue en plusieurs niveaux :

Devis du système d'apprentissage

Dossier regroupant des éléments de documentation

Élément de documentation

Propriété de l'élément de documentation

Attribut de l'élément de documentation

Valeur(s) attribuées) à l'attribut

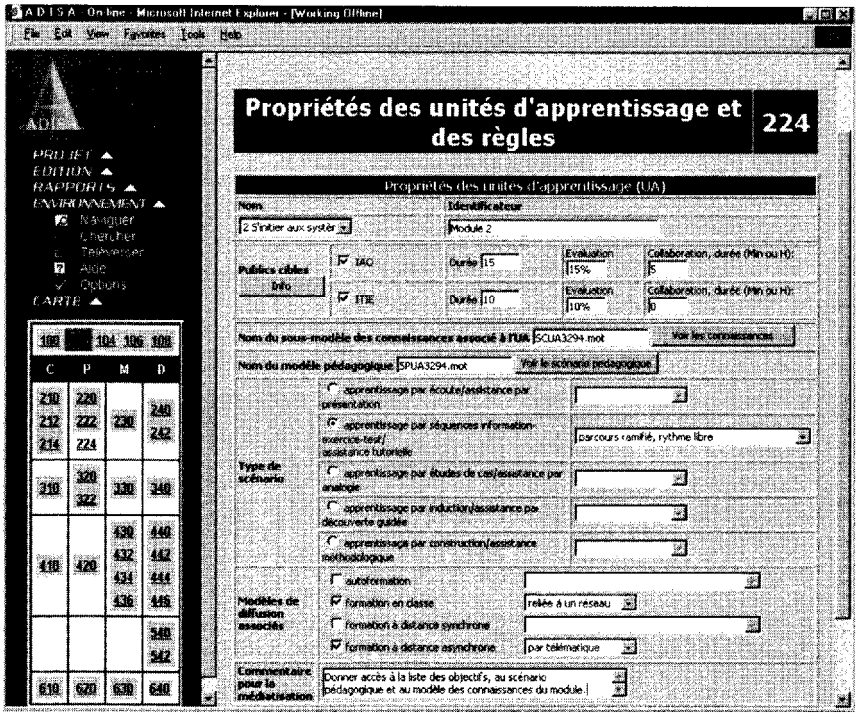
Le regroupement des ÉD en dossiers peut se faire selon les phases, selon les axes ou selon d'autres critères définis par le concepteur. Chaque ED se décompose à son tour en une série de propriétés le décrivant. Ainsi qu'on le voit à la figure 9.6, chacune de ces propriétés est définie par un attribut et par les valeurs qui lui sont attribuées par le concepteur. Sur le plan procédural, les procédures terminales consistent à définir une seule propriété d'un ÉD, c'est-à-dire à attribuer une valeur à un des attributs.

À titre d'exemple, 1'ÉD-224 se décompose en plusieurs propriétés d'une unité d'apprentissage : son nom, sa définition, ses publics cibles et, pour chacun, la durée prévue et le poids dans l'évaluation, le

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.6
Un élément de documentation et ses attributs



sous-modèle des connaissances associé, le scénario pédagogique, le type de scénarios, le modèle de diffusion et des commentaires pour la médiatisation de l'unité.

Comme on peut le constater sur la figure 9.6, la partie conceptuelle du modèle a permis de définir les outils de l'atelier ADISA[4]. Dans la partie gauche de l'interface, on trouve la liste des outils permettant de construire les 35 éléments de documentation. La partie droite de l'interface permet de définir les propriétés de l'ÉD sélectionné, ici l'ÉD-224, en donnant des valeurs aux attributs par l'entrée de textes, la sélection dans un menu à choix multiples, en cochant une case ou en appuyant sur un bouton.

4. Voir Paquette *et al.* (2001).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

DÉFINITION DES PRINCIPES D'OPÉRATION DE LA MÉTHODE [5]

Les principes d'opération présentés sur la figure 9.7 régissent l'exécution des processus et des opérations qui aident à produire le devis d'un système d'apprentissage. Il existe un grand nombre de démarches possibles et de nombreux choix à effectuer pour construire le devis d'un SA.

Les principes d'opération définissent la dimension stratégique de la méthode. Ils visent à orienter les démarches des concepteurs dans les processus et les opérations, tout en favorisant la cohérence et la qualité des composantes du devis du SA, en fonction des particularités d'un projet. Sans principes d'opération, une méthode ne serait qu'un ensemble de procédures et il vaudrait mieux alors la qualifier de processus plutôt que de méthode.

Un principe d'opération est un énoncé qui régit l'ordre d'exécution des tâches de conception prévues dans la méthode, ou la cohérence et la qualité des produits qui en résultent. La figure 9.7 présente quatre types principaux de principes d'opération de la méthode MISA.

Les principes d'orientation et d'adaptation régissent la méthode sur le plan procédural au plus haut niveau, pour en filtrer les phases et les activités à exécuter ainsi que les produits à réaliser et les propriétés de ces produits qu'il importera de définir.

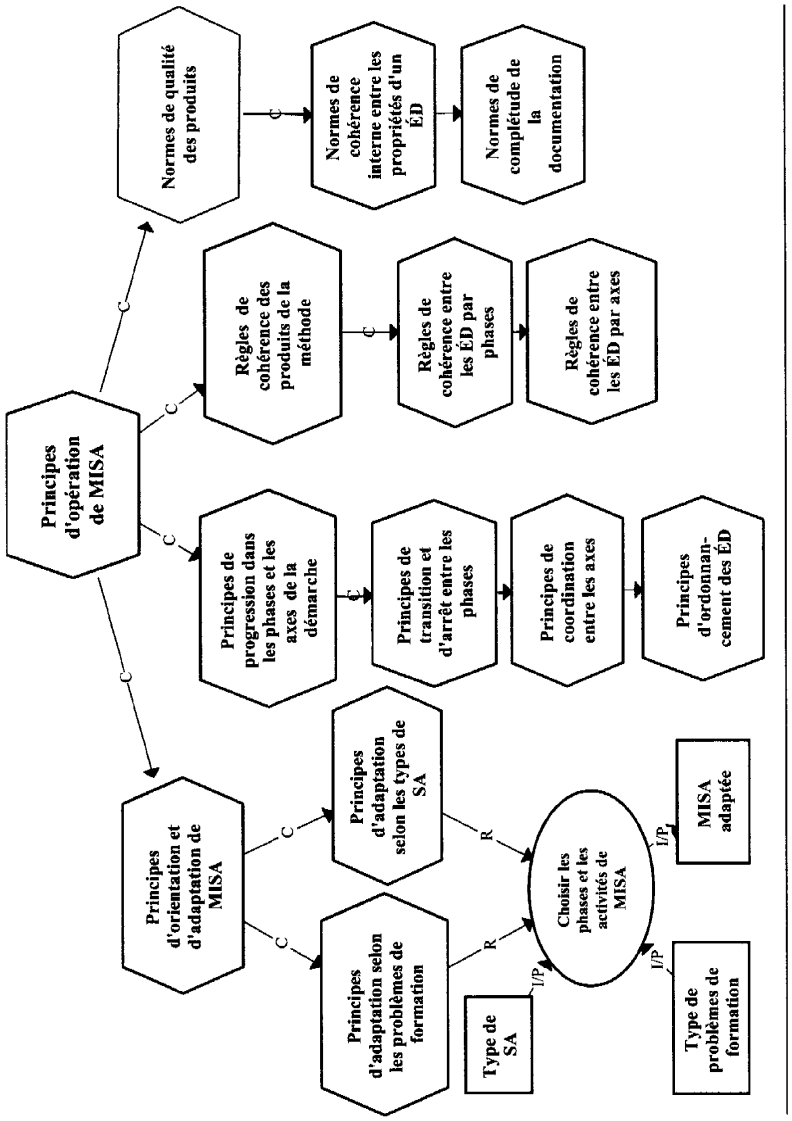
Les principes d'adaptation permettent ainsi au concepteur de se construire un cheminement personnalisé dans les activités de la méthode selon le type de SA ou le type de formation. Par exemple, les projets axés sur l'autoformation individuelle plutôt qu'en groupe rendent peu nécessaire la définition des moyens de communication (ÉD-444) et de certains aspects des scénarios d'apprentissage (ÉD-320), notamment les consignes de collaboration des activités d'apprentissage (ÉD-322).

Par ailleurs, on utilisera la méthode différemment selon l'envergure ou la complexité du futur SA. Ainsi, l'élaboration d'un programme comportant plusieurs cours exigera un modèle des connaissances assez vaste. Le devis du SA comprendra uniquement les ÉD des phases d'analyse et d'architecture, puisque la conception et la validation des matériels ainsi que la mise en place du SA se feront cours par cours. À l'opposé, une unité d'apprentissage de quelques heures permettra de procéder rapidement à travers les deux premières phases pour se concentrer sur les phases 4 et 5 de la méthode.

5. Les principes d'opération décrits ici ont pour but de soutenir l'usage de la méthode sur le plan opérationnel. Il faut les distinguer des prescriptions pédagogiques générales comme celles que nous avons présentées au chapitre 10 de l'ouvrage *L'ingénierie pédagogique, pour construire l'apprentissage en réseau* (chez le même éditeur, 2002).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.7
Types de principes d'opération de MISA



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les principes de progression (de démarche) régissent l'ordre dans lequel les différentes phases, les axes, les étapes et leurs opérations seront réalisés une fois la méthode adaptée. Ils déterminent quand on pourra entreprendre quoi. La démarche d'ingénierie, bien qu'elle soit structurée en phases, axes, tâches et activités, n'en est pas pour autant une démarche linéaire. Le processus de résolution de problèmes de conception procède davantage d'une démarche en spirale, par itérations successives.

Les *principes de transition et d'arrêt* guident le passage d'une phase à l'autre selon le degré d'accomplissement des objectifs de chacune des phases. Par exemple, on passe de la phase 1 à la phase 2 lorsque des recommandations claires ont été formulées quant à l'opportunité (ED-106) de réaliser le système d'apprentissage, ce qui n'exclut pas que certaines tâches de la phase 2 aient été partiellement ou totalement exécutées. On passe définitivement de la phase 2 à la phase 3 quand l'analyse coûts-bénéfices-impacts (ÉD-242) permet de choisir une des solutions préliminaires comme base de l'architecture. On terminera la phase 6 quand les diverses composantes du plan d'évolution et de mise en place rendront possible la diffusion du système.

Les *principes de coordination entre les axes* ont pour but de spécifier quand il convient de passer d'une activité dans un axe à une activité dans un autre axe. Bien qu'ils soient indépendants et jouent des rôles différents dans un système d'apprentissage, les axes (connaissances, pédagogie, média, diffusion) doivent être solidement coordonnés. Par exemple, un sous-modèle du modèle des connaissances doit être associé à chaque unité d'apprentissage, puis à chaque instrument d'apprentissage utilisé dans les divers scénarios des unités d'apprentissage. Ces instruments sont ensuite regroupés en matériels dont on construira un modèle médiatique. La synchronisation des activités dans le développement des quatre devis par axes est très importante.

Les *principes d'ordonnancement entre les ÉD* sont basés sur les graphes de contexte de chaque ÉD. Par exemple, pour l'ÉD-224 présenté à la figure 9.5, on remarque l'influence, dans un premier temps, des propriétés des ÉD-102, 104, 212, 214 et 222, puis, après les phases 3 et 5, des ÉD-310 et 542. Ces liens d'influence peuvent être plus ou moins forts. Dans certains cas, ils sont absolument requis. Par exemple, on ne peut décrire les propriétés d'une unité d'apprentissage si l'on n'a pas décidé de la créer dans le RÉA (ÉD-222). Par contre, les objectifs de la formation (ÉD-102) ou le modèle des connaissances (ÉD-212) doivent être consultés pour décrire les propriétés des UA, mais ils peuvent aussi être définis au moment où l'on en a besoin. Dans l'atelier ADISA, ces considérations nous ont conduit à proposer trois façons de propager les données d'un élément de documentation à un autre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- La *propagation automatique* se fait sans intervention de l'usager, les informations de l'ÉD source étant transmises directement dans un des champs du formulaire de l'ÉD de destination; l'ÉD source est donc absolument préalable (pour certaines de ses propriétés) à l'ÉD de destination.
- La *propagation de type source* consiste à transmettre les informations d'un ou de plusieurs ÉD source, l'usager choisissant celles qui seront intégrées dans l'ÉD de destination. Il s'agit d'un lien d'ordonnancement moins rigide.
- La *propagation de type information* consiste simplement à afficher les informations d'un ÉD source (par exemple le graphe d'un modèle) particulièrement utile pour la construction de FED de destination, l'usager demeurant libre d'en tenir compte ou non. Il s'agit du lien d'ordonnancement le plus souple. À la limite, l'usager peut entreprendre l'ÉD de destination sans avoir traité l'ÉD source.

Par ailleurs la boucle du graphe entre les ÉD-224 et 320 nous indique que ceux-ci ont une influence l'un sur l'autre et devront être développés de concert, ce qui implique certainement un retour à l'ÉD-224, une fois les scénarios pédagogiques définis dans l'ÉD-320, en phase 3.

Les règles de cohérence entre les produits de la méthode ne visent pas la démarche, mais le contenu des ED et leurs propriétés à l'intérieur d'une phase, d'un axe ou globalement. Elles sont donc basées sur le modèle des concepts de la méthode. On peut les découvrir systématiquement en examinant les graphes de contexte d'un élément de documentation et les relations plus fines entre les attributs d'un ÉD source et d'un ÉD produit pour chacune des 35 tâches de la méthode.

Par exemple, dans la section 8.2, nous avons montré le lien entre le niveau de compétence visé (ÉD-214) et le choix d'un type de modèles (ÉD-212). Des exemples de principes de cohérence entre ces deux propriétés sont fournis par les énoncés suivants : « Si la compétence visée se limite à la sensibilisation, il est utile de privilégier un point de vue conceptuel. » « Si la compétence visée est la familiarisation avec un sujet, il faudra souvent privilégier un point de vue procédural, mettant ainsi l'accent sur les savoir-faire et l'accomplissement de tâches permettant de manipuler les objets du domaine. »

D'autres exemples consistent à énoncer des principes permettant de choisir les types de médias en fonction du modèle des connaissance ou du niveau de compétence visé ou encore de choisir un type de modèles de diffusion en fonction des caractéristiques des publics cibles.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les normes de qualité édictent le format que les produits et leurs attributs doivent respecter pour être conformes à leur définition. Il peut s'agir ici d'énoncés concernant la cohérence interne d'un élément de documentation. Par exemple, si une unité d'apprentissage a une durée de 30 minutes, il faut éviter les types de scénarios constructivistes qui demandent plus de temps ou augmenter la durée.

Il peut s'agir également de normes de complétude. Par exemple, tel modèle des connaissances ou tel scénario pédagogique est-il suffisamment développé? Tel dossier de phase ou tel devis par axes est-il complet et le rapport le décrivant est-il bien écrit, succinct et complet ?

VALIDATION DU MODÈLE DE LA MÉTHODE

En résumé, la modélisation de la méthode MISA a permis de créer un ensemble de processus opérationnels qui facilitent sa validation. Les sous-modèles procéduraux ont servi à définir 35 opérations de base, concrétisées par autant de modules d'un atelier distribué d'ingénierie d'un système d'apprentissage comme ADISA. Les sous-modèles conceptuels ont servi à identifier les attributs et les valeurs des propriétés de chaque ED, ce qui a permis de construire les interfaces correspondantes de l'atelier. Finalement, les sous-modèles des principes d'opération ont fourni une base pour la propagation des données entre les ED, propagation qui permet de construire une aide contextuelle et des conseils pour la démarche dans la méthode et d'assurer la cohérence des produits de la méthode.

Chaque nouvelle version de la méthode a été validée par un certain nombre de concepteurs pédagogiques. Plusieurs organisations ont participé à ces validations, ce qui a permis d'améliorer la méthode à chaque étape. Ici, il faut établir une distinction entre la validation du modèle et la validation de l'efficacité de la méthode. La validation du modèle nous permet d'assurer que la méthode atteint bien les objectifs qu'elle s'était fixés, soit fournir un ensemble de démarches fiables, cohérentes, transparentes, applicables et complètes. Quant à l'efficacité de la méthode, elle est plus difficile à valider, mais le fait que des organismes externes et des entreprises l'utilisent régulièrement est un solide indice de son efficacité[6].

6. Signalons que la modélisation par objets typés est utilisée dans des universités, principalement pour la formation des enseignants, ainsi que dans l'industrie, notamment chez HydroQuébec, Tecsult-Eduplus, l'Institut international des télécommunications, l'Institut de formation de la Banque de Montréal (à Toronto) et chez MAAF, une entreprise financière en France.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

9.2. CONCEPTUALISER UN SYSTÈME DE TÉLÉAPPRENTISSAGE

On peut utiliser le système de représentation MOT pour mieux comprendre l'apprentissage et l'assistance à l'apprentissage et définir ensuite des outils à l'intention des apprenants et des autres acteurs du téléapprentissage. La modélisation des connaissances sert alors à soutenir les travaux de recherche sur l'apprentissage et à les formaliser pour conceptualiser des outils d'assistance à l'apprentissage.

Dans le tableau 8.5, nous avons défini certains des rôles des acteurs, notamment dans la gestion des compétences, des activités et des ressources d'apprentissage. Les figures 8.9 à 8.11 ont illustré une de ces fonctions sous la forme d'un modèle de processus multi-acteurs regroupant les rôles et les opérations d'évaluation des apprentissages.

Nous allons maintenant présenter une partie des modèles bâtis par différents membres de l'équipe de conception pour représenter trois autres fonctions, soit l'autogestion des activités d'apprentissage, la gestion des ressources et la gestion des compétences. Ces trois travaux de modélisation contribuent à définir précisément, sur un plan conceptuel, les composantes centrales du système Explor@-II, un système d'opération du téléapprentissage dans l'Internet dont l'une des fonctions principales consiste à coordonner les différents acteurs en fonction des rôles qu'ils assument et des ressources qu'ils produisent ou utilisent.

PROCESSUS ET OUTILS D'AUTOGESTION

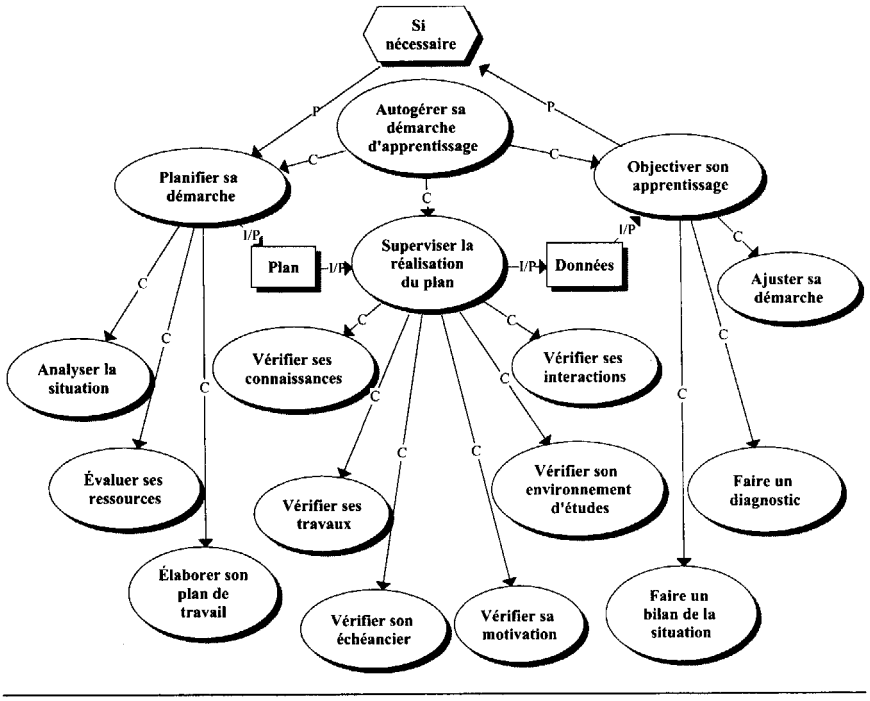
Le premier exemple découle des travaux de doctorat de Diane Ruelland sur le processus d'autogestion des apprentissages. Divers projets de R-D ont été entrepris au LICEF dès 1994 pour tenir compte des besoins des apprenants relativement à l'autogestion de leurs activités dans un environnement de téléapprentissage. Parallèlement à des mises à l'essai d'outils d'autogestion dans divers prototypes, un modèle de l'autogestion a été élaboré (Ruelland, 2000).

Une analyse des conditions d'apprentissage dans un environnement de formation à distance a montré que l'apprenant doit exercer plusieurs tâches d'autogestion pour réussir son apprentissage et que ces

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.8
Un modèle du processus d'autogestion



tâches sont complexes, notamment à cause des phénomènes de la distance, du multimédia et de la collaboration. De plus, les informations dont l'apprenant doit tenir compte pour organiser sa démarche et en faire le suivi sont nombreuses et difficiles à mémoriser dans un environnement multimédia.

La figure 9.8 présente un modèle général du processus d'autogestion[7]. La démarche d'autogestion est subdivisée en trois grands processus planifier sa démarche, superviser la réalisation du plan et objectiver son apprentissage.

7. Pour cet exposé, nous avons modifié quelque peu le modèle principal de l'auteur, tout en conservant ses éléments principaux. Le lecteur pourra examiner le modèle original et son déploiement sur plusieurs niveaux ainsi qu'une discussion de ses fondements dans Ruelland (2000).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Le premier processus, effectué par exemple au début d'un cours, amène l'apprenant à analyser la situation sous différents angles, à évaluer ses ressources et à élaborer son plan de travail. Il sert d'intrant au second processus.
- Le second processus consiste pour l'apprenant à superviser la réalisation de son plan selon six facteurs principaux : la progression de ses connaissances, la réalisation de ses travaux, la gestion de son temps et de l'échéancier, l'état de sa motivation, la maîtrise de son environnement d'étude et la qualité de ses interactions avec ses pairs et les autres acteurs qui interviennent dans son apprentissage. Ce second processus se réalise pendant l'apprentissage et donne à l'apprenant l'occasion de recueillir des données qui lui permettront par la suite d'objectiver sa situation.
- À certains moments définis à l'avance, par exemple à la fin d'un module d'un cours, ou lorsque des difficultés surgissent, l'apprenant enclenche un troisième processus par lequel il objective sa démarche. Pour ce faire, il a recours à un processus de métacognition (Noël, 1991) qui consiste à dresser un bilan de la situation, puis à poser un diagnostic et enfin à ajuster sa démarche. Si c'est nécessaire, l'apprenant pourra planifier à nouveau sa démarche et recommencer un cycle planification-supervision-objectivation.

Les résultats des essais qui ont eu lieu durant l'élaboration de ce modèle ont démontré la pertinence d'un espace d'autogestion pour le système Explor@. Ils ont également fourni certaines conditions favorisant l'utilité de ces outils. Pour que les outils d'autogestion soient « payants » pour l'étudiant, ils doivent faire plus qu'une feuille de papier statique et ne doivent pas devenir une surcharge de travail ni de temps.

Voici quelques-unes de ces conditions. Les outils de soutien à l'autogestion doivent :

- s'adapter aux besoins d'un apprenant qui étudie en milieu de travail ou en milieu scolaire, en mode téléapprentissage ou en mode mixte (face-à-face et téléapprentissage combinés) ;
- afficher des données dynamiques permettant de suivre la progression de la démarche d'apprentissage ;
- afficher des données cohérentes d'un outil à un autre ;
- favoriser le partage des données pour faciliter le travail en équipe et permettre à un apprenant de se situer par rapport au groupe et à l'équipe ;

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

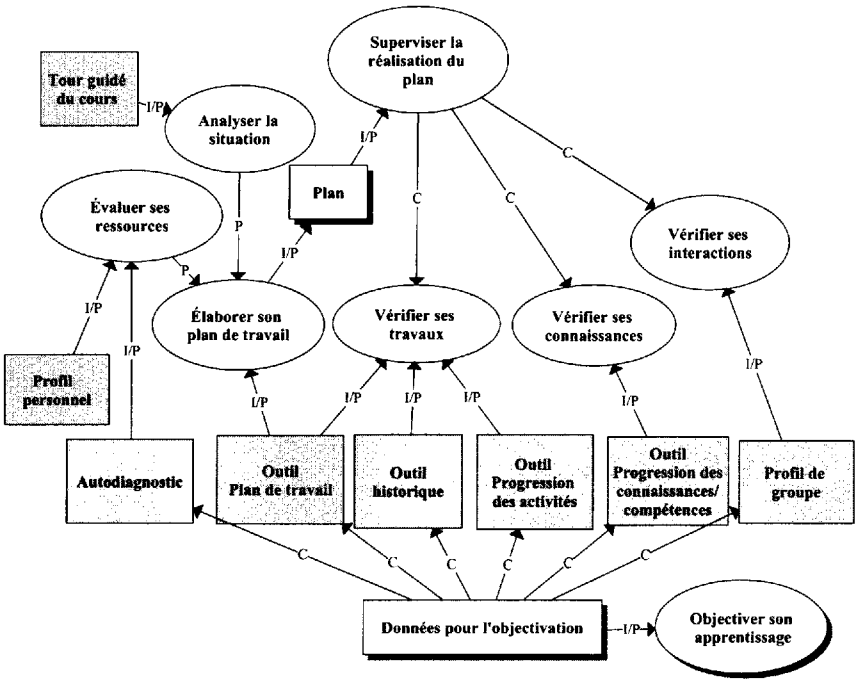
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- être transportables et permettre la gestion dans différents lieux d'apprentissage (maison, travail, etc.) en mode local, qui est le mode de travail privilégié par les étudiants ;
- permettre l'impression sur papier des données fournies dans les outils ;
- fournir des stratégies d'autogestion et d'utilisation qui aident l'apprenant à se servir efficacement des outils.

Avec ces objectifs en tête, on peut, en observant le modèle du processus d'autogestion de la figure 9.8, identifier certains outils d'autogestion qui remplissent ces conditions. La figure 9.9 présente les principaux outils existants ou en développement pour le système Explor@ en les rattachant aux composantes du processus d'autogestion.

Le *tour guidé* du cours est le point de départ nécessaire pour l'analyse de la situation, notamment pour l'identification des connaissances et des compétences visées, des activités, des ressources et des intervenants d'un cours. L'apprenant utilise ensuite l'outil *profil personnel* pour

Figure 9.9
Identification des outils d'autogestion



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

se présenter aux autres et leur fournir ses coordonnées, ainsi que leur faire connaître ses centres d'intérêt. Il utilise également un questionnaire *d'autodiagnostic* qui l'aide à évaluer ses forces et ses faiblesses relativement aux compétences visées par le cours.

Ces divers éléments l'aident à produire un plan de travail qui guidera ses travaux tout le long du cours et auquel il pourra se référer pour superviser et objectiver sa démarche eu égard à différents facteurs. L'outil *plan de travail* joue un rôle charnière entre les trois processus principaux de l'autogestion. Il permet à l'apprenant de construire un échéancier de ses activités individuelles et de collaboration qui détermine la quantité de travail à y consacrer en fonction des résultats de l'autodiagnostic.

Les quatre autres outils présentés à la figure 9.9 servent principalement à superviser la démarche de téléapprentissage en fournissant à l'apprenant des données qui lui serviront à objectiver sa démarche et, au besoin, à réviser son plan de travail. L'outil *historique* donne une trace de la démarche de l'apprenant en affichant les dates auxquelles les activités ont été réalisées. L'outil *progression des activités* présente côte à côte la structure pédagogique du cours et l'état d'avancement de l'apprenant. L'outil *bilan des connaissances* regroupe de façon synthétique les données de l'évaluation des travaux réalisés par l'apprenant dans le cours. Enfin, l'outil *profil de groupe* présente à chaque participant d'un groupe le profil personnel des autres participants et des données qui facilitent la collaboration et permettent à chaque apprenant de se situer par rapport au groupe. Il permet également aux personnes-ressources d'avoir une vue d'ensemble des progrès des étudiants d'un groupe, de façon à orienter les efforts d'assistance vers les apprenants qui en ont le plus besoin.

PROCESSUS ET OUTILS DE GESTION DES COMPÉTENCES

La gestion des compétences est ce processus par lequel une personne se construit un plan de formation dans le but d'atteindre un profil de compétences[8] au moyen d'un ensemble d'activités d'apprentissage formelles ou informelles. Ces activités[9] peuvent être des cours d'un programme d'études dans une université, un collège ou une école, des activités de perfectionnement continu en milieu de travail ou tout autre moyen permettant d'acquérir les compétences visées.

8. Des exemples et une définition des notions de compétence et de profil de compétences ont été présentés au chapitre 5.

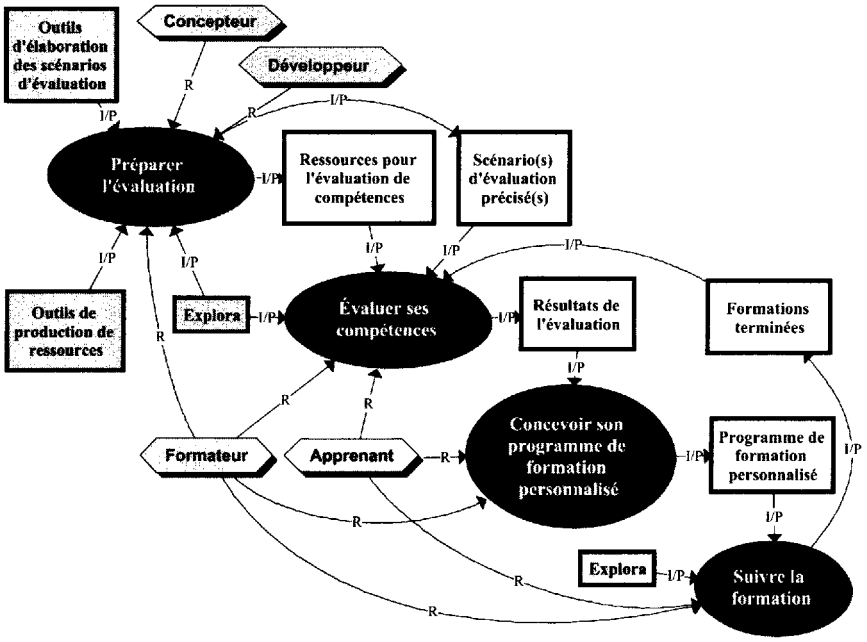
9. Nous utilisons le terme «événement d'apprentissage» pour désigner tout regroupement identifiable d'activités, quelles qu'en soient la forme et l'ampleur.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les figures 8.9 à 8.11 ont présenté un modèle multi-acteurs d'un processus d'évaluation des apprentissages. La gestion des compétences est un processus plus large qui fait appel à un tel processus d'évaluation, mais qui comporte d'autres tâches. La figure 9.10 présente un tel modèle, réalisé par Ileana de la Teja.

Figure 9.10
Le processus de gestion des connaissances



Le cycle de gestion des compétences fait intervenir quatre grands processus.

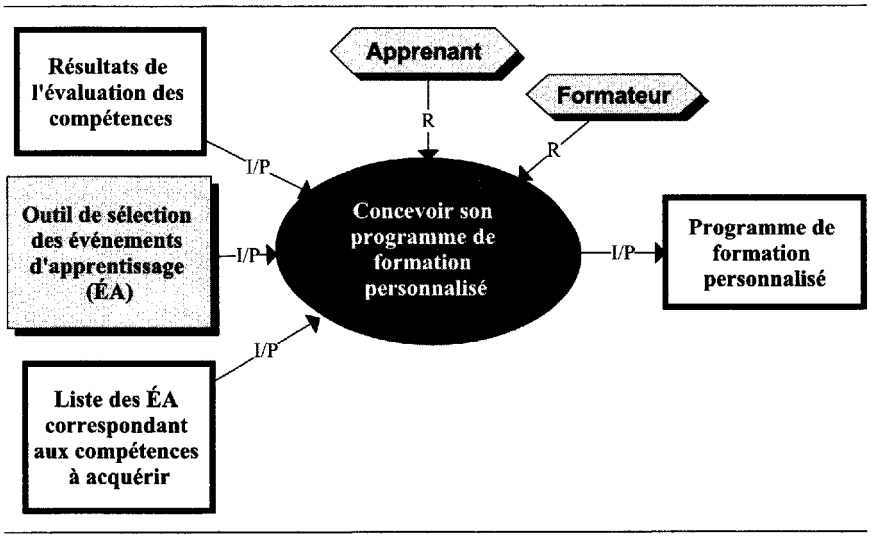
- Dans le premier processus, la préparation de l'évaluation des compétences est réalisée par un acteur concepteur qui élabore des scénarios d'évaluation avec des outils comme ceux de MISA et un acteur développeur qui produit les ressources nécessaires à l'évaluation. Un acteur formateur peut aussi participer à ce premier processus.
- Dans le deuxième processus, les ressources servant à l'évaluation (tests, questionnaires, travaux, etc.) ainsi que les scénarios d'évaluation regroupant les activités et les ressources d'évaluation sont intégrés dans le système Explor@ qui servira à soutenir l'évaluation des compétences par les apprenants ou les formateurs.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Dans le troisième processus, les apprenants, conseillés ou non par un formateur, utilisent les résultats de l'évaluation des compétences pour concevoir un programme de formation personnalisé dont le but est de les aider à atteindre les compétences visées.
- Dans le dernier processus, les apprenants suivent les formations retenues dans le programme de formation personnalisé. Ils peuvent revenir régulièrement évaluer leurs compétences avant d'entreprendre un nouveau cycle de formation.

La figure 9.11 illustre un sous-modèle du processus de conception du programme de formation et met en évidence un outil de sélection des événements d'apprentissage qui composent le programme de formation. Cet outil de sélection montre les résultats de l'évaluation des compétences. Pour chacune des compétences, il permet d'afficher une liste d'événements d'apprentissage qui peuvent concourir à l'atteinte de cette compétence et possiblement d'autres compétences. En utilisant l'outil de sélection, l'usager peut retenir les ÉA qui lui conviennent et planifier ceux qui composeront son programme de formation.

Figure 9.11
Une opération de gestion des compétences



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

PROCESSUS ET OUTILS DE GESTION DES RESSOURCES

Notre troisième exemple de conceptualisation d'outils Explor@ concerne la gestion des ressources de téléapprentissage, y compris les ÉA et les ressources qui servent à l'évaluation des compétences. Il porte aussi sur les documents, outils et services qui peuvent être utilisés par des apprenants à des fins d'autogestion ou par d'autres acteurs pour remplir leurs rôles dans le système de téléapprentissage.

Les trois modèles de cette section ont été réalisés par l'ensemble de l'équipe d'ingénierie pédagogique du LICEF, mais plus particulièrement par Karin Lundgren-Cayrol et Michel Léonard. Ces modèles ont servi à conceptualiser une pièce centrale du système Explor@, le gestionnaire de ressources (GR).

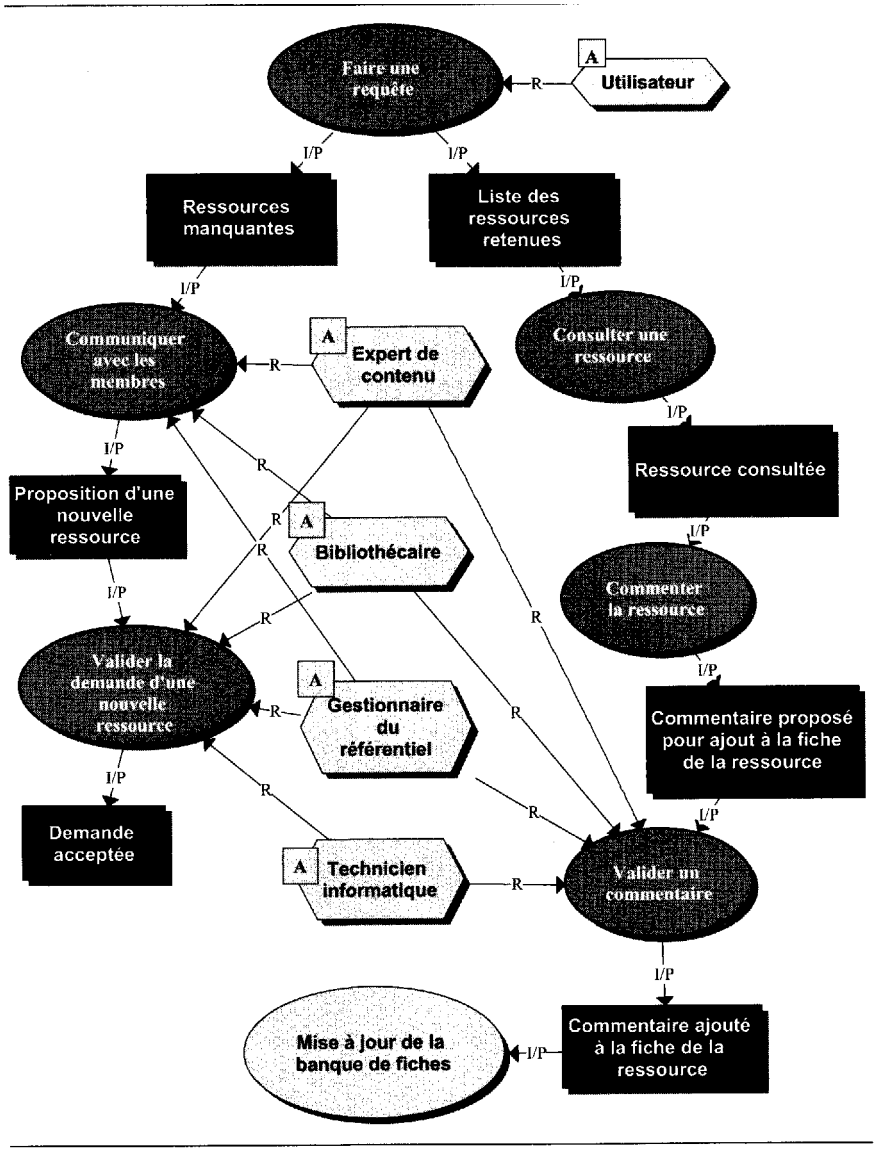
La gestion des ressources est un processus multi-acteurs dans lequel des personnes jouant le rôle d'éditeur repèrent des ressources intéressantes et les décrivent sur des fiches de métadonnées dont l'ensemble constitue un référentiel de ressources. Dans ce référentiel, des utilisateurs recherchent des ressources par divers mécanismes, les utilisent et donnent une rétroaction sur l'usage de la ressource dans le but d'améliorer le référentiel de ressources.

La figure 9.12 présente le premier niveau du processus d'utilisation, lequel commence lorsqu'un utilisateur fait une requête. A la suite de ce premier processus, selon que le résultat de la requête est satisfaisant ou non, on exécute trois autres processus dans le premier cas ou deux autres processus dans le second.

- Le premier processus consiste à soumettre une requête à l'aide des outils du gestionnaire. Pour ce faire, l'usager doit d'abord choisir une méthode de requête parmi les suivantes : par mots clés et opérateurs booléens, par fiche de requête, à l'aide d'un index linéaire ou hiérarchique (thésaurus), par une requête en langage naturel ou en faisant appel à des agents informatiques de veille. Selon la méthode choisie, il paramétrise la recherche, la lance et sélectionne des ressources potentielles qu'il retient. Si le résultat est satisfaisant, il pourra lancer et consulter chaque ressource, commenter les ressources et au besoin raffiner la recherche ; sinon, il pourra demander au système de nouvelles ressources.
- Le processus « Consulter la ressource » implique la sélection d'une ressource à la suite de la consultation de sa fiche de métadonnées, son lancement sur serveur distant ou sur poste local et son examen. Le processus « Commenter la ressource » consiste à annoter la ressource à l'intention du gestionnaire du référentiel de ressources. Le processus « Valider un commentaire » consiste pour le gestionnaire

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.12
Un modèle du processus de consultation d'un gestionnaire de ressources



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

à intégrer un commentaire au référentiel, au besoin après consultation d'un expert de contenu, d'un bibliothécaire ou d'un technicien informatique.

- Le processus « Communiquer avec les membres », déclenché lorsque la recherche donne des résultats insatisfaisants, fait appel à une foire aux questions (FAQ) à laquelle participent d'autres acteurs qui peuvent répondre aux besoins de l'utilisateur. Celui-ci poste un message sur la FAQ. Il peut aussi communiquer avec un membre de la communauté par le bottin des membres ou avec l'auteur d'un commentaire sur une ressource. Par ces moyens, les intervenants peuvent demander ou proposer une nouvelle ressource, résoudre des problèmes techniques ou d'accessibilité, informer d'autres intervenants sur l'utilité pédagogique d'une ressource, etc. Le dernier processus, « Valider la demande d'une nouvelle ressource », permet au gestionnaire du référentiel de modifier ce dernier par l'adjonction ou la modification d'une fiche de référence, ou d'informer l'utilisateur que sa demande ne peut être satisfaite.

La figure 9.13 présente le deuxième processus principal, « Élaborer la banque de fiches de ressources », processus dans lequel s'engagent les personnes jouant un rôle d'éditeur. Ce processus se déploie en quatre sous-processus par lesquels l'éditeur entre des données dans la fiche et propose que celle-ci soit insérée dans le référentiel de ressources. Les fiches sont ensuite validées par le responsable du gestionnaire de ressources (GR), lequel consulte au besoin un expert de contenu, un concepteur pédagogique, un bibliothécaire ou un technicien informatique. Lorsque la fiche de saisie est validée, le responsable du GR met à jour le référentiel de ressources et la base de données qui contient les métadonnées de chacune des ressources.

La figure 9.14 présente le premier de ces processus, le processus d'édition des données d'une fiche. Ce modèle illustre la structure de la fiche de référencement d'une ressource, laquelle comporte certaines différences selon le type de la ressource. Le type de la ressource est fondé sur une taxonomie des ressources en sept grandes catégories de premier niveau et plusieurs sous-catégories.

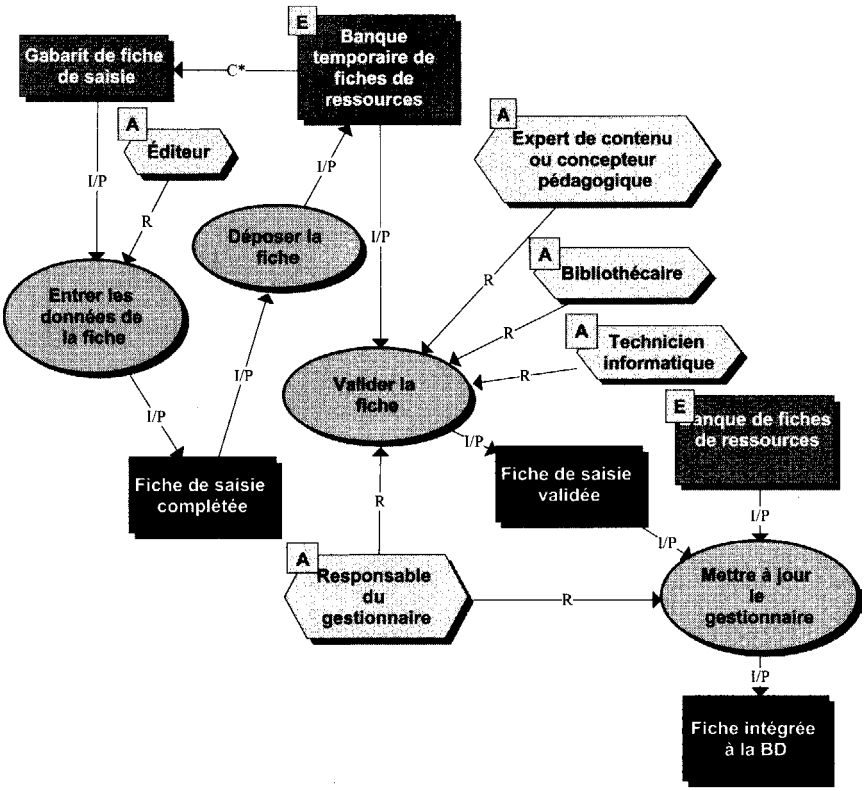
La fiche comporte une section générale, une section technique, une section « Conditions d'accessibilité » et une section « Contexte d'utilisation », lesquelles ont été analysées pour leur concordance avec les standards internationaux d'IMS[10].

10. Voir à ce sujet: <www.imsproject.org>.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

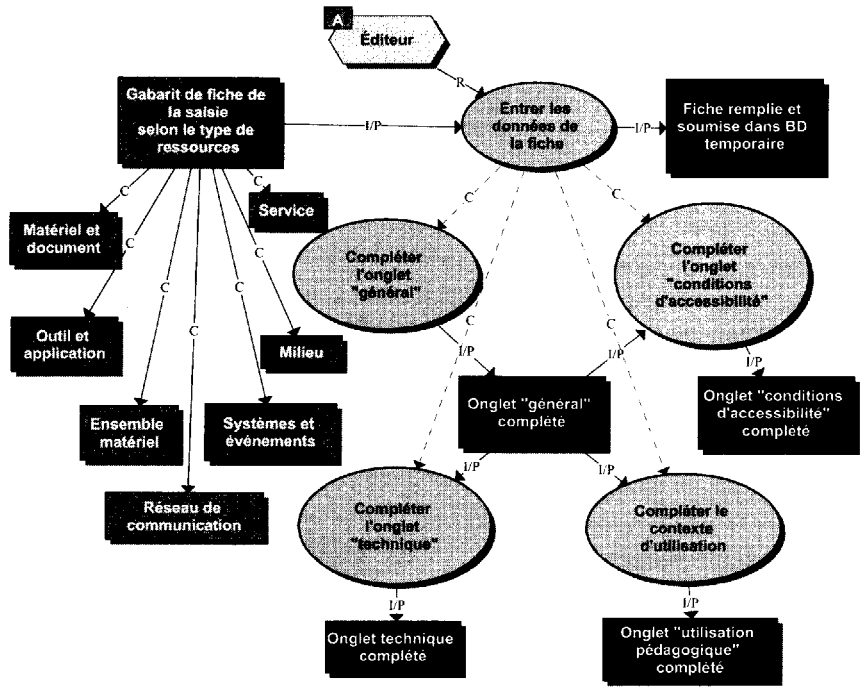
Figure 9.13
Un modèle de l'élaboration de la banque de ressources



- La section générale comporte des attributs tels que le titre, le type de la ressource, son propriétaire, son adresse, la date où elle a été rendue disponible, sa langue, la date de sa prochaine révision et sa description.
- La section technique contient le type du fichier, la mention de la version, la taille de la ressource, son format et la configuration minimale nécessaire à son lancement.
- La section « Conditions d'accessibilité » précise les droits d'accès, le prix, les droits d'auteur et les autres conditions d'évaluation ainsi que la référence à d'autres versions.
- La section « Contexte d'utilisation » indique les événements d'apprentissage dans lesquels la ressource est utilisée, les publics cibles visés, les connaissances et les habiletés visées, les préalables techniques ou méthodologiques et possiblement des liens avec des ressources complémentaires ou avec des évaluations externes de la ressource.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.14
Un modèle illustrant les composantes d'une fiche de métadonnées d'une ressource



Les modèles qui viennent d'être présentés et d'autres ont permis de définir de façon conceptuelle les divers outils d'un gestionnaire de ressources, comme base d'une analyse informatique subséquente permettant de les programmer et de les intégrer au système Explor@ - II.

9.3. MODÉLISER UNE ÉCOLE INFORMATISÉE [11]

Dans cette section, nous présentons certains aspects d'un projet de recherche-action réalisé par une équipe, sous la direction de Josiane Basque de 1994 à 1998, dans deux écoles secondaires pilotes, dans le cadre du projet expérimental « L'école informatisée clef en main » du ministère de l'Éducation du Québec.

11. Cette section reprend de larges extraits de l'introduction du document *Un modèle adaptable d'une école informatisée* (Basque *et al.*, 1998), publié par le Centre de recherche LICEF de la Télé-université et le ministère de l'Éducation.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CONTEXTE DE LA DÉMARCHE

Ce projet a permis d'élaborer le modèle d'une école informatisée et le modèle générique d'une démarche d'intégration des TIC dans une école. Ensemble, les deux modèles peuvent servir de référence pour aider les milieux scolaires à faire des choix adaptés à leurs besoins spécifiques en matière d'implantation des TIC, que ce soit dans des activités d'enseignement et d'apprentissage, des activités de gestion scolaire ou encore des activités d'exploitation des ressources documentaires.

Nous présentons ici le premier modèle[12]. Par «modèle d'une école informatisée», nous entendons non pas une vision idéale, unique et immuable de l'utilisation des technologies de l'information et des communications (TIC) dans les écoles du Québec, mais une vision systémique et adaptable des multiples usages possibles des TIC dans l'ensemble des processus d'une école typique, « repensée » dans son entièreté en tenant compte de toute sa complexité.

Selon cette perspective, l'école peut être considérée comme une organisation dans laquelle différents intervenants (étudiants, enseignants, professionnels non enseignants, gestionnaires, membres du conseil d'établissement, parents, etc.) reçoivent, consultent, traitent, manipulent, produisent et communiquent de l'information durant l'exécution de diverses activités comme enseigner, apprendre ou gérer. Ces processus sont régis par un certain nombre de principes (pédagogiques ou de gestion) et effectués au moyen de divers outils. Les TIC se présentent alors comme de nouveaux outils ayant le potentiel de faciliter, d'enrichir ou de repenser la manière d'exécuter ces processus. Elles deviennent des leviers de redéfinition des diverses activités qui se réalisent dans l'école.

L'approche systémique de la gestion scolaire a guidé la démarche de construction du modèle de l'école informatisée. Selon cette approche, l'école est un système qui s'inscrit dans des systèmes plus larges et qui contient des sous-systèmes interreliés. Il nous est donc apparu important non seulement d'identifier les processus de l'école, mais également de spécifier les liens qui existent entre eux.

Le développement du modèle s'est déroulé en trois temps : l'élaboration d'une version graphique du modèle, la rédaction d'une description des diverses composantes du modèle et la réalisation d'une version multimédia du modèle intégrant les descriptions graphique et textuelle.

12. Le document intitulé *Une démarche d'intégration des technologies de l'information et des communications dans une école* présente les résultats des travaux accomplis et le deuxième modèle. Ce document est disponible sur le site du projet EICEM.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CONSTRUCTION DU MODÈLE GRAPHIQUE DE L'ÉCOLE

La version graphique du modèle a été conçue sous la forme d'un modèle de grande ampleur, déployé sur quatre niveaux à l'aide du logiciel MOT. On y retrouve trois types d'objets.

1. Les processus de l'école sont représentés par des symboles de type processus.
2. Les intervenants qui régissent ces processus ou qui aident à leur exécution sont représentés par des principes. Ces intervenants peuvent être les différentes catégories de personnes présentes dans une école (étudiants, personnel enseignant, personnel de direction, personnel professionnel, etc.).
3. Les intrants et les produits des processus de l'école sont représentés par des concepts. Ce sont par exemple les documents imprimés, les documents électroniques ainsi que les équipements et outils informatiques qui sont utilisés pour accomplir les processus (intrants) ou qui sont produits par l'exécution des processus (produits).

Pour adapter le modèle à la situation d'une école donnée, un utilisateur peut ajouter un quatrième type d'objets qui n'apparaît pas ici. Par exemple, un utilisateur du modèle peut vouloir indiquer quel logiciel de traitement de texte (p. ex.: Word, WordPerfect, etc.) est utilisé dans son école. Il peut alors ajouter cette information en instanciant l'intrant « traitement de texte » par un symbole de type fait qui représente le logiciel Word ou WordPerfect. Il peut aussi instancier les procédures à un fait représentant un processus précis de l'école ou instancier les intervenants à des personnes ou à des corps d'emploi précis dans l'école.

On trouve dans le modèle cinq types de relations entre ces objets.

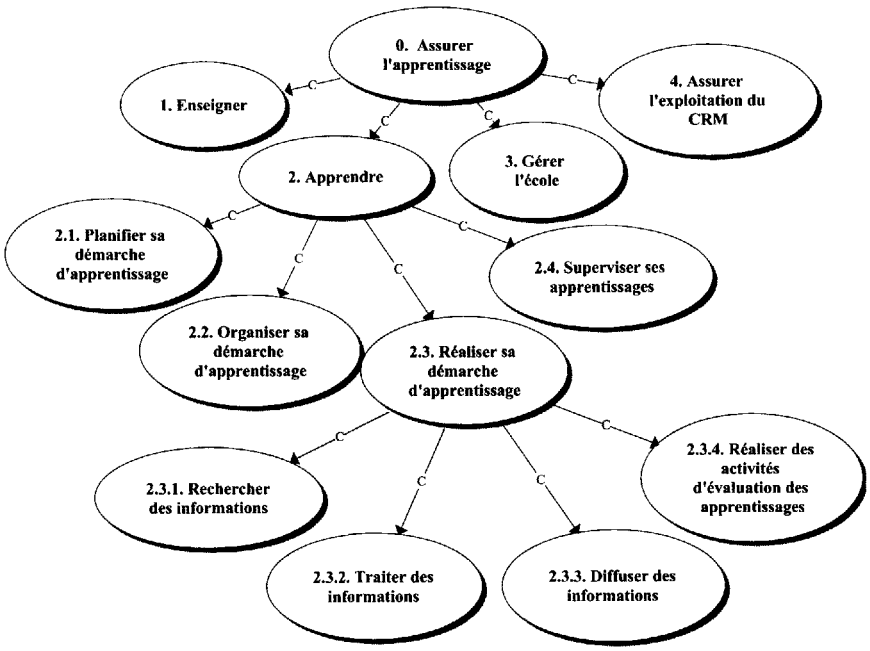
- Les liens de composition (C) permettent de hiérarchiser les processus de l'école. La hiérarchie comporte quatre niveaux : 0, 1, 2 et 3. Le niveau 0 représente le processus le plus général dans une école, soit la mission de l'école, que nous avons simplement identifiée comme : « Assurer l'apprentissage ».

Au niveau 1, on note quatre grands processus qui contribuent à l'atteinte de cette mission, soit « Enseigner », « Apprendre », «Gérer l'école » et « Assurer l'exploitation du Centre de ressources multimédias (CRM) ». Au niveau 2, chacun de ces processus se décompose en sous-processus. Par exemple, le processus « Apprendre » est subdivisé en quatre sous-processus. Le dernier niveau de la hiérarchie permet de décomposer chacun des sous-processus de niveau 2 en tâches. Au total, le modèle comprend la description de 63 tâches. La figure 9. 15 présente une partie de la hiérarchie des processus de l'école.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.15
Hiérarchie des processus de l'école



- Les liens de régulation (R) relient un intervenant à un processus qu'il « régit » ou dont il est « responsable ». Par exemple, l'intervenant Élève régit le processus
« Apprendre ».

- Le lien d'assistance (A) reliant un intervenant à un processus signifie que cet intervenant participe à l'exécution du processus en tant qu'assistant ou aide. La figure 9.16 indique que l'intervenant Enseignant assiste l'intervenant Élève dans le processus « Apprendre ».

- Les liens intrant/produit (I/P) relient un intrant ou un produit à un processus. La figure 9.16 illustre les intrants du processus « Apprendre ».

La figure 9.17 illustre les intrants et les produits de la tâche 2.4.1, « Évaluer ses propres besoins d'aide au cours de son cheminement scolaire ».

- Les liens de spécialisation (S) relient deux objets du même type, dont l'un est une « sorte de » l'autre. Ainsi, le premier est plus spécifique que le deuxième. La flèche va de l'objet le plus spécifique vers l'objet le plus général.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.16
Les acteurs et les intrants du processus « Apprendre »

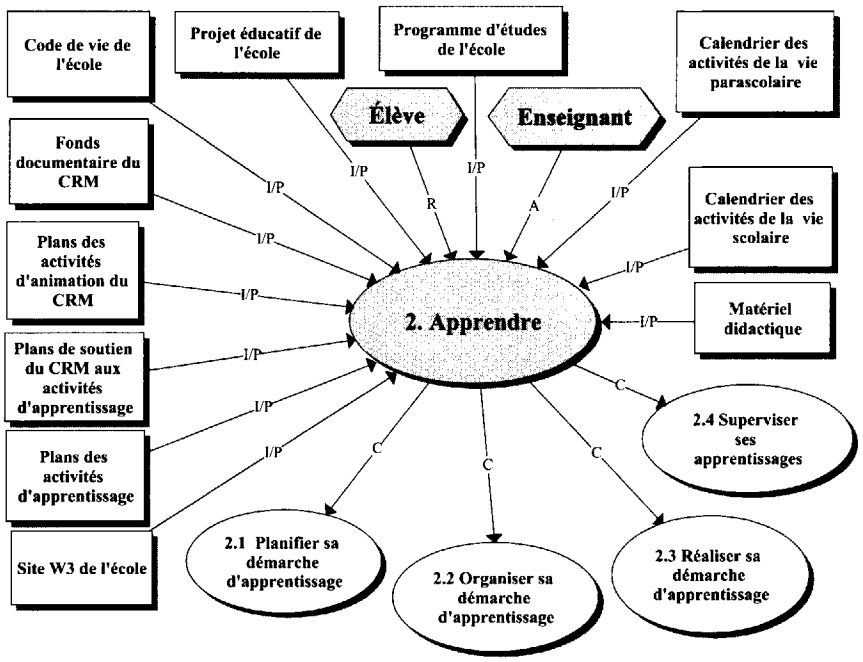
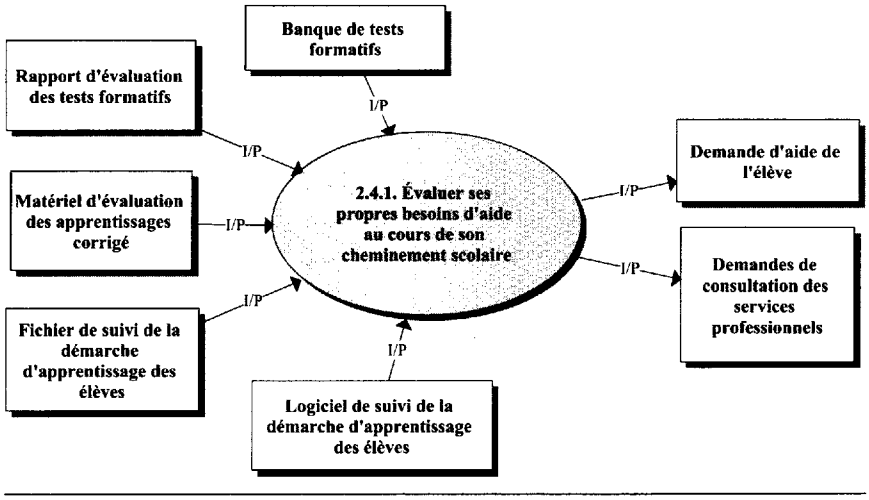
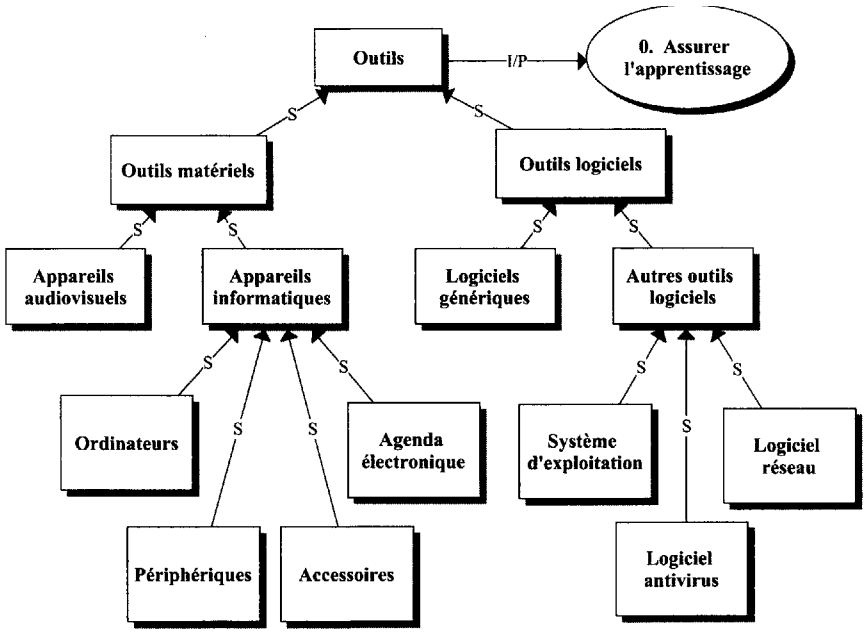


Figure 9.17
Intrants et produits d'une tâche terminale (de niveau 3)



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.18
Hiérarchie des outils au niveau 0



La version graphique du modèle adaptable d'une école informatisée compte 84 processus, plus de 300 intrants ou produits et une dizaine de catégories d'intervenants. En raison de l'ampleur du modèle, il s'est avéré utile d'établir certaines conventions facilitant l'interprétation du modèle.

- Tous les intrants/produits et les intervenants d'un processus sont « hérités » aux niveaux inférieurs de ce processus. Cette notion d'héritage permet de réaliser des graphes plus aérés et d'éviter la redondance. Au moment de lire un graphe, il est donc important de repérer les intrants/produits et les intervenants apparaissant aux niveaux supérieurs de ce graphe. Le lecteur remarquera que les intrants de type logiciel « générique » (traitement de texte, tableur, courriel, logiciel de dessin, navigateur, logiciel de présentation, etc.) apparaissent au niveau 0 de la hiérarchie des processus (sous l'intrant « outils »), puisque les outils logiciels de ce type peuvent servir dans l'ensemble des processus de l'école. Des logiciels spécifiques, dont l'utilisation est plus pointue, apparaissent plutôt dans les tâches (niveau 3).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- Les intrants /produits sont définis en termes génériques. Ainsi, aucun outil technologique ni aucun logiciel générique ou spécifique ne sont nommés dans les graphes. Par exemple, la formule « logiciel de traitement de texte » est utilisée, plutôt que le nom d'un logiciel spécifique comme Word.
- Les objets qui apparaissent sur plusieurs graphes sont identifiés au moyen d'un point rouge indiquant qu'ils ont été copiés avec référence. Dans le logiciel MOT, en sélectionnant l'objet, puis « Référence suivante » dans le menu « Affichage », il est possible de repérer un à un tous les graphes sur lesquels cet objet apparaît. On peut aussi faire apparaître sur une autre page du modèle tous les autres objets auxquels un objet est relié, en faisant une requête de voisinage sur l'objet référencé. Il s'agit alors de sélectionner l'objet référencé, puis de choisir « Insérer les voisins » dans le menu Édition.

DESCRIPTION TEXTUELLE DU MODÈLE

Parallèlement à leur élaboration sous forme de graphes, tous les processus, les sous-processus et les tâches ont fait l'objet d'une fiche descriptive. Chaque fiche donne une définition du processus (ou sous-processus ou tâche), offre un bref aperçu de l'apport que peuvent avoir les TIC dans la réalisation de ce processus, dresse la liste des intrants les plus signifiants du processus (y compris les outils informatiques) ainsi que celle de ses produits et identifie la ou les catégories d'intervenants qui exécutent ce processus ou aident à sa réalisation. Le tableau 9.1 reprend une de ces fiches.

En plus des fiches décrivant les processus et les tâches, d'autres fiches portent plus spécifiquement sur les diverses catégories d'outils décrites dans le modèle et donnent, pour chacune de ces catégories, quelques exemples d'outils déjà existants.

VERSION MULTIMÉDIA DU MODÈLE

Une fois les versions graphiques et textuelles du modèle complétées, une version plus conviviale a été développée pour le milieu scolaire. Cette version prend la forme d'un document multimédia, intitulé *Piste : Pistes d'intégration systémique des TIC à l'école*, qui peut être téléchargé à partir du site du projet. Elle fait apparaître les intrants et les produits hérités. Il s'agit toutefois d'une version de consultation uniquement, c'est-à-dire qu'elle n'est pas « adaptable », contrairement au modèle MOT qui peut être ajusté aux particularités d'une école donnée.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 9.1
Exemple de fiche descriptive

2.4.1 Évaluer ses propres besoins d'aide au cours de son cheminement scolaire	
Description Cette tâche consiste pour l'élève à reconnaître les difficultés qu'il rencontre au cours de son cheminement scolaire et à identifier les sources d'aide disponibles dans l'école ou à l'extérieur. Les difficultés peuvent être d'ordre cognitif (difficulté de compréhension, besoin d'exercices complémentaires, etc.), d'ordre affectif ou d'ordre physique. L'élève peut aller puiser de nouvelles activités d'évaluation des apprentissages dans la banque de tests formatifs, afin de revérifier sa compréhension ou son acquisition de nouvelles connaissances et compétences. À partir du rapport d'évaluation des tests formatifs, du matériel d'évaluation corrigé et de son propre fichier de suivi de la démarche d'apprentissage, l'élève analysera ses besoins et fera des demandes d'aide auprès des ressources disponibles ou des demandes de consultation aux services professionnels.	
Apport des TIC La banque de tests formatifs peut être sur support informatique, ce qui facilite le repérage des tests les plus appropriés à chaque élève. Le courrier électronique peut offrir à l'élève un moyen plus discret que le téléphone ou une démarche personnelle à un bureau pour rechercher les sources d'aide. Le site W3 de l'école peut aussi être une importante source d'informations à cet égard. Un navigateur permettra également à l'élève de rechercher sur Internet des informations pouvant l'aider à mieux gérer son apprentissage.	
Intrants • Matériel d'évaluation des apprentissages corrigé • Banque de tests formatifs • Rapport d'évaluation des tests formatifs • Fichier de suivi de la démarche d'apprentissage • Logiciel de suivi de la démarche d'apprentissage	**Produit** • Demande d'aide de l'élève • Demande de consultation aux services professionnels
Intervenants **Responsable :** Élève **Assistants :** Enseignant, personnel professionnel	

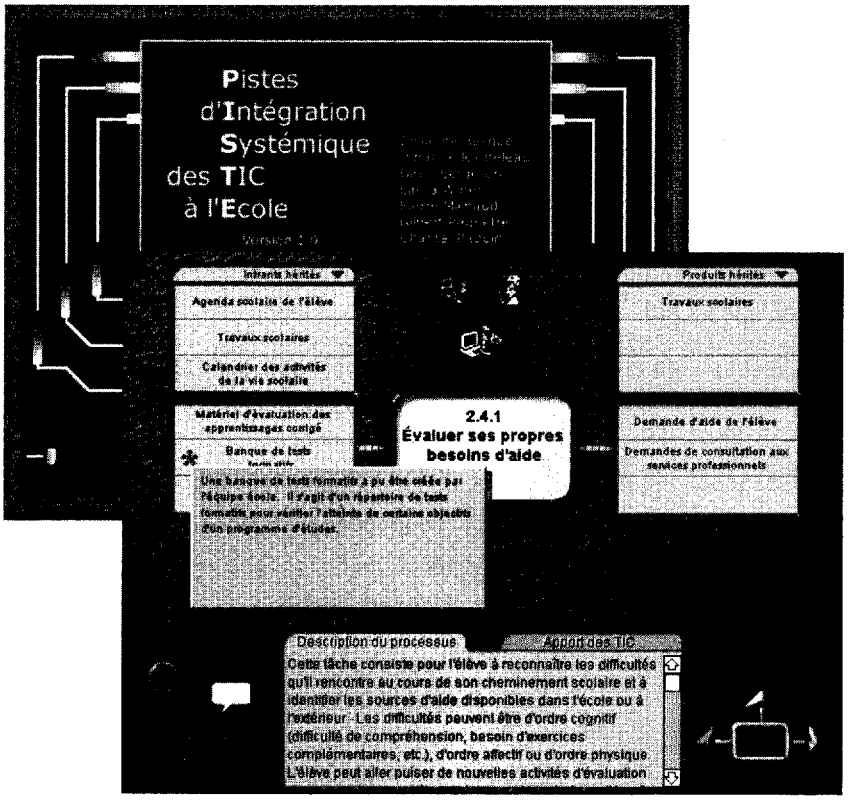
UTILISATION PROPOSÉE DU MODÈLE

Les milieux scolaires peuvent utiliser le modèle pour élaborer leur plan d'implantation des TIC ou pour le réviser régulièrement. En effet, le modèle offre une vision globale et intégrée des processus habituellement suivis dans une école ainsi qu'un aperçu des utilisations possibles de divers outils technologiques. Par conséquent, chaque équipe-école peut sélectionner les processus, les sous-processus ou les tâches qui devraient être considérés en priorité à l'intérieur du plan d'implantation des TIC. Elle peut aussi obtenir facilement un portrait des multiples utilisations possibles d'un outil particulier dans l'ensemble des processus de l'école, ce qui lui permettra d'exploiter de façon maximale chacun des outils qu'elle décidera d'implanter dans l'école.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 9.19
Le modèle en version multimédia



Il est aussi possible d'utiliser le modèle pour tracer le portrait de l'informatisation des différents processus de l'école à un moment donné ou encore le portrait du but visé en matière d'informatisation de l'école. En effet, le terme «adaptable» qui apparaît dans le titre de ce modèle signifie que les milieux scolaires peuvent apporter des modifications à leur guise dans la version graphique du modèle. Pour refléter le mieux possible les besoins de l'école, chaque équipe-école peut donc retrancher, ajouter ou encore changer les libellés des objets ou des relations entre les objets présents dans le modèle. L'équipe-école peut même ajouter des niveaux au modèle, si elle souhaite décomposer davantage certaines tâches.

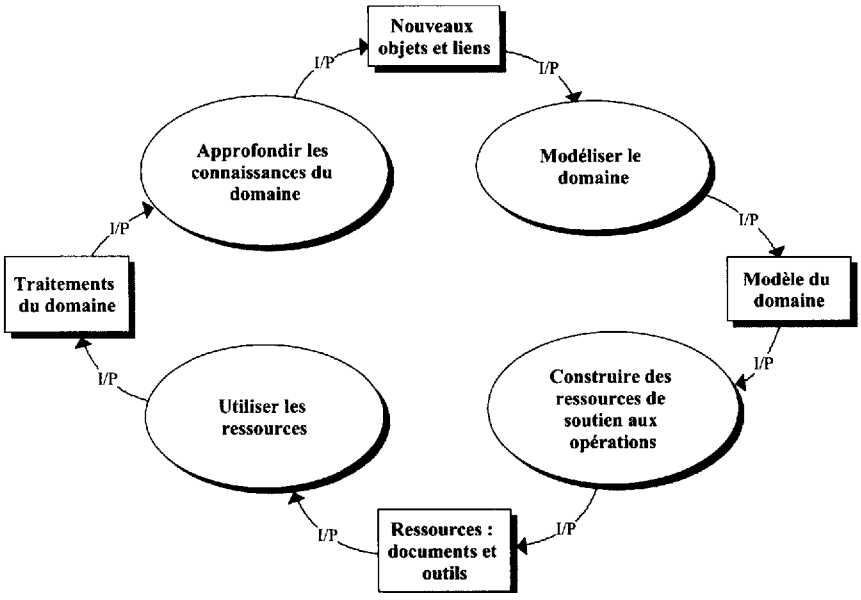
© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons présenté trois projets d'envergure réalisés au moyen de la technique de modélisation décrite dans les chapitres précédents. Nous avons modélisé une méthode, MISA, construit trois représentations de processus de téléapprentissage, soit l'autogestion de l'apprentissage, la gestion des compétences et la gestion des ressources menant à une définition conceptuelle d'outils pour le système de téléapprentissage Explor@, et, enfin, nous avons bâti le modèle d'une école informatisée.

Malgré leurs différences, ces trois démarches de modélisation ont beaucoup en commun. Dans les trois projets, on modélise d'abord pour comprendre, approfondir, se donner une vue d'ensemble et relever systématiquement les objets importants d'un domaine et leurs relations. Puis on utilise le modèle pour définir le rôle des outils dans le traitement des informations : un atelier d'ingénierie pédagogique dans le premier cas, des outils de soutien au téléapprentissage dans le second, un outil d'implantation et de suivi de l'informatisation d'une organisation dans le troisième cas.

Figure 9.20
Modélisation et outils



© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

La figure 9.20 situe bien le rôle de la modélisation dans un cycle d'acquisition et d'utilisation des connaissances. Le modèle d'un domaine sert à construire des ressources de soutien aux opérations décrites dans le modèle. Le modèle facilite la définition de ces ressources (outils, documents, services, etc.) en précisant qui les fournit, qui les utilise et dans quels processus ou opérations elles peuvent être employées. Une fois construites, ces ressources sont utilisées par les acteurs auxquels elles sont destinées pour effectuer divers traitements du domaine : faire une ingénierie pédagogique, gérer des activités, des compétences ou des ressources, gérer les processus d'une école. L'observation des traitements d'un domaine à l'aide de ces ressources permet non seulement de valider le modèle, mais aussi de découvrir de nouveaux objets et de nouveaux liens qui conduiront à améliorer la modélisation du domaine. Cette métaméthode de recherche et de développement peut évidemment être appliquée à bien d'autres domaines.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Chapitre

10

VERS LE WEB SÉMANTIQUE

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Dans ce chapitre de conclusion, nous présentons le rôle important que la modélisation des connaissances sera appelée à jouer dans le Web de l'avenir. Au-delà de l'accès aux informations que permet le Web actuellement, dans le Web sémantique du futur, la signification de ces informations devra pouvoir être décrite pour être traitée par des agents informatiques intelligents, capables de faire pour nous toutes sortes de tâches difficiles à effectuer aujourd'hui.

La représentation des connaissances, objet du présent ouvrage, est le thème central de ce domaine des sciences cognitives appelé l'intelligence artificielle (IA). L'IA se fixe un double but[1] : 1) comprendre le fonctionnement de l'intelligence humaine par la reproduction de certains de ses processus par des programmes informatiques, et 2) prolonger l'intelligence humaine en construisant des agents intelligents capables de réaliser diverses tâches évoluées. Nous nous intéressons ici à ce deuxième aspect.

10. 1. LE WEB SÉMANTIQUE

La croissance exponentielle des informations disponibles dans l'Internet rend de plus en plus nécessaire l'introduction d'agents intelligents facilitant le traitement des informations et des connaissances. Dans un récent article[2], le fondateur du Web et actuel directeur du consortium W3, Tim Berners-Lee, propose avec ses collègues de doter l'Internet d'informations dont la signification serait interprétable par un programme informatique appelé « agent », celui-ci pouvant alors faire des recherches d'information pour nous de diverses façons plus intelligentes que maintenant.

Par exemple, vous apprenez que votre mère doit recevoir une série de traitements hebdomadaires de physiothérapie recommandés par son médecin spécialiste, pour lesquels elle a besoin que vous l'accompagniez. Sur le Web sémantique, un appel à l'agent informatique qui s'occupe de votre agenda lui fournira d'abord l'objectif d'ajuster votre agenda en conséquence. Votre agent obtient de l'agent du médecin les informations concernant le *traitement, puis* examine une liste de *physiothérapeutes* et sélectionne ceux qui répondent aux critères du *plan d'assurance* de votre mère et qui travaillent dans un *rayon de 20 kilomètres* de son domicile.

1. Voir Paquette et Bergeron (1989).

2. Cette section reprend certains exemples d'un article de vulgarisation scientifique de Berners-Lee *et al.*, paru en mai 2001 dans le magazine *Scientific American.*

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Puis, votre agent commence à rechercher les *heures de visite* compatibles avec votre agenda chargé. En quelques minutes, il est en mesure de vous présenter un plan de visites.

Nous avons mis en italique les termes dont l'agent doit avoir une définition et connaître les relations avec les autres termes pour pouvoir faire les liens nécessaires et trouver les informations essentielles pour atteindre l'objectif que vous lui avez fixé au départ.

Bien que de tels agents informatiques existent aujourd'hui, ils ne peuvent pas encore être très utiles car le Web est construit pour que des humains lisent les informations et non pour que des programmes soient capables d'en traiter le sens. Actuellement, nos ordinateurs peuvent analyser des pages Web pour y retrouver des informations, des liens avec d'autres pages, mais en général ils n'ont aucun moyen d'en traiter la signification et de déduire des relations.

Pour cela, il faudrait que le sens d'une page soit encodé dans une autre page qui lui serait associée. De la sorte, quand l'agent arriverait sur la page de la clinique de physiothérapie, il pourrait non seulement repérer syntaxiquement des mots clefs tels que « traitement, médecin, physiothérapie ou horaire », mais aussi que le physiothérapeute Untel travaille à cette clinique les lundis, mercredis et vendredis durant certaines périodes de l'année. La page contiendrait alors un script qui pourrait être interprété par l'agent informatique et qui retournerait les heures de visites possibles pour une certaine période entre telle date et telle date.

Le Web sémantique n'est pas un autre réseau Internet mais une extension de celui-ci contenant de plus en plus de pages pointant sur des descriptions du sens des informations qui s'y trouvent, et donc interprétables par un agent informatique de recherche. Compte tenu des millions, sinon des milliards, de pages actuellement accessibles dans l'Internet, le passage au Web sémantique ne se fera pas du jour au lendemain, mais il est déjà commencé. Il se réalisera probablement domaine par domaine par les membres d'une communauté de pratique intéressés par un même domaine et qui procèdent à sa définition.

REPRÉSENTER LES CONNAISSANCES POUR LE WEB

Pour que le Web sémantique fonctionne, les programmes informatiques doivent disposer d'ensembles d'informations structurées et de règles d'inférence leur permettant de faire des raisonnements. Les systèmes de représentation des connaissances développés en intelligence artificielle ont atteint des résultats intéressants sur ce plan, notamment dans la construction de systèmes experts et l'analyse du langage naturel.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Jusqu'à tout récemment, ces systèmes étaient centralisés et demandaient à tous les utilisateurs de partager une même définition des concepts. De plus, les questions traitées par les systèmes experts étaient limitées pour qu'ils puissent répondre de façon fiable à un petit nombre de questions. Au contraire, pour construire le Web sémantique, on doit accepter une décentralisation des concepts, une multiplicité des terminologies et un ensemble de questions pouvant évoluer dans le temps avec flexibilité.

Heureusement, les technologies pour développer le Web sémantique sont disponibles. Le langage XML permet de créer une description structurée du contenu d'une page Web, laquelle peut ensuite être interprétée par des scripts ou des programmes informatiques. La signification de ce contenu peut être spécifiée par un protocole de description de ressources appelé RDF (Ressource Description Framework). Celui-ci représente les connaissances sous la forme de triplets, lesquels peuvent être rédigés en langage XML. Un triplet met en relation un sujet, une relation et un complément, ce qui permet de faire des assertions élémentaires à propos de personnes, de pages Web ou de tout autre type d'objets.

Par exemple, dans un ensemble de pages Web sur les relations de parenté entre des personnes, le RDF permettra de représenter des assertions impliquant ces personnes et des relations telles que « est frère de » ou « est père ou mère de ». Ainsi, à partir des assertions «Jean est frère de Nathalie » et «Nathalie est mère de Nicole », et de la règle de définition « Si X est frère de Y et Y est mère de Z, alors X est oncle de Z », un agent de recherche pourra déduire que «Jean est oncle de Nicole » sans que cela soit écrit explicitement comme information sur une page Web. On peut alors parler d'agents intelligents, puisqu'ils peuvent déduire des informations qui ne sont pas explicitement énoncées.

Les triplets de RDF déclarés sur le Web constituent une toile d'informations où les sujets, les objets et les relations peuvent être définis de façon unique par des URI (Universal Resource Identifier) de façon analogue aux liens avec une page Web. Les URL (Uniform Resource Locators) sont d'ailleurs un cas particulier d'URI. Ce mécanisme permet à quiconque de définir une nouvelle relation tout simplement en spécifiant son URI quelque part sur le Web. Il permet également de créer des agents offrant des services de traitement des informations. Parce que le RDF utilise des URI pour encoder l'information d'un document, ces URI nous assurent que les concepts qu'ils décrivent sont plus que des mots dans un document. Ils représentent une définition dont tout le monde peut retrouver la signification sur le Web.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Les URI peuvent également servir à représenter les concepts au-delà des terminologies ou même du langage naturel utilisé, car il suffira de déclarer que tel terme utilisé dans une page Web est un synonyme d'un concept défini par son URI. Pour cela, il faut recourir à un troisième concept du Web sémantique : celui d'ontologie.

10.2. DÉCRIRE UNE ONTOLOGIE

En philosophie, on appelle « ontologie » une théorie concernant les types d'objets qui existent indépendamment de tout agent extérieur les connaissant. L'ontologie, en tant que discipline philosophique, étudie ces théories de l'existence. L'IA a adopté le terme « ontologie » en lui donnant le sens plus restreint de document définissant de façon formelle des termes et des relations entre eux.

Un exemple typique d'ontologie pour le Web sémantique est une taxonomie de concepts et un ensemble de relations et de règles d'inférence. La taxonomie définit des classes et des sous-classes d'objets de même type. On peut ensuite définir un certain nombre de relations entre les objets d'une classe, en permettant à ses sous-classes d'hériter de ces propriétés. Les règles d'inférence (ou axiomes) ajoutent à l'expressivité de l'ontologie.

Illustrons ces idées à l'aide d'un exemple. On peut s'intéresser aux professions des personnes en décrivant une taxonomie des professions. Une partie de cette *taxonomie* est représentée dans le modèle MOT de la figure 10.1 sous la forme de concepts de plus en plus spécialisés, reliés par des liens S. La classe des personnes est subdivisée en sous-classes, par exemple « Employés de bureau », « Professionnels » ou « Ouvriers », et celles-ci en sous-classes plus spécialisées comme « Avocats », « Informaticiens » ou « Médecins ».

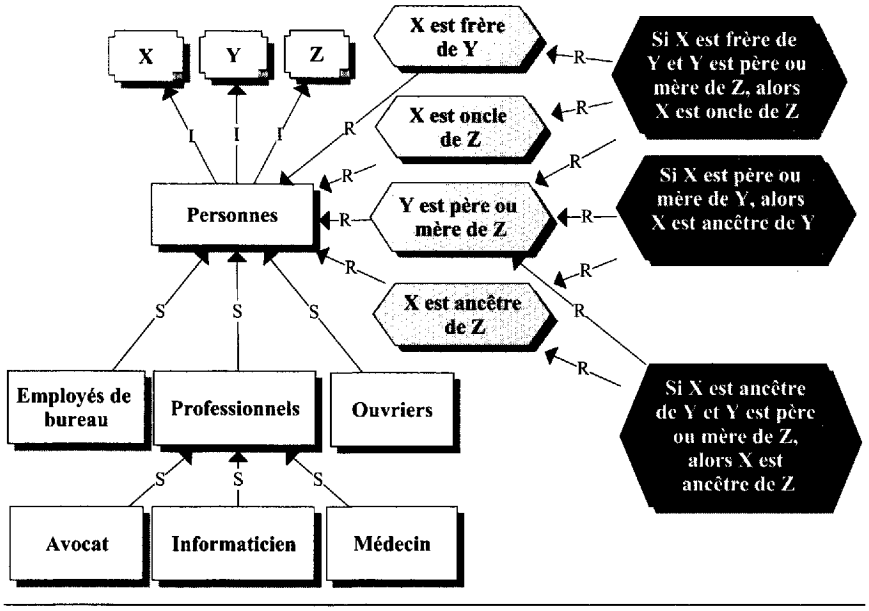
Ce modèle MOT contient également des *relations* de parenté entre des personnes, telles que « est frère de », « est père ou mère de », « est oncle de » et «est ancêtre de ». Ces relations permettent d'établir des propriétés concernant deux individus donnés X et Y, comme « X est frère de Y ». Ces propriétés sont représentées sur le modèle par des principes élémentaires (en gris sur la figure). Si l'on remplace X et Y par le nom d'individus précis, ces principes deviendront des assertions, par exemple «Jean est frère de Pierre » ou «Jean est oncle de Mario ».

On complète la définition de l'ontologie en ajoutant trois *règles d'inférence (ou axiomes)* représentées dans le modèle par des principes (en inversé sur la figure) établissant des liens entre les relations. Le premier axiome permet de définir la relation « est oncle de » en fonction des

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 10.1
Une ontologie des professions et des relations familiales



relations « est frère de » et « est père ou mère de ». Les deux autres axiomes permettent de définir la relation « est ancêtre de » en fonction de la relation « est père ou mère de ».

Un graphe MOT comme celui de la figure 10.1 peut être transformé en langage XML par un des modules de l'éditeur MOT ou MOT+. L'encadré qui suit présente le code XML[3] correspondant à la figure 10.1. Associé à des pages Web, ce code XML ajoute une signification qui pourra être exploitée par des scripts ou des programmes intégrés dans divers agents informatiques. Un agent informatique pourra lire ce texte et obtenir ainsi la signification des termes utilisés dans les pages Web. Il pourra notamment utiliser les axiomes pour trouver tous les ancêtres d'un individu donné. Un autre agent informatique pourrait être construit pour vérifier à quel point la profession se transmet d'une génération à une autre.

3. Bien que ce code ne soit pas explicitement de type RDF, il pourrait être transformé automatiquement dans ce format standard. Dans les deux cas, le code peut être utilisé par un agent informatique pour décoder le sens des informations.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Tableau 10.1
Partie d'un fichier XML décrivant l'ontologie de la figure 10.1

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<PROJECT NAME="C:Documents and SettingsgpaquettDesktopOntologie famille-prof.MOT">
  <APPLICATION>MOT</APPLICATION>
  <AUTHOR>GPaquette</AUTHOR>
  <MODELS>
    <MODEL NAME="Modèle principal" MAIN="YES">
      <KNOWLEDGES> ;Concepts(type 0) et principes (type 2) du modèle
        <KNOWLEDGE ID="7" TYPE="0">
          <NAME>Personnes</NAME>
        </KNOWLEDGE>
        <KNOWLEDGE ID="12" TYPE="0">
          <NAME>Professionnels</NAME>
        </KNOWLEDGE>
            <NAME>Si X est ancêtre de Y et Y est père ou mère de Z,
                alors X est ancêtre de Z</NAME>
        </KNOWLEDGE>
        <KNOWLEDGE ID="47" TYPE="2">
          <NAME>X est oncle de Z</NAME>
        </KNOWLEDGE>
      </KNOWLEDGES>
      <LINKS> ;Liens S(type 2), liens R (type 4) et liens I (type 2) du modèle
        <LINK SRC="12" DEST="7" ORIENTED="1" TYPE="2" TEXT="S"/>
        <LINK SRC="7" DEST="23" ORIENTED="1" TYPE="6" TEXT="I"/>
        <LINK SRC="36" DEST="30" ORIENTED="1" TYPE="4" TEXT="R"/>
        <LINK SRC="44" DEST="20" ORIENTED="1" TYPE="4" TEXT="R"/>
      </LINKS>
    </MODEL>
  </MODELS>
</PROJECT>
```

Par ailleurs, l'ontologie pourrait être complétée par une règle affirmant que les mots «ancêtre » et *ancestor* ont la même signification. Les deux axiomes suivants définissent ces deux termes comme équivalents « Si X ancêtre de Y, alors *X ancestor* de Y», « Si *X ancestor* de Y, alors X ancêtre de Y ». Ces deux axiomes permettront à un agent de traiter des informations dans les deux langues. On peut aussi utiliser des axiomes pour surmonter des différences terminologiques dans deux sites qui traitent du même sujet, mais qui utilisent des termes différents ayant la même signification.

Les ontologies peuvent améliorer le fonctionnement du Web à plusieurs chapitres, notamment pour accroître la précision des recherches d'information, l'agent étant construit pour ne regarder que les pages qui renvoient à un concept bien défini par un URI dont une représentation existe, plutôt que toutes les pages contenant des mots clés ambigus parce que non définis. Les ontologies facilitent grandement la création de programmes qui peuvent s'attaquer à des questions compliquées dont la réponse peut être trouvée en parcourant plus d'une page. Par exemple, supposons que vous vouliez retrouver l'adresse d'un certain monsieur Cook rencontré à une conférence l'an dernier. Vous ne vous rappelez pas son prénom, mais vous vous souvenez qu'il travaille pour un de vos

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

clients et que son fils est étudiant à votre *alma mater*. Un agent informatique intelligent pourra examiner toutes les pages de personnes nommées « Cook » en laissant de côté celles reliées aux mots *cooks*, *cooking*, Cook Islands, etc. Il ne retiendra que les pages de personnes dont l'URI est sur votre liste de clients, suivra les liens vers les pages de leurs enfants, éliminant les pages pour lesquelles on ne trouve pas de lien à l'URI de votre *alma mater*. Ce travail de recherche est impossible en utilisant les moteurs de recherche actuels et il vous aurait pris beaucoup de temps de navigation sur le Web.

L'efficacité de tels agents informatiques augmentera exponentiellement dans la mesure où une plus grande quantité d'information sera définie sur le plan sémantique et où plus de services automatisés, y compris d'autres agents, deviendront disponibles. Le processus de découverte de services appropriés par d'autres agents informatiques demande un protocole de communication qui permet aux services et aux agents de publier leur description dans des répertoires analogues aux pages jaunes.

Certains protocoles de bas niveau existent à cette fin. Soutenus par des acteurs majeurs comme Microsoft, Sun et IBM, les «Web services » emploient les standards HTTP et XML comme langage d'échange entre les services et les agents demandeurs, le protocole SOAP (Simple Object Access Protocol) pour les demandes de service, le langage WSDL (Web Services Description Language) pour la déclaration de services et, enfin, un registre UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) pour publier et retrouver des services sur le réseau.

Ces initiatives comportent de grands avantages, mais elles s'attaquent au problème de liaison entre services à un niveau syntaxique relativement bas, qui demande la standardisation de fonctionnalités prédéfinies. Le Web sémantique, au contraire, sera plus flexible, l'agent demandeur du service et l'agent producteur du service communiquant par l'utilisation d'ontologies qui définiront le vocabulaire nécessaire aux échanges.

LE PROCESSUS DE CONSTRUCTION D'UNE ONTOLOGIE

Construire une ontologie revient à construire une théorie d'un domaine de connaissances. Au chapitre 3, nous avons présenté une taxonomie des modèles des connaissances mettant en évidence 17 types de modèles, dont celui de théorie. Le concept de théorie correspond à celui d'ontologie.

Par exemple, dans une théorie comme la géométrie euclidienne (celle que l'on apprend à l'école), on trouve des concepts comme « point » ou « droite », des relations telles que « une droite X est parallèle à une droite Y » ou « un point Z est sur une droite Y » et des axiomes tels que « Si X est parallèle à Y et Y est parallèle à Z, alors X est parallèle à Z »

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

ou « Si Z n'est pas sur une droite Y, alors il existe une droite X parallèle à Y, sur laquelle Z se trouve ». On peut parler de l'ontologie de la géométrie euclidienne, qui est une façon parmi d'autres de représenter les relations spatiales entre points et droites.

L'ontologie étant une forme particulière de modèle des connaissances, on peut appliquer la technique présentée au chapitre 4 pour la construire. Cette technique suppose que l'on a d'abord déterminé le but du modèle ou de l'ontologie. De là, on peut préciser les cinq processus de base de la modélisation comme suit.

1. Identifier les composantes de l'ontologie - les concepts, les relations, les axiomes qui doivent figurer dans le modèle - et construire une ontologie initiale.
2. Prioriser les connaissances de l'ontologie initiale pour lesquelles on construit l'ontologie.
3. Décomposer l'ontologie en niveaux par des sous-modèles, notamment la taxonomie de base, les principaux concepts, les relations et les axiomes.
4. Coréférencer les connaissances s'il y a plusieurs domaines ou types de concepts qui doivent être associés[4].
5. Valider et documenter l'ontologie.

On trouve une démarche analogue en cinq phases dans Staab et al. (2001). La figure 10.2 illustre un processus de développement d'une ontologie qualifié par les auteurs d'ingénierie ontologique. Les démarches sont semblables à la technique présentée au chapitre 4, sauf pour notre phase 4, absente de la figure 10.2, et la phase de mise à jour, absente de notre proposition.

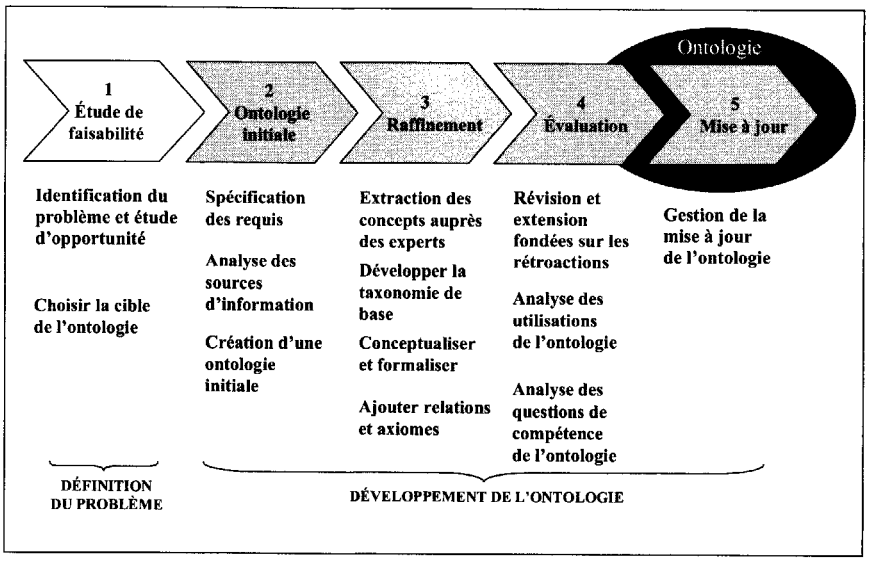
10.3. DIVERS POINTS DE VUE SUR LA MODÉLISATION DES CONNAISSANCES

Habituellement, l'intelligence artificielle définit les connaissances d'une façon strictement fonctionnelle. Par exemple, pour Allen Newell, les connaissances sont « tout ce qui peut être attribué à un agent de telle sorte que son comportement peut être traité informatiquement selon le principe

4. Par exemple, Jin *et al.* (1999) proposent de créer un système auteur d'un matériel éducatif fondé sur deux ontologies, l'une décrivant la tâche d'apprentissage par des concepts représentant les rôles et l'autre décrivant les concepts représentant le domaine d'application. Notre proposition (figure 4.16) est analogue mais plus générale puisqu'elle est ouverte à d'autres connaissances que les concepts, et à tout couple de domaines.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N
Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Figure 10.2
Un processus d'ingénierie ontologique[5]



de la rationalité[6] ». Une autre approche de la représentation des connaissances, plus récente en IA, a pour préoccupation première de « modéliser des systèmes du monde réel plutôt que de reproduire ce que des personnes pensent ou font[7] ».

Dans la plupart des exemples de modélisation traités dans cet ouvrage, les tâches dévolues à un ou plusieurs agents ou, si l'on préfère, leurs habiletés sont représentées par des connaissances procédurales associées à des connaissances d'un domaine. C'est ainsi que la notion de compétence a été définie au chapitre 5.

On suppose alors que, si un agent possède certaines compétences, il possède aussi des connaissances génériques procédurales (des habiletés) qu'il peut appliquer à d'autres connaissances représentant des objets que ces opérations utilisent ou produisent. C'est là une définition possible d'un agent intelligent.

5. Traduction de l'auteur d'un schéma dans Staab *et al.* (2001, p. 29).

6. Traduction de l'auteur; voir Newell (1982).

7. Traduction de l'auteur; voir Clancey (1993).

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Comme nous l'avons vu au chapitre 8 et dans les applications du chapitre 9, cette association entre connaissances procédurales d'une tâche générique (ou habiletés) et connaissances conceptuelles d'un domaine a pour avantage de cibler la modélisation vers les connaissances du domaine utiles aux tâches retenues.

L'ingénierie ontologique, lorsqu'on l'envisage pour des applications du Web sémantique, doit se donner pour objectif de modéliser un domaine sans tenir compte des tâches que des agents peuvent y accomplir. Cette approche est particulièrement intéressante pour modéliser le Web sur le plan sémantique tout en favorisant la réutilisation des informations qu'il contient, indépendamment des agents qui viendront par la suite utiliser ou produire ces informations. On se retrouve alors forcément dans la seconde approche présentée plus haut : modéliser un domaine indépendamment des agents qui cherchent à le comprendre, à l'utiliser ou à le modifier.

Nous soutenons cependant que la modélisation par objets typés peut être utilisée dans l'une ou l'autre approche, en particulier dans la représentation des connaissances pour le Web sémantique. Le processus présenté à la figure 10.2 suppose que, pendant l'élaboration d'une ontologie en tant que théorie non procédurale d'un domaine, on « calibre » l'ontologie à l'aide de cas d'utilisation par des agents, ce que les auteurs appellent l'« analyse des compétences de l'ontologie ». Autrement dit, on doit se demander si l'ontologie permet de faire les traitements qu'elle est censée favoriser.

Par la suite, la construction de nouveaux agents permettant d'utiliser l'ontologie d'autres façons fera évoluer cette dernière, ce qui justifie la phase de mise à jour. Il devient alors intéressant de représenter dans un même modèle ou dans des modèles associés divers types de connaissances représentant une ou plusieurs ontologies ainsi que les agents qui en traitent les composantes.

En terminant cet ouvrage, nous espérons que le lecteur sera convaincu de l'immense potentiel de la représentation des connaissances et des compétences, en particulier pour traiter des questions actuelles d'importance comme le Web de la prochaine génération, la construction d'agents intelligents et la gestion des connaissances.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

GLOSSAIRE[1]

1. Toutes ces définitions sont extraites du document *Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage MISA* 4.0 - *Concept et exemples*, Centre de recherche LICEF, Télé-université, juillet 2000, 65 p., réalisé sous la direction de l'auteur et auquel ont collaboré Michel Léonard, Ileana de la Teja, Marie-Paule Dessaint et Karin Lundgren-Cayrol.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Acteur

Agent ou groupe d'agents régissant un ou plusieurs rôles pour lesquels ils possèdent des compétences et dans lesquels ils exercent des habiletés cognitives, affectives, sociales ou psychomotrices, relativement à un domaine de connaissances. Ces agents peuvent être des personnes ou des logiciels.

Analyser

Habileté de création visant à déduire de nouvelles *connaissances* par des opérations de décomposition, d'évaluation et de regroupement, à partir de connaissances ou de modèles donnés au départ.

Types d'habiletés d'analyse et exemples

- **Déduire.** Déterminer le chemin le plus court entre deux lieux géographiques.
- **Classifier.** Identifier le type de professions exercé par quelqu'un.
- **Prédire.** Prédire son propre comportement dans une situation d'un certain type.
- **Identifier.** Diagnostiquer ses erreurs dans l'exécution d'un mouvement.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Définir les objectifs, les données et les contraintes d'un type de problèmes.
- **Domaine psychomoteur.** Diagnostiquer ses erreurs dans l'exécution d'un mouvement.
- **Domaine affectif.** Prédire ses états émotifs dans différentes situations qui peuvent résulter d'une action.
- **Domaine social.** Analyser la dynamique d'un groupe et la classifier selon différents modèles.

Appliquer

Habileté de reproduction ayant pour intrants des connaissances abstraites ou des modèles et pour produits des instances de ces connaissances obtenues dans l'intention d'atteindre un but.

Types d'habiletés d'application et exemples

- **Utiliser.** Utiliser une table de calcul des intérêts sur un emprunt, choisir une catégorie de professionnels en fonction d'un problème à résoudre.
- **Simuler.** Faire varier les paramètres d'un écosystème et en examiner l'impact sur l'évolution des populations.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Utiliser une procédure de calcul connue pour l'appliquer à de nouvelles données.
- **Domaine psychomoteur.** Brosser un revers bien maîtrisé, au tennis, mais dans une position nouvelle.
- **Domaine affectif.** Maîtriser l'angoisse d'une nouvelle situation en appliquant une technique connue.
- **Domaine** social. Simuler la gestion d'une situation de crise à l'aide d'une approche reconnue.

Autocontrôler

Habileté d'autogestion permettant de déclencher un processus d'intervention visant à redresser une situation. Ce processus s'effectue à partir de l'évaluation de la situation et des connaissances que l'on en a.

Types d'habiletés d'autogestion (autocontrôle) et exemples

- **S'adapter-contrôler.** Analyser ses habiletés ou celles de quelqu'un et définir un programme pour les améliorer.
- **Initier-influencer.** Entreprendre d'améliorer les attitudes et le climat social dans une organisation.

Exemples (par domaine)

- **Domaine** cognitif. Décider de modifier complètement son angle d'attaque dans sa façon d'évaluer des situations.
- **Domaine psychomoteur.** Entreprendre un plan systématique d'évaluation et d'amélioration de sa condition physique.
- **Domaine affectif.** Gérer ses attitudes émotives en les évaluant régulièrement pour améliorer son bien-être général.
- **Domaine social.** Prendre la responsabilité d'améliorer les attitudes des participants et le climat social d'un organisme.

Carte conceptuelle

Système graphique de représentation des concepts et des relations entre les concepts.

Compétence

Capacité actuelle ou visée d'un groupe ou d'un individu à exercer une *habileté* (sur les plans cognitif, affectif, social ou psychomoteur) par rapport à une ou plusieurs *connaissances*, dans un certain contexte de performance. Le contexte consiste à définir si l'habileté peut s'exercer sur les

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

connaissances de façon dirigée ou autonome, dans des situations simples ou complexes, familières ou nouvelles, de façon globale ou partielle, persistante ou épisodique.

Exemples

- **Compétence visée.** Les apprenants de la section « architecture » sauront modifier (habileté « réparer » sur le plan cognitif) les plans d'un triplex, de façon autonome, en tenant compte de contraintes complexes.
- **Compétence actuelle.** JP, AM et CL sont capables de simuler (habileté « appliquer » sur le plan affectif) la joie dans une pièce de Molière, de façon persistante.

Concept

Connaissance qui décrit la nature des objets d'un domaine (le *quoi).* Ainsi, un concept décrit une classe d'objets par leurs propriétés communes; chaque objet représente le concept et se distingue des autres par des traits spécifiques (valeurs) que prennent ses propriétés.

Exemples

- Profession. Animal. Logiciel.
- Devis de cours.
- Appareil photographique.

Connaissance

Structure qui peut être stockée dans la mémoire d'une personne ou d'un système cognitif et qui peut faire l'objet de divers traitements par d'autres connaissances. Est connaissance tout ce qui peut être appris par l'esprit humain, y compris les *faits* (exemples, traces, énoncés), les connaissances abstraites *(concepts, procédures, principes)* ainsi que les *habiletés* cognitives, motrices ou socioaffectives.

Types de connaissances et exemples

- **Connaissance factuelle (faits).** Traces d'exécution d'une procédure de traitement d'un formulaire.
- **Connaissance conceptuelle (concepts).** L'automobile, ses sous-systèmes et leurs composantes.
- **Connaissance procédurale (procédure).** Procédure de calcul de l'impôt sur le revenu.
- **Connaissance prescriptive (principe).** Liste de conditions *(check list)* permettant de choisir une maison en fonction de ses besoins.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Évaluer

Habileté d'autogestion qui implique qu'on attribue des valeurs à des connaissances ou à des actions afin d'appuyer le jugement permettant de prendre une décision dans le contrôle d'une situation ou la modification de l'état des connaissances.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Évaluer la solidité, le bien-fondé et l'intérêt d'une argumentation ou d'un énoncé.
- **Domaine psychomoteur.** Situer la qualité de son jeu au piano par rapport à une classe de musique.
- **Domaine affectif.** Évaluer son état affectif à la suite d'une discussion difficile avec des amis.
- **Domaine social.** Déterminer la quantité et la productivité du travail d'un groupe dont on fait partie.

Événement d'apprentissage

Composante du *réseau des événements d'apprentissage* (RÉA) qui décrit un élément de la structure d'une formation. *L'unité d'apprentissage* est le plus petit événement d'apprentissage du RÉA. Les unités d'apprentissage peuvent être regroupées pour constituer des événements plus larges qui peuvent, eux aussi, être regroupés en événements d'apprentissage encore plus vastes.

Exemples

Activité. Unité. Module. Cours. Programme.

Fait

Connaissance désignant un seul objet précis défini en spécifiant la valeur de toutes les variables d'un *concept* (exemple), d'une *procédure* (trace) ou d'un *principe* (énoncé spécifique).

Types de faits et exemples

- **Énoncé.** Énoncé des attributs et des caractéristiques décrivant un médecin précis comme un professionnel de la santé.
- **Trace.** Étapes précises et résultats de la rédaction de la déclaration de revenus que fait un contribuable.
- **Exemple.** Tables d'addition ou de multiplication.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Habileté

Processus générique (métaprocessus) qui permet à une personne ou à un système artificiel de traiter des *connaissances* dans différents domaines, pour y prêter attention, les mémoriser, les préciser, les traduire, les appliquer, les analyser, les réparer, les synthétiser, les évaluer ou les autogérer.

Types d'habiletés et exemples

- **Recevoir.** Percevoir une mauvaise position du corps devant un écran (prêter attention : domaine psychomoteur).
- **Reproduire.** Fuir ou maîtriser une situation désagréable d'une façon analogue à une situation déjà vécue (transposer-traduire domaine affectif).
- **Créer.** Définir les objectifs, les données et les contraintes d'un type de problèmes (analyser : domaine cognitif).
- **Autogérer.** Prendre la responsabilité d'améliorer les attitudes des participants et le climat social d'un organisme (autocontrôler domaine social).

Ingénierie cognitive

Synonyme de modélisation des connaissances. Méthode, technique par laquelle on représente les connaissances d'un domaine à acquérir pour atteindre certains objectifs en respectant certaines contraintes.

Ingénierie ontologique

Méthode, technique par laquelle on construit une ontologie, c'est-à-dire par laquelle on représente les concepts, les relations et les axiomes décrivant un domaine, sans référence à un agent cognitif ni à ses connaissances.

Instancier-préciser

Habileté de reproduction qui utilise des *concepts,* des *procédures ou* des *principes* donnés au départ et qui produit des *faits* particuliers, des exemples, des traces ou des énoncés *(illustrer),* des instances différenciant deux connaissances *(discriminer) ou* des connaissances comportant plus de liens que celles données au départ *(expliciter).*

Types d'habiletés d'instanciation (ou de précision) et exemples

- **Illustrer.** Fournir un cas de démarche dans une procédure de certification.
- **Expliciter.** Ajouter une clause à satisfaire dans un contrat pour la conclusion d'une transaction.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- **Discriminer.** Donner des exemples permettant de distinguer un reptile d'un batracien.
- **Expliciter.** Compléter une procédure en ajoutant une étape.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Préciser une procédure en ajoutant une étape évidente ou en donnant des exemples.
- **Domaine psychomoteur.** Décrire les mouvements d'une chorégraphie déjà répétée.
- **Domaine affectif.** Distinguer une blague d'une attaque personnelle qui nous rend triste.
- **Domaine social.** Ajuster légèrement un rôle déjà adopté dans un groupe.

Lien

Composante d'un *modèle des connaissances* qui met en relation deux connaissances, la première étant l'origine du lien et la seconde sa destination. Dans un modèle graphique, un lien est représenté par une flèche allant de l'origine vers la destination. Cette flèche est surmontée d'une lettre indiquant le type de liens qu'elle représente.

Types de liens et exemples

- **Instanciation (I).** La voiture de jean est une instance de «voitures Renault ».
- **Composition (C).** La voiture est composée d'une carrosserie, d'un moteur et d'un système de freinage.
- **Spécialisation (S).** Les Renault sont des sortes de voitures.
- **Précédence (P).** La procédure « Faire le plan » précède « Rédiger le texte ».
- **Intrant/produit (UP).** Le plan est intrant de la procédure « Rédiger le texte ». La procédure « Rédiger le texte » a pour produit « Le texte ».
- **Régulation (R).** Les règles de disposition sur la page régissent « Le plan ». Les règles de contrôle du trafic aérien régissent la procédure « Faire décoller un avion ». Les règles de gestion de projet régissent « Le déroulement du projet».
- **Application (A).** L'habileté « Planifier » s'applique au processus de réalisation d'un pièce de théâtre.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Métaconnaissances

Connaissances à propos des connaissances.

Types de métaconnaissances et exemples

- **Métaconcepts.** Concepts permettant de donner une valeur d'utilité, de fiabilité, de validité, etc., à un concept de n'importe quel domaine d'application. *Exemple :* Les lois de la gravitation de Newton sont *vraies dans une certaine limite* (le souligné est un métaconcept).
- **Métaprocédure.** Procédures génériques s'appliquant à n'importe quel domaine d'application. Les habiletés sont des métaprocédures. *Exemple :* Appliquer, simuler, déduire, analyser, etc.
- **Métaprincipes.** Principes génériques s'appliquant à n'importe quel domaine d'application. Les stratégies de résolution de problèmes sont des métaprincipes. *Exemple :* Si un problème est trop complexe, le décomposer en problèmes plus faciles à résoudre et qui contribuent à la solution du problème principal.
- **Métafaits.** Faits obtenus en instanciant un métaconcept, une métaprocédure ou un métaprincipe.

  Exemples : La résolution d'une équation du second degré *est utile.*
  Simuler le processus industriel de fabrication de l'acier.

  Si la chorégraphie d'ouverture est *complexe, décomposer* sa pratique en mouvements *simples.*

  Dans ces exemples, les mots en italique représente la métaconnaissance et la phrase complète, son instanciation à un des domaines d'application possibles.

Modèle conceptuel

Modèle des connaissances dans lequel les connaissances principales sont des *concepts.*

Types de modèles conceptuels et exemples

- **Système à composantes.** L'ordinateur, ses sous-systèmes et leurs composantes.
- **Typologie et taxonomie.** Ensemble de classes et de sous-classes de champignons.
- **Système conceptuel hybride.** Système composé de différentes catégories de figures géométriques et de leurs composantes.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Modèle des connaissances

Ensemble des *connaissances* de différents types, *faits, concepts, procédures, principes, habiletés,* structuré par différents types de *liens* représentant les relations qui existent entre elles.

Types de modèles des connaissances et exemples

- **Modèle factuel.** Traces d'exécution d'une procédure de traitement d'un formulaire.
- **Modèle conceptuel.** Taxonomie du règne animal.
- **Modèle procédural.** Procédure de calcul de l'impôt sur le revenu.
- **Modèle prescriptif.** Lois de la gravitation.
- **Processus et méthode.** Processus ou méthode de gestion de projets.

Modèle factuel

Modèle des connaissances dans lequel les connaissances principales sont des *faits.*

Exemples

- **Énoncé.** Énoncé des attributs et des caractéristiques décrivant un médecin précis comme un professionnel de la santé.
- **Exemple.** Tables d'addition ou de multiplication.
- **Trace.** Démarche précise suivie par un contribuable qui rédige sa déclaration de revenus.

Modèle prescriptif

Modèle des connaissances dans lequel les connaissances principales sont des *principes.*

Types de modèles prescriptifs et exemples

- **Arbre de décision.** Ensemble de règles permettant de choisir une maison ou un véhicule en fonction de ses besoins et de ses moyens.
- **Définition.** En comptabilité, la définition du concept de « surplus accumulé ».
- **Loi et théorie.** En physique, les lois de la gravitation.
- **Structure de contrôle itératif.** Principes pour faire le diagnostic d'une panne automobile.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Modèle procédural

Modèle des connaissances dans lequel les connaissances principales sont des *procédures.*

Types de modèles procéduraux et exemples

- **Procédure séquentielle.** Points et sous-points à l'ordre du jour d'une réunion.
- **Procédure itérative.** Boucle de rétroaction dans un thermostat.
- **Procédure en parallèle.** Tâches de rédaction d'un ouvrage collectif ou de réalisation d'un projet. Certaines tâches sont effectuées simultanément (en parallèle) par différentes personnes.

Ontologie

Modèle des connaissances de type théorie par lequel on représente un domaine au moyen de concepts, de relations et d'axiomes, indépendamment de tout agent cognitif.

Performance (niveau)

Niveau auquel une personne exerce une habileté. Le niveau de performance peut être évalué par des tests, des exercices, l'examen de comportements.

Exemples de niveaux de performance

- *Niveau sensibilisation. Au* départ, l'habileté n'a jamais été exercée sur les connaissances. *Au* niveau sensibilisation, l'acteur peut exercer l'habileté mais uniquement d'une façon dirigée, partielle et épisodique, dans des situations simples et familières.
- *Niveau familiarisation. À* ce niveau, l'acteur peut exercer l'habileté d'une façon de plus en plus persistante, mais toujours dirigée et partielle et dans des situations simples et familières.
- *Niveau maîtrise. À* ce niveau, en plus d'exercer l'habileté de façon persistante, l'acteur peut exercer l'habileté d'une façon de plus en plus autonome et globale, dans des situations de complexité moyenne, mais toujours familières.
- *Niveau expertise. À* ce niveau, en plus d'exercer l'habileté de façon persistante, globale et autonome, l'acteur peut exercer l'habileté dans un ensemble de situations de plus en plus complexes et complètement nouvelles.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Prêter attention

Habileté de réception par laquelle une personne ou un système cognitif réagit à des stimuli intérieurs ou extérieurs par des faits témoignant qu'il leur prête attention, les identifie ou les mémorise.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** S'intéresser à un phénomène sociopolitique.
- **Domaine psychomoteur.** Percevoir une mauvaise position du corps devant un écran.
- **Domaine affectif.** Être impressionné par un son agréable (ou désagréable).
- **Domaine social.** Percevoir une situation tendue dans un groupe.

Principe

Connaissance prenant la forme d'un énoncé générique décrivant les propriétés des objets, établissant des liens de cause à effet entre les objets (« pourquoi ») ou déterminant dans quelles conditions (« quand ») appliquer une procédure. Un principe prend le plus souvent la forme de « Si telle condition, **alors** telle condition ou telle action ».

Exemples

- Principes de regroupement du personnel dans des édifices situés dans plusieurs villes.
- Principes menant au choix d'une stratégie pédagogique ou de certains médias.

Principe d'opération

Principe déterminant dans quelles conditions (« quand ») appliquer une procédure. Un principe prend le plus souvent la forme de « **Si** telle condition, **alors** telle action ou suite d'actions ».

Exemples

- Si un système de son ne fonctionne pas, alors a) vérifier l'alimentation, b) vérifier le contrôle de volume, c) etc.

Principe relationnel

Principe simple exprimé par une condition définissant une propriété d'un concept ou une relation entre deux concepts, ou composé d'une condition et d'une conclusion.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Exemples

- « Est un avocat » est une propriété régissant un concept qui décrit une personne.
- « Est parent de » est une propriété régissant deux concepts qui décrivent des personnes entre lesquelles elle établit une relation.
- « Si X est frère de Y et Y est parent de Z, alors X est oncle de Z » est un principe relationnel composé qui établit un lien entre des propriétés relationnelles simples.

Procédure

Connaissance décrivant des ensembles d'opérations générales permettant d'agir dans un certain nombre de cas *(comment).* Chaque cas se distingue des autres par les objets auxquels les actions peuvent s'appliquer et les transformations qu'on leur fait subir.

Exemples

- Ordre du jour d'une réunion.
- Tâches de rédaction d'un ouvrage collectif ou de réalisation d'un projet.

Processus et méthodes

Modèle des connaissances dans lequel aucun type de connaissances ne domine. Le modèle contient des procédures, leurs concepts intrants et leurs produits, ainsi que les *principes* qui régissent l'exécution et définissent les concepts.

Types de processus et méthodes et exemples

- **Système multi-agents.** Processus de rédaction d'un ouvrage en équipe, précisant le rôle de chacun.
- **Processus.** Processus de production industrielle de l'acier.
- **Méthode.** Méthode de conception et de réalisation d'un logiciel.

Règles

Principes régissant l'exécution des événements d'apprentissage, des unités d'apprentissage ou des activités des scénarios pédagogiques (règles pédagogiques), ou encore régissant la médiatisation ou la diffusion d'un système d'apprentissage.

Types de règles et exemples

- **Règles d'adaptation.** Les apprenants pourront, de leur propre initiative, modifier l'ordre ou le choix des ÉA.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

- **Règles de collaboration.** Les équipes sont composées d'au moins cinq apprenants.
- **Règles de démarche.** Les apprenants pourront réaliser les UA/ÉA de leur choix.
- **Règles d'évaluation.** L'évaluation aura lieu après l'apprentissage, dans un but d'attestation.

Réparer

Habileté de création produisant un nouveau modèle qui comporte des *connaissances ou* des liens nouveaux par rapport au modèle à améliorer donné au départ.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Ajouter de nouvelles composantes à une méthode pour corriger certaines lacunes.
- **Domaine psychomoteur.** Corriger certains mouvements du déroulement d'un plongeon.
- **Domaine affectif.** Modifier certaines de ses réactions affectives dans une situation tendue.
- **Domaine social.** Proposer une méthode pour améliorer le climat dans une classe.

Repérer et mémoriser

Habileté de réception ayant pour intrant un stimulus interne ou externe de la personne et pour résultat le stockage en mémoire de connaissances associées aux stimuli déclencheurs.

Types d'habiletés de réception (repérer-mémoriser) et exemples

- **Mémoriser.** Mémoriser une mélodie instrumentale.
- **Identifier.** Reconnaître un contexte social.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Repérer en mémoire ou enregistrer des exemples de substance nocive.
- **Domaine psychomoteur.** Se souvenir de la façon de faire un mouvement de yoga ou enregistrer une nouvelle position.
- **Domaine affectif.** Se souvenir ou prendre note d'un comportement utile pour calmer sa colère.
- **Domaine social. Se** souvenir ou prendre note d'une façon de travailler en groupe.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Ressource

Composante d'un environnement de formation ou de soutien à la tâche utilisée par un acteur pour réaliser une ou plusieurs activités ou qui est le produit d'une activité.

Types de ressources et exemples

1. **Ressources pédagogiques.** Instruments, guides, productions, outils, moyens de communication, services et milieux.
   - ***Guide.*** Guide d'apprentissage, tutoriel, tour guidé d'un logiciel.
   - ***Instrument.*** Compte rendu, tableau, organigramme, étude de cas, maquette.
   - ***Production***. Exercice physique, plan d'un projet réalisé conjointement par un groupe d'apprenants et un formateur, travaux d'un apprenant.
2. **Ressources de diffusion.** Ensembles matériels, productions, outils, moyens de communication, services et milieux.
   - ***Ensemble matériel.*** Site Web donnant accès aux matériels d'un cours, jeu de plaquettes de microorganismes et microscope.
   - ***Milieu.*** Laboratoire, domicile de l'apprenant, poste de travail, salle de conférence d'une entreprise ou d'un hôtel.
   - ***Outil.*** Ciseaux, microscope, courriel, agenda, traitement de textes, ordinateur, périphérique.
   - ***Moyen de communication.*** Communication en présence, communication postale, téléphonie, télécopie, communication par radio ou télévision, communication télématique.
   - ***Production***. Rapport d'évaluation produit lors de l'essai d'un SA.
   - ***Service.*** Services d'un appariteur en laboratoire, assistance pédagogique d'un formateur, exposé d'un présentateur, support technique pour l'utilisation d'un logiciel.

Scénario pédagogique

Composante d'une *unité d'apprentissage*, un scénario pédagogique se compose d'un scénario d'apprentissage et d'un scénario d'assistance. Définir un scénario pédagogique consiste à décrire l'activité ou les activités propres à l'apprentissage et à l'assistance, les *ressources* requises pour réaliser ces activités et les productions qui devraient en résulter.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Types de scénarios pédagogiques et exemples

- Scénario d'apprentissage par construction et d'assistance méthodologique : le scénario d'un atelier de créativité.
- Scénario d'apprentissage par découverte guidée et d'assistance par questionnement : un scénario pour l'induction de concepts au moyen d'exemples et de contre-exemples.
- Scénario d'apprentissage par réception et d'assistance par présentation un cours constitué de conférences.
- Scénario d'apprentissage par réception-exercices et d'assistance tutorielle : un cours de langue traditionnel composé de séquences de type information-exercice-test.
- Scénario d'apprentissage par étude de cas et d'assistance par analogie une étude de cas où l'on analyse un mouvement ou un processus et sa transposition dans d'autres contextes.

Synthétiser

Habileté de création visant à construire un nouveau modèle à partir d'exemples, de composantes ou de modèles partiels.

Types d'habiletés de synthèse et exemples

- **Induire.** Induire une loi scientifique reliant deux ou plusieurs variables à partir d'observations.
- **Planifier.** Planifier l'exécution d'un projet.
- **Modéliser-construire.** Construire un système informatique complexe. Concevoir un système d'apprentissage.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Construire une classification ou un plan général de solution à partir d'exemples.
- **Domaine psychomoteur.** Apprendre à jongler avec trois balles pour la première fois.
- **Domaine affectif.** Acquérir une attitude complètement nouvelle devant une situation troublante.
- **Domaine social.** Trouver une façon de se comporter dans un groupe qui fait progresser celui-ci.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

Transposer/traduire

Habileté de reproduction permettant d'utiliser des connaissances ou des modèles donnés au départ pour produire des connaissances plus spécifiques.

Exemples (par domaine)

- **Domaine cognitif.** Représenter graphiquement une démarche présentée oralement.
- **Domaine psychomoteur.** Freiner pour faire arrêter un camion en se basant sur nos réflexes de freinage avec une automobile.
- **Domaine affectif.** Fuir (ou maîtriser) une situation désagréable d'une façon semblable à une situation déjà vécue.
- **Domaine social.** Prendre le *leadership* d'un groupe dans un contexte semblable à un autre qui s'est déjà présenté.

Unité d'apprentissage

Organisation cohérente d'activités destinées aux apprenants et aux facilitateurs, choisies et harmonisées en fonction de leur potentiel à développer une ou plusieurs habiletés pour un ensemble de connaissances données. L'unité d'apprentissage est l'élément de base du Réseau des événements d'apprentissage. Il s'agit d'un événement d'apprentissage qui ne se décompose pas, mais qui sera décrit par un scénario pédagogique.

Exemples

- Étude de cas.
- Projet de construction d'un programme informatique.
- Présentation tutorielle d'un chapitre de la matière.

Web sémantique

Partie du Web dans lequel les pages sont associées à une représentation de la signification des informations qui s'y trouvent, ces représentations des connaissances permettant à un agent informatique d'effectuer divers types de recherche et de traitement des informations.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

BIBLIOGRAPHIE

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

ANDERSON, J.R. (1985). *Cognitive Psychology and its Implications*, New York, Freeman.

ANDERSON, J.A. (1990). «Hybrid computation in cognitive science : Neural networks and symbols », *Applied Cognitive Psychology*, 4, p. 337-347.

AUSUBEL, D.P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*, New York, Rhinehart & Winston.

BARTLETT, F.C. (1932). *Remembering*, England, Cambridge University Press.

BASQUE, J., J. ROCHELEAU et M. CHOMIENNE (1996). « Le projet École informatisée clés en main : Pourquoi et en quoi une recherche-action? », dans G. Puimatto et R. Bibeau (dir.), *Comment informatiser l'école?*, Paris et Sainte-Foy (Québec), CNDP et Les Publications du Québec.

BASQUE, J., J. ROCHELEAU, L. WINER, P. MICHAUD, G. BERGERON, G. PAQUETTE et C. PAQUIN (1998). *Un modèle adaptable d'une école informatisée*, Montréal, École informatisée Clés en main du Québec inc. et Centre de recherche LICEF, Télé-université.

BAZIN, C. (1993). « Métaconnaissances, avenir de l'intelligence artificielle », dans M. Baron et A. Robert (dir.), *Métaconnaissance en IA, en EIAG et en didactique des mathématiques*, Paris, Institut Blaise-Pascal.

BÉLISLE, C. et M. LINARD (1996). « Quelles nouvelles compétences des acteurs de la formation dans le contexte des TIC? », *Éducation permanente*, no 127, 1996, p. 19-47.

BERNERS-LEE, T., J. HENDLER et ORA LASSILA (2001). « The Semantic Web », *Scientific American*, mai.

BLOOM, B.S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals*, Handbook I: *Cognitive Domain*, New York, Longman.

BLOOM, B.S. (1975). *Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals*, New York, D. McKay.

BOND, A.H. et L. GASSER (dir.) (1988). *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, San Mateo, CA, Morgan Kaufmann.

BOOCH, G., J. JACOBSON et I. RUMBAUGH (1999). *The Unified Modeling Language User Guide*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 512 p.

BOUCHY, S. (1994). *L'ingénierie des systèmes d'information évolutifs*, Paris, Eyrolles, 330 p.

BREUKER, J. et W. VAN DE VELDE (1994). *CommonKads Library for Expertise Modelling*, Amsterdam, IOS Press, 360 p.

BRUNER, J.S. (1966). *Towards a Theory of Instruction*, Cambridge, MA, Harvard University Press.

BRUNER, J.S. (1973a). *Beyond the Information Given*, New York, Norton.

BRUNER, J.S. (1973b). *La compétence, sa nature et comment on la cultive. Le développement de l'enfant: savoir faire, savoir dire*, Paris, Presses universitaires de France.

CHANDRASEKARAN, B. (1987). «Towards a functional architecture for intelligence based on generic information processing tasks », *Proceedings IJCAI-87*, Milan, Italie, p. 1183-1192.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

CHEN, P.P.S. (1976). *The Entity-Relationship Model - Toward a Unified View of Data*, ACM Transactions on Database Systems I, 1, mars.

CLANCEY, W. (1993). « The knowledge level reinterpreted; modelling socio-technical systems », *Internal Journal of Intelligent Systems*, 8, p. 33-49.

COLLINS, A. et A.L. STEVENS (1983). «A cognitive theory of inquiry teaching », dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional Theories in Action : Lessons Illustrating Selected Theories and Models*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 247-278.

DANSEREAU, D.F. (1978). « The development of a learning strategies curriculum », dans H.F. O'Neil Jr. (dir.), *Learning Strategies*, New York, Academic Press.

DANSEREAU, D.F. et C.D. HOLLEY (1982). « Development and evaluation of a text mapping strategy », dans A. Flammer et W. Kintsch (dir.), *Discourse Processing*, Amsterdam, North Holland.

DEWEY, J. (1900). «Psychology and social practice », *The Psychological Review*, 7, p. 105-124.

FERBER, J. (1994). «Coopération réactive et émergence », Revue *Intellectica*, n° 2, p. 19-52.

FOSHAY, W.R. (1978). «An alternative for task analysis in the affective domain », *Journal of Instructional Development*, vol. 1, n° 2, p. 22-24.

FRIEDLANDER, P. (1996). «Competency-driven, component-based curriculum architecture », *Performance Improvement*, février, p. 355-362.

GAGNÉ, R.M. (1970). *The Conditions of Learning* (2e éd.), New York, Holt, Rhinehart & Winston.

GARDNER, H. (1993). *Multiple Intelligences : The Theory in Practice*, New York, Basic Books.

GASSER, L. (1991). « Social conceptions of knowledge and action : DAI foundations and open systems semantics », *Artificial Intelligence*, 47, p.107-138.

GIRARD, J., G. PAQUETTE, A. MIARA et K. LUNDGREN (1999). « Intelligent assistance for Web-based telelearning », dans S. Lajoie et M. Vivet (dir.), *AI and Education - Open Learning Environments*, Amsterdam, IOS Press.

GOEL, V et P. PIROLLI (1989). « Design within information-processing theory : The design problem space », *AI Magazine*, printemps, p. 19-36.

GOLEMAN, D. (1997). *L'intelligence émotionnelle.* Traduction française chez Robert Laffont, 505 p.

GUSTAFSON, KENT L. et THOMAS REEVES (1990). « C IDioM : A platform for a course development expert system », *Educational Technology*, mars, p. 19-25.

GUSTAFSON, K.L. (1993). «Instructional transaction fundamentals : Clouds on the horizon», *Educational Technology*, février, p. 27-32.

HART, A. (1988). *Acquisition du savoir pour les systèmes experts*, Paris, Masson, 142 p.

HAVES-ROTH, F., D.A. WATERMAN et D.B. LENAT (1984). *Building Expert Systems*, Reading MA, Addison-Wesley, 444 p.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

HOLLEY, C.D. et D.F. DANSEREAU (1984). «Networking : The technique and the emprirical evidence », dans C.D. Holley et D.F. Dansereau (dir.), *Spatial Learning Strategies : Techniques, Applications and Related Issues*, New York, Academic Press.

HORN, R.E. (1969). *Information Mapping for Learning and Reference*, Lexington, MA, Information Resources Inc.

INHELDER, B. et J. PIAGET (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*, New York, Basic Books.

JIN, L., W. CHEN, Y. HAYASHI, M. IKEDA et R. MISOGUCHi (1999). «An ontologyaware authoring tool - Functional structure and guidance generation », dans S. Lajoie et M. Vivet (dir.), *AI and Education, Open Learning Environments*, Proceedings of AI-Ed'99, Amsterdam, IOS Press.

JONASSEN, D.H., K. BEISSNER et M. YACCI (1993). *Structural Knowledge - Techniques for Representing, Conveying and Acquiring Structural Knowledge*, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 265 p.

KRATHWOHL, D.R., B.S. BLOOM et B.B. MASIA (1964). *Taxonomy of Educational Objectives : The Classification of Educational Goals.* Handbook *II : Affective Domain*, New York, Longman.

LAURIÈRE, J.L. (1986). *Intelligence artificielle, résolution de problèmes par l'Homme et la machine*, Paris, Eyrolles.

LE BOTERF, G. (1999). *L'ingénierie des compétences*, 2e éd., Paris, Éditions d'organisation, 445 p.

LEDOUX J. (1996). *The Emotional Brain*, New York, Simon & Schuster, 386 p.

LEMOIGNE, J.L. (1995). *Les épistémologies constructivistes*, Paris, Presses universitaires de France, coil. « Que sais-je ? », 127 p.

LÉONARD, M. et D. LALONDE (1997). *Éditeur de modèles MOT - Guide de l'utilisateur*, Centre de recherche LICEF, avril.

LEONTIEV, A.N. (1976). *Le développement du psychisme*, 3e éd., Paris, Éditions sociales.

MARTIN, B.L. et L. BRIGGS (1986). *The Affective and Cognitive Domains : Integration for Instruction and Research*, New Jersey, Educational Technology Publications, 494 p.

MCDERMOTT, J. (1988). « Preliminary steps towards a taxonomy of problem-solving methods », dans S. Marcus (dir.), *Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems*, Boston, MA., Kluwer Academic Publishers, p. 225-255.

MCGRAW, K.L. et K. HARBISSON-BRIGGS (1989). *Knowledge Acquisition*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 376 p.

MERRILL, M.D. (1983). « Component display theory », dans C. Reigeluth (dir.), *Instructional Theories in Action : Lessons Illustrating Selected Theories and Models*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, p. 279-333.

MERRILL, M.D. (1994). *Principles of Instructional Design*, Englewood Cliffs, NJ, Educational Technology Publications, 465 p.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

MINSKI, M. (1975). <<A framework for representing knowledge)), dans P H. Winston (dir.), *The Psychology of Computer Vision,* New York, McGraw-Hill, p. 211-227.

MINSKI, M. (1985). *The Society of Mind,* New York, Simon and Schuster.

NEWELL, A. et H. SIMON (1972). *Human Problem Solving,* Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.

NEWELL, A. (1982). « The knowledge level », *Artificial Intelligence,* 18, p. 87-127.

NOËL, B. (1991). *La métacognition,* Bruxelles, De Boeck-Wesmael, 229 p.

PAQUETTE, G. (1991). *Métaconnaissance dans les environnements d'apprentissage,* thèse de doctorat, Université du Maine.

PAQUETTE, G. (1995). « Modeling the Virtual Campus », dans B. Collis et G. Davies (dir.), *Innovating Adult Learning with Innovative Technologies,* Amsterdam, Elsevier Science B.V

PAQUETTE, G. (1996). « La modélisation par objets typés : une méthode de représentation pour les systèmes d'apprentissage et d'aide à la tâche », *Sciences et techniques éducatives,* France, avril, p. 9-42.

PAQUETTE, G. (1998). *Représentation des méta-connaissances, applications en ingénierie des systèmes d'apprentissage,* Montréal, Centre de recherche LICEF, Télé-université janvier, 55 p.

PAQUETTE, G. (1999). « Meta-knowledge representation for learning scenarios engineering)), dans S. Lajoie et M. Vivet (dir.), *AI and Education, Open Learning Environments,* Proceedings of AI-Ed'99, Amsterdam, IOS Press.

PAQUETTE, G., C. AUBIN et F. CREVIER (1994a). « Méthode d'ingénierie des systèmes d'apprentissage - MISA 2.1, Guide d'ingénierie », Montréal, Centre de recherche LICEF, Télé-université, avril.

PAQUETTE, G., C. AUBIN et F. CREVIER (1994b). « ID knowledge in a course design workbench », *Educational Technology,* vol. 34, n° 9, novembre, p. 50-57.

PAQUETTE, G., C. AUBIN et F. CREVIER (1997a). « Méthode d'ingénierie d'un système d'apprentissage (MISA) », Revue *Informations in Cognito,* n° 8.

PAQUETTE, G., C. AUBIN et F. CREVIER (1997b). *Design and Implementation of Interactive TeleLearning Scenarios.* Proceedings of ICDE'97 (International Council for Distance Education), Penn State University, Philadelphie, États-Unis, juin.

PAQUETTE, G., C. AUBIN et F. CREVIER (1999). « MISA, A knowledge-based method for the engineering of learning systems », *Journal of Courseware Engineering,* vol. 2, août.

PAQUETTE, G. et G. BERGERON (1989). *L'intelligence artificielle - comprendre et prolonger l'intelligence humaine,* 2e éd., Montréal, Beauchemin, 560 p.

PAQUETTE, G. et J. GIRARD (1996). « AGD : A course engineering support system », ITS-96, Montréal, juin.

PAQUETTE, G. et C. PAQUIN (1997). « Méthode de modélisation de l'école informatisée », dans G. Puimatto et R. Bibeau (coord.), *Comment informatiser l'école,* Sainte-Foy et Paris, Les Publications du Québec et le Centre national de développement pédagogique (France), p. 279-282.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

PAQUETTE, G., C. RICCIARDI-RIGAULT, C. PAQUIN, S. LIÉGEOIS et E. BLEICHER (1996b). *Developing the Virtual Campus Environment*, ED-Media International Conference, Boston, juin.

PAQUETTE, G., I. ROSCA, I. DE LA TEJA, M. LÉONARD et K. LUNDGREN-CAYROL (2001). *Web-based Support for the Instructional Engineering of E-learning Systems*, WebNet'01 Conference, Orlando.

PAQUETTE, G. et L. Roy (1990). *Systèmes à base de connaissances*, Montréal, Télé-université et Beauchemin, 371 p.

PARIS, S., M.Y LIPSON et K.K. WIXSON (1983). «Becoming a strategic reader)), *Contemporary Educational Psychology*, 8, p. 293-331.

PIAGET, J. (1957). *Logic and Psychology*, New York, Basic Books.

PITRAT, J., 1991. *Métaconnaissance, avenir de l'Intelligence artificielle*, Paris, Hermès.

PITRAT, J. (1993). *Penser l'informatique autrement*, Paris, Hermès.

POLYA, G. (1957). *Comment poser et résoudre un problème?*, Paris, Dunod.

POLYA, G. (1967). *La découverte des mathématiques*, volumes I et II, Paris, Dunod.

POPPER, K.R. (1967). *The Logic of Scientific Discovery*, New York, Harper Torchbooks.

RICCIARDI-RIGAULT, C. et F. HENRI (1994). *Developing Tools for Optimizing the Collaborative Learning Process*, Proceedings of the International Distance Education Conference, Philadelphie, Penn State University, juin.

ROMISZOWSKI, A.J. (1981). *Designing Instructional Systems*, Londres et New York, Kogan Page et Nichols Publishing, 415 p.

RUELLAND, D. (2000). *Un modèle des processus d'autogestion de l'apprentissage*, thèse de doctorat, Université de Montréal.

RUMBAUGH, J., M. BLAHA, W. PREMERLANI, F EDDY et W. LORENSEN (1991). *ObjectOriented Modelling and Design*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall.

RUMELHART, D.E. et A. ORTONY (1977). « The representation of knowledge in memory », dans R.C. Anderson, R.J. Spiro et W.E. Montague (dir.), *Schooling and the Acquisition of Knowledge*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum.

SCANDURA, J.M. (1973). *Strutural Learning I: Theory and Research*, Londres et New York, Gordon et Breach Science Publishers.

STAAB, S., R. STUDER, H.P. SCHNURR et Y. SURE (2001). « Knowledge Processes and Ontologies », *IEEE Intelligent Systems*, janvier-février, p. 26-34.

SCHREIBER, G., B. WIELINGA et J. BREUKER (1993). *KADS - A Principled Approach to Knowledge-based System Development*, San Diego, Academic Press, 457 p.

SIMON, H.A. (1981). *The Sciences of the Artificial*, Cambridge MA, The MIT Press; traduction française : *Sciences des systèmes, sciences de l'artificiel*, Paris, Dunod, 1990.

SKINNER, B.F. (1954). «The science of learning and the art of teaching », *Harvard Educational Review*, vol. 24, n° 2, p. 86-97.

SOWA, J.F. (1984). *Conceptual Structures, Information Processing in Mind and Machine*, Reading, MA, Addison-Wesley Publishing Co., 481 p.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

SPECTOR, J.M., M.C. POLSON et D.J. MURAIDA (dir.) (1993). *Automating Instructional Design, Concepts and Issues,* Englewood Cliffs, NJ, Educational Technology Publications, 364 p.

STEELS, L. (1990). « Components of Expertise », *AI Magazine, vol.* 11, n° 2, p. 29-49.

SYCARA, K.P. (1998). « The many faces of agents », *AI Magazine,* été.

TARDIF, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique, l'apport de la psychologie cognitive,* Montréal, Les Éditions logiques.

TENNYSON, R. et M. RASCH (1990). « Linking cognitive learning theory to instructional prescriptions », *Instructional Science,* 17, p. 369-385.

TENNYSON, R.D. (1990). « Cognitive learning theory linked to instructional theory », *Journal of Structured Learning,* vol. 10, n° 3, p. 249-258.

THAYSE, A. (1998). *Approche logique de l'intelligence artificielle,* Paris, Dunod.

VYGOTSKI, L.S. (1978). *Mind in Society : The Development of Higher Psychological Functions,* Cambridge, Harvard University Press.

WATERMAN, D.A. (1986). *A Guide to Expert Systems,* Reading, Mass., AddisonWesley, 419 p.

WENGER, E. (1987). *Artificial Intelligence and Tutoring Systems - Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge,* Los Altos, Cal., Morgan Kaufmann Publ. Co., 486 p.

WERTHEIMER, M. (1945). *Productive Thinking,* New York, Harper & Row.

WEST, C.K., J.A. FARMER et P.M. WOLFF (1991). *Instructional Design, Implications from Cognitive Science,* Boston, Allyn and Bacon, 271 p.

WILLIAMS, R.G. (1977). « A behavioural typology of educational objectives for the cognitive domain», *Educational Technology,* vol. 17, n° 6.

WINOGRAD, T. (1985). « Beyond the declarative/procedural controversy », dans R.J. Brachman et H.J. Lévesque (dir.), *Readings in Knowledge Representation,* Los Altos, Cal., Morgan Kaufmann Publishers.

WINSTON, P. (1984). *Artificial Intelligence,* 4e éd., New York, McGraw-Hill.

YOURDON, E. (1989). *Modern Structured Analysis,* Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

© 2002 – Presses de l'Université du Québec
Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences,* Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés

AGMV Marquis
MEMBRE DE SCABRINI MEDIA
Québec, Canada
2002

© 2002 – Presses de l'Université du Québec

Édifice Le Delta I, 2875, boul. Laurier, bureau 450, Québec, Québec G1V 2M2 • Tél. : (418) 657-4399 – www.puq.ca
Tiré : *Modélisation des connaissances et des compétences*, Gilbert Paquette, ISBN 2-7605-1163-4 • D1163N

Tous droits de reproduction, de traduction ou d'adaptation réservés