



HAL
open science

Modèle orienté service pour la conception de parcours pédagogiques personnalisés

Najlaa Zniber

► **To cite this version:**

Najlaa Zniber. Modèle orienté service pour la conception de parcours pédagogiques personnalisés. Ingénierie assistée par ordinateur. Université Paul Cézanne - Aix-Marseille III, 2009. Français. NNT : . tel-00660281

HAL Id: tel-00660281

<https://theses.hal.science/tel-00660281>

Submitted on 16 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ

Université Paul Cézanne - Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme

2009AIX30038

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR D'AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ

ÉCOLE DOCTORALE E.D. 184 : Mathématiques et Informatique

Spécialité : Informatique

présentée et soutenue publiquement

par

Najlaa ZNIBER

le 16 décembre 2009

Titre :

**Modèle orienté service pour la conception
de parcours pédagogiques personnalisés**

Directeur de thèse : Corine CAUVET

JURY

Mme. Dominique RIEU
M. Gilles ZURFLUH
Mme Corine CAUVET
M. Bernard ESPINASSE
M. Pierre MARET
M. Philippe RAMADOUR

Rapporteur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur
Examineur
Examineur

Ce travail n'aurait jamais pu voir le jour sans la forte contribution et le dévouement de Madame Corine Cauvet, Professeur à Aix-Marseille Université (Université Paul-Cézanne) et directrice de ma thèse. Je lui adresse ma plus grande gratitude et mes très sincères remerciements pour sa disponibilité, son investissement et ses encouragements. En travaillant à ses côtés, Corine m'a permis de bénéficier de ses compétences, de son savoir-faire et de sa grande rigueur scientifique. Son aide fût inestimable tout au long de ce travail de recherche. Ma chance fût vraiment énorme de l'avoir eu comme directrice de thèse. Qu'elle sache qu'elle m'a profondément marquée autant par son professionnalisme que par ses valeurs humaines. Pour ceci et pour tout le reste, je la remercie le plus sincèrement et le plus chaleureusement possible.

Je tiens à remercier sincèrement, Madame Dominique Rieu, Professeur à l'Université Pierre-Mendès-France à Grenoble, et Monsieur Gilles Zurfluh, Professeur à l'Université de Toulouse 1, qui ont accepté d'évaluer ce travail et d'en être les rapporteurs. Je les remercie pour le temps qu'ils ont accordé à la lecture de ce manuscrit et pour les pertinentes remarques qu'ils ont pu soulever.

Je souhaite également remercier Monsieur Bernard Espinasse, Professeur à Aix-Marseille Université (Université Paul-Cézanne), Monsieur Pierre Maret Professeur à l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne et Monsieur Philippe Ramadour Maître de conférences à Aix-Marseille Université (Université Paul-Cézanne) pour avoir bien voulu faire partie de mon jury et examiner ce travail dans un très court délai.

Je remercie chaleureusement toute l'équipe du CRIJ Provence-Alpes qui m'a soutenu et encouragé dans ce travail, et plus particulièrement Florence Guillement qui a eu la gentillesse de me relire.

Je remercie plus personnellement mes amis les plus proches (Imane F., Imane H., Asmaa, Meryem, Jamel, Rachid, Sophia, Maria, Hamid, Jihane, ...) pour leur présence et leur écoute et plus particulièrement à Christophe Waharte pour ses précieux conseils.

Remerciements

Mes plus profonds remerciements et ma reconnaissance vont à ma mère Latifa et à mon père Mehdi. Tout au long de mon cursus, ils ont su m'orienter, et m'encourager. Leur soutien et leur patience ont été indispensables pour mener à bien ce travail. Qu'ils puissent voir dans ce travail l'aboutissement de tous leurs efforts. Je ne peux terminer sans adresser un grand merci à mon frère unique et préféré Saad qui a toujours su être présent et de bon conseil.

Modèle orienté service pour la conception de parcours pédagogiques personnalisés

L'utilisation des technologies du web dans les métiers de la formation permet d'envisager de nouvelles approches d'apprentissage. Toutefois la qualité de ces approches dépend de leur capacité à fournir aux apprenants, des contenus et des parcours pédagogiques adaptés à leurs besoins. La solution présentée propose de mettre à la disposition des apprenants un ensemble de services pédagogiques. Un service fournit un fragment de processus pour répondre à un certain objectif pédagogique. C'est en composant des services de manière dynamique que l'on peut construire des parcours adaptés. L'approche POPS (**P**rocess-**O**riented **P**edagogic **S**ervice) est un cadre conceptuel qui définit un modèle pour décrire les services pédagogiques et un processus de composition de services pour construire des parcours personnalisés. Des ontologies du domaine enseigné et de la pédagogie sont proposées pour, d'une part, décrire les services et d'autre part, en faciliter la recherche et la composition. L'approche a été appliquée pour l'enseignement du langage UML dans le cadre d'un projet Campus Numérique.

Mots-Clés

Système pédagogique adaptatif, Composant pédagogique, Service pédagogique, ontologies, processus de composition de Services

Service-Oriented Model for Personalized Learning Process Design

The use of web technologies in the jobs of training leads to the emergence of new learning approaches. However, the success of these approaches depends on their capacity to be provided with courses adapted to learners' intentions and learners' profiles. The aim of this research work is to propose a service-oriented approach; pedagogic services provide learning process chunks to satisfy pedagogic objectives. By dynamically composing services, a learning process can be generated according to a learner's intention and a learning context. The POPS approach (Process-Oriented Pedagogic Service) is a conceptual framework which provides both a service model for pedagogical services design and a services composition process for generating personalized learning processes. The framework also defines ontology on the education subject and ontology on pedagogic engineering. These ontologies, on the one hand, support services specification and, on the other hand, facilitate services discovery and composition. An illustration of the approach concerns UML teaching in the context of a project of e-learning.

Keywords

Adaptative Pedagogic System, Pedagogic Component, Pedagogic Service, Ontology, Domain Ontology, Task Ontology, Services Composition Process

REMERCIEMENTS	3
SOMMAIRE	5
CHAPITRE 1 – INTRODUCTION GENERALE	11
1.1 La conception des systèmes pédagogiques adaptatifs	13
1.1.1 Les systèmes hypermédias adaptatifs	14
1.1.2 L'ingénierie pédagogique	15
1.2 La problématique	16
1.3 Les principes de la solution	18
1.3.1 La pertinence de l'orientation service	19
1.3.2 La construction de parcours par composition dynamique de services	19
1.3.3 L'adaptation des services au contexte	20
1.3.4 L'utilisation d'ontologie	21
1.4 Contributions	21
1.5 Organisation du document	23
PREMIERE PARTIE – ETAT DE L'ART	24
CHAPITRE 2 : MODELES ET TECHNIQUES POUR LES SYSTEMES PEDAGOGIQUES ADAPTATIFS	26
2.1 Introduction	27
2.2 Présentation du cadre de référence	27
2.3 Les quatre vues du cadre de références et leur facette	29
2.3.1 La vue « modèle de ressources »	29
2.3.2 La vue « modèle de l'apprenant »	32
2.3.3 La vue « modèle de processus »	36
2.3.4 La vue « méthode d'adaptation »	40
2.4 Synthèse	43
2.5 Conclusion	44
CHAPITRE 3 : ANALYSE DES SYSTEMES PEDAGOGIQUES ADAPTATIFS	45
3.1 Introduction	47
3.2 Description des systèmes adaptatifs existants	48
3.2.1 Le système « Dynamic Courseware Generation with teaching	48

expertise »	
3.2.2 Le système INSPIRE	51
3.2.3 Le système METADYNE	54
3.2.4 Le système SYBIL	56
3.2.5 Le système SERPOLET	58
3.3 Synthèse et positionnement de notre approche	62
3.4 Conclusion	65
<i>CHAPITRE 4 : PRESENTATION DES APPROCHES D'APPUI</i>	66
4.1 Introduction	68
4.2 Le domaine de la pédagogie	69
4.2.1 La taxonomie des objectifs pédagogiques	70
4.2.2 La taxonomie des approches pédagogiques	74
4.3 Les standards de description d'objets pédagogiques	76
4.3.1 LOM	76
4.3.2 SCORM	78
4.3.3 IMS-LD	79
4.4 L'approche orientée service	80
4.4.1 Les services web	80
4.4.2 Les services web sémantiques	81
4.4.3 Les services métiers	82
4.4.4 La composition de services	83
4.5 Les ontologies	85
4.5.1 Définition, représentation et typologie	85
4.5.2 Usage des ontologies	87
4.5.3 Exemples d'utilisation des ontologies dans les systèmes d'apprentissage	88
4.6 Conclusion	90
DEUXIEME PARTIE – L'APPROCHE POPS : MODELE, ONTOLOGIES ET PROCESSUS	91
<i>CHAPITRE 5 : PRESENTATION GENERALE DE L'APPROCHE POPS</i>	93
5.1 Introduction	95
5.2 L'approche POPS : objectifs et usages	95
5.2.1 Les objectifs de l'approche POPS	96

5.2.2	Les usages de l'approche POPS	97
5.3	Les principes de l'approche POPS	98
5.3.1	Une approche orientée « service »	98
5.3.2	Une approche centrée « processus »	99
5.3.3	Une approche basée sur la composition dynamique de services	99
5.3.4	Une approche utilisant des ontologies	100
5.4	L'architecture conceptuelle POPS	100
5.4.1	Les ontologies	102
5.4.2	Le modèle de services pédagogiques	103
5.4.3	Le processus de construction de parcours personnalisés	104
5.5	Conclusion	105
 CHAPITRE 6 : LE MODELE DE SERVICES POPS		106
6.1	Introduction	108
6.2	Les principes généraux des modèles de services	109
6.2.1	Principes de description des services pédagogiques	109
6.2.2	Niveaux de description d'un service pédagogique	110
6.3	Les concepts du modèle de service POPS	112
6.3.1	Vue générale	112
6.3.2	Modèle de service et ontologies	113
6.3.3	La partie « profil » du service	115
6.3.4	La partie « structure » du service	118
6.3.5	La partie « comportement » du service	125
6.3.6	Synthèse des concepts du modèle de services	134
6.4	Typologie des services pédagogiques	134
6.4.1	Typologie basée sur les objectifs des services	135
6.4.2	Typologie basée sur le degré de variabilité des services	137
6.5	Conclusion	142
 CHAPITRE 7 : LES ONTOLOGIES DANS POPS		144
7.1	Introduction	146
7.2	Approche générale des ontologies dans POPS	146
7.2.1	Les types d'ontologies utilisés	146
7.2.2	Les ontologies et leurs relations	147

7.2.3	Langages de description des ontologies dans POPS	149
7.3	Les ontologies du domaine d'enseignement	151
7.3.1	La « méta-ontologie » du domaine d'enseignement (O_dom)	151
7.3.2	L'ontologie du domaine d'enseignement d'UML (O_uml)	152
7.4	Les ontologies relatives à la pédagogie	154
7.4.1	L'ontologie des objectifs (O_obj)	154
7.4.2	L'ontologie des acteurs (O_act)	158
7.4.3	L'ontologie des approches pédagogiques (O_app)	160
7.4.4	L'ontologie des ressources (O_res)	162
7.5	Le rôle des ontologies dans POPS	163
7.5.1	La recherche de services dans un contexte web	164
7.5.2	La description sémantique des services	164
7.5.3	Réduire la distance entre les besoins des apprenants et les services disponibles	166
7.5.4	Guider et automatiser la recherche et la composition des services	166
7.6	Conclusion	167
 CHAPITRE 8 : PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE PARCOURS INDIVIDUALISES		168
8.1	Introduction	170
8.2	La composition et l'adaptation dynamique de services	170
8.2.1	Requête et contexte de requête	171
8.2.2	L'adaptation dynamique	174
8.2.3	La composition dynamique	175
8.3	Principes et organisation du processus de construction de parcours dans POPS	176
8.3.1	Le processus est itératif et guidé par les buts	176
8.3.2	L'organisation du processus	177
8.3.3	Le graphe de composition de services (GCS) et le graphe d'exécution de parcours (GEP)	178
8.4	Les activités du processus	184
8.4.1	L'activité de recherche	184
8.4.2	L'activité de sélection	186
8.4.3	L'activité d'adaptation	187
8.4.4	L'activité de composition de services	187
8.4.5	L'activité de génération	188

8.5 Scénario d’illustration des processus de construction de parcours	188
8.5.1 Présentation du scénario d’illustration	189
8.5.2 Première itération	189
8.5.3 Deuxième itération	191
8.5.4 Troisième itération	193
8.6 Conclusion	195
TROISIEME PARTIE – EXPERIMENTATION DE L’APPROCHE	197
CHAPITRE 9 : EXPERIMENTATION DE L’APPROCHE POPS DANS LE CADRE D’E-MI@GE	199
9.1 Introduction	201
9.2 Présentation du projet	201
9.2.1 Objectifs du projet et démarche	201
9.2.2 Les types d’apprenants	202
9.2.3 Les unités d’enseignement	203
9.3 Le module ACOO	205
9.4 Mise en œuvre de l’approche POPS	205
9.4.1 Conception de services pédagogiques	206
9.4.2 La construction de parcours	207
9.5 Conception et publication des services UML	207
9.5.1 Identification des services UML	207
9.5.2 Définition des décompositions de buts	209
9.5.3 Synthèse	213
9.5.4 Spécification détaillée de services UML	215
9.6 Construction de parcours personnalisés pour le module ACOO	223
9.6.1 Exemples de parcours générés pour une requête simple	224
9.6.2 Exemples de parcours générés pour une requête complexe	227
9.7 Evaluation	230
9.7.1 La conception de services	230
9.7.2 La formulation des requêtes et la construction des parcours	232
9.8 Conclusion	233
CHAPITRE 10 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES	234
10.1 Principales contributions	236
10.2 Limites des travaux	238

10.3 Perspectives	240
<i>ANNEXE A</i>	243
<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	273
<i>TABLE DES FIGURES</i>	288

CHAPITRE 1

INTRODUCTION GENERALE

« Chaque génération, sans doute, se croit vouée à refaire le monde. La mienne sait pourtant qu'elle ne le refera pas. Mais sa tâche est peut être plus grande. Elle consiste à empêcher que le monde ne se défasse. »

Albert CAMUS

« L'imagination est plus importante que le savoir »

Albert EINSTEIN

SOMMAIRE

1.1	La conception de systèmes pédagogiques adaptatifs	13
1.1.1	Les systèmes hypermédias adaptatifs	14
1.1.2	L'ingénierie pédagogique	14
1.2	La problématique	16
1.3	Les principes de la solution	18
1.3.1	La pertinence de l'orientation service	18
1.3.2	L'adaptation de services au contexte	19
1.3.3	La construction de parcours par composition dynamique de services	20
1.3.4	L'utilisation d'ontologies	20
1.4	Contributions	21
1.5	Organisation du document	23

Nous introduisons dans ce chapitre le domaine de la conception de systèmes pédagogiques adaptatifs. Ce domaine constitue le contexte général de notre travail de recherche. Partant d'un ensemble de constats, nous formulons les axes de recherche et les principes qui ont guidé la définition d'une solution pour la conception de ce type de systèmes.

1.1 La conception de systèmes pédagogiques adaptatifs

La mutation actuelle du domaine de la formation ne saurait être épargnée par l'arrivée en force du numérique, portée par l'évolution des technologies en général et l'essor d'internet en particulier. Les enjeux sont importants puisque les universités et les centres de formation se posent aujourd'hui la question d'internet en tant que « moyen de renouveler une relation pédagogique mise à mal par les effectifs et l'hétérogénéité croissante des étudiants » [Reverchon, 2000], [Crozat, 2002], [Selwyn, 2007], [Uduma & al., 2007] et [Paquette & al., 2008]

L'utilisation des technologies du web dans les métiers de la formation [Der-Thanq & al., 2007] et [West & al., 2007] permet d'envisager de nouvelles approches et de nouveaux contextes d'apprentissage. Toutefois la qualité du service pédagogique rendu dépend de la capacité de ces nouvelles approches à fournir aux apprenants, des contenus et des parcours pédagogiques adaptés à leurs besoins et à leur profil. Le développement de systèmes pédagogiques adaptatifs vise à répondre à cet objectif. L'enjeu consiste donc à rendre le système le plus réactif possible à la situation de chaque apprenant tout en préservant les pratiques actuelles de la formation. En ce sens nous utilisons le terme *système pédagogique adaptatif* pour désigner le fait que le système doit adapter les parcours pédagogiques dynamiquement en réponse aux attentes de chaque apprenant.

Généralement, ces systèmes apparaissent aujourd'hui comme de simples gestionnaires de ressources pédagogiques, accessibles par une grande diversité d'apprenants. D'un autre côté, les techniques actuelles de conception de ces systèmes sont globalement artisanales et dans peu de cas, elles prennent en considération les besoins de flexibilité inhérents à ces systèmes. La flexibilité désigne ici la capacité à répondre aux besoins des apprenants d'une manière dynamique.

C'est dans ce contexte que nous inscrivons notre travail. L'objectif est de rechercher des solutions pour la conception de systèmes pédagogiques adaptatifs. Dans ce domaine, les approches les plus anciennes proviennent des systèmes hypermédias adaptatifs. Aujourd'hui, il existe un véritable courant de recherche portant sur l'ingénierie pédagogique. L'arrivée du web et le besoin de pouvoir partager des ressources pédagogiques et de les rendre accessibles sous la forme de modules autonomes a fait émerger de nombreux standards pour la modélisation des ressources. Depuis le début des années 2000, la modélisation des connaissances pédagogiques est devenue un axe de recherche dont l'objectif est de mieux intégrer le domaine de la pédagogie et celui des technologies de l'information.

1.1.1 Les systèmes hypermédias adaptatifs

Les systèmes hypermédias se sont développés dans les années 90 dans le contexte de la recherche d'information. L'objectif était d'utiliser les fonctions d'une structure hypermédia pour personnaliser le système. Ces systèmes prennent en compte les objectifs, les préférences et la connaissance sur chaque utilisateur pour présenter des fragments d'information sur des pages hypermédia et pour proposer différents liens pour naviguer entre ces pages.

Les recherches dans ce domaine ont abouti, d'une part, à des modèles utilisateur intégrant différentes formes de connaissance, et d'autre part à des techniques d'adaptation permettant de particulariser le contenu des documents avec des annotations, ou d'adapter la structure de navigation [Henze, 2000a], [Brusilovsky, 1996] et [Mayer, 2003]. Il existe de nombreux exemples de systèmes pédagogiques hypermédias adaptatifs : le système KBS Hyperbook [Henze, 2000b], le système ELM-ART [Brusilovsky & al., 1996]...

1.1.2 L'ingénierie pédagogique

Les travaux de recherche dans le domaine de l'ingénierie pédagogique s'intéressent à définir des méthodes et des approches capables d'assurer la mise en place des ressources et des moyens pédagogiques [Alonso, 2005], facilitant la conception et la mise en place de formations.

Différents courants sont aujourd'hui proposés dans le domaine de l'ingénierie pédagogique:

- i) **Le courant « centré contenu »** est directement lié à l'accroissement des possibilités offertes par Internet pour accéder à de grandes masses de ressources de nature informationnelle mais aussi pédagogiques. Cette approche, basée sur l'idée qu'il est possible de partager et de réutiliser des contenus pédagogiques a conduit à des travaux de standardisation qui ont abouti à la spécification LOM [LOM, 2002]. Composée d'un ensemble de métadonnées, cette approche permet d'indexer des objets pédagogiques en vue de les rechercher et de les réutiliser. Les travaux autour des ressources pédagogiques sont nombreux [Tchounikine, 2002c]: la conception industrialisée de supports pédagogiques numériques [Crozat, 2002], l'indexation et la normalisation des objets pédagogiques [Grandbastien, 2002] et la diffusion de ressources via des plates formes spécialisées [Paquette, 2000].

- ii) **Le courant « ingénierie pédagogique »** s'intéresse à la modélisation pédagogique afin de répondre au principe de l'alignement entre le domaine de la formation et les technologies informatiques. Ce courant s'intéresse non seulement aux contenus mais aussi aux activités qui les mettent en œuvre. Dans ce domaine, les travaux représentatifs sont ceux de la spécification IMS Learning Design [IMS-LD, 2002]. IMS-LD propose une modélisation basée sur la notion d'unité d'apprentissage. Les notions d'activité et de scénario y sont centrales. Aujourd'hui, la spécification IMS-LD est utilisée dans certains systèmes de gestion pédagogique souvent en se limitant à la définition de scénarios prescriptifs. D'autres cadres conceptuels de modélisation ont été proposés [Koper, 2002], [Paquette & al., 2008], [Savard & al., 2008] et [Nodenot, 2006], prenant en compte les objectifs en termes de connaissance, les acteurs, les activités ainsi que l'environnement et les contenus. Le langage EML (Educational Modeling Language) s'inscrit dans ce courant en prenant en compte à la fois le niveau des approches pédagogiques et celui des ressources et les unités d'apprentissage.

1.2 La problématique

Cette section introduit la problématique dans laquelle s'inscrit le travail de recherche présenté dans ce mémoire. Partant de constats établis dans l'utilisation de systèmes pédagogiques, nous définissons de nouveaux besoins pour leur conception.

Les processus et les activités d'apprentissage sont peu pris en compte. Les systèmes pédagogiques existants gèrent des objets d'apprentissage qui sont le plus souvent des ressources numériques adressables. Ces ressources fournissent des contenus qui peuvent être utilisés dans de activités de formation. Les modèles et les langages de description de ressources pédagogiques proposés aujourd'hui comme standards sont eux-mêmes très centrés sur la caractérisation des contenus et très peu sur les processus d'usage de ces contenus. Des auteurs [Pernin, 2003] ont par exemple indiqué le besoin d'étendre les descripteurs du LOM (ISO LTSC 2003) avec de nouveaux champs concernant l'usage pédagogique des objets afin d'en améliorer la réutilisation et de garantir la pertinence des résultats des requêtes de recherche.

Dans la conception d'un système pédagogique, nous pensons que la dimension processus d'apprentissage doit être prise en compte explicitement. Il est nécessaire de modéliser ces processus afin d'en permettre l'échange et la réutilisation au même titre que les ressources. Il est aussi nécessaire de pouvoir utiliser des processus pour être guidé vers un niveau de compétence souhaité. La modélisation des processus doit conduire à capturer des styles et des méthodes d'apprentissage. Ces connaissances sont essentielles pour personnaliser l'apprentissage en fonction des habitudes et des préférences des apprenants. Nous pensons que les ressources pédagogiques mises à disposition des apprenants doivent offrir à la fois des contenus et des processus pédagogiques.

Le manque de personnalisation de l'apprentissage. Les systèmes actuels proposent des ensembles de ressources dont la recherche peut être personnalisée sur la base des métadonnées décrivant ces ressources. D'abord, les métadonnées disponibles ne permettent que très rarement de rapprocher les besoins en termes de styles et de méthodes d'apprentissage de l'apprenant avec les ressources disponibles. Lorsque les systèmes pédagogiques mettent à la disposition des apprenants des parcours d'apprentissage, ceux-ci

sont le plus souvent prédéfinis. Les parcours sont définis au préalable par le concepteur de cours comme un ensemble d'activités formant un bloc indécomposable [Piombo, 2007]. Dans ces parcours, une étape ne peut être mise en œuvre qu'après la fin des étapes précédentes. Ceci conduit tous les apprenants à exécuter les parcours toujours de la même manière quelque soit la particularité de chaque apprenant. Autrement dit les parcours ainsi conçus ne permettent pas l'adaptation et la personnalisation de l'apprentissage. Nous pensons qu'un système pédagogique doit être flexible pour pouvoir prendre en compte les particularités de chaque apprenant. Ces particularités concernent l'apprenant, ses intentions, ses connaissances du domaine mais aussi ses préférences en matière de ressources ou de styles d'apprentissage.

Le besoin de modélisation des connaissances sur les apprenants. Un système pédagogique doit être construit au service des apprenants, or ces apprenants ont des niveaux de compétence différents, des profils variés et des préférences, aussi la modélisation de connaissances relatives aux apprenants est essentielle. Cette connaissance est à la fois utile pour personnaliser les parcours mais aussi pour exprimer des besoins pédagogiques, en effet la réponse à un besoin pédagogique n'est pas forcément la même pour un apprenant novice ou pour un apprenant expert sur un sujet d'enseignement.

Le besoin de modélisation des connaissances pédagogiques. Le domaine de la pédagogie a donné lieu à de nombreuses études et réflexions théoriques sur les manières d'enseigner. De nombreuses approches sont mises en pratique tous les jours dans les formations. Or les connaissances relatives aux métiers de l'enseignement sont peu explicitées. Dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, deux types de connaissance doivent être prises en compte :

- *Les connaissances relatives au sujet enseigné*, ces connaissances doivent décrire un domaine d'enseignement. Par exemple, le génie logiciel peut être vu comme un sujet d'enseignement qui nécessite l'enseignement de concepts et de méthodes (concept de module, méthodes formelles, ...).
- *Les connaissances relatives à la pédagogie*, ces connaissances sont relatives aux méthodes, aux démarches et aux styles d'enseignement. Par exemple,

l'enseignement par étude de cas est une forme d'enseignement qui met en œuvre des techniques utilisant des exemples.

Nous pensons que la conception d'un système pédagogique de qualité doit conduire à représenter ces connaissances, à les structurer et à les formaliser.

Notre objectif est de répondre à ces besoins en proposant une solution basée sur la notion de service. Nous allons montrer dans la section suivante la pertinence de l'approche service, à la fois dans la modélisation des connaissances, dans la construction de parcours et dans la personnalisation de ces parcours.

1.3 Les principes de la solution

A un niveau conceptuel, nous considérons un système pédagogique comme un ensemble de services. Chaque service fournit un processus pédagogique qui remplit un certain objectif. C'est en composant des services pédagogiques de manière dynamique qu'il est possible de construire des parcours pédagogiques personnalisés et adaptés à un contexte donné. La description sémantique des services pédagogiques est réalisée au moyen d'ontologies.

L'approche proposée est basée sur quatre principes : l'orientation « service », la construction de parcours par composition dynamique de services, la personnalisation de services au contexte et l'utilisation d'ontologies.

1.3.1 La pertinence de l'orientation service

Bien qu'il n'existe pas de définition consensuelle de ce qu'est un service, la définition donnée dans [Papazoglou, 2003] est très largement référencée dans la littérature. Un service est défini comme « *un ensemble d'applications modulaires auto-contenues et auto-descriptives qui peuvent être publiées, localisées et invoquées depuis le Web. Un service peut effectuer des actions allant de simples requêtes à des processus métiers complexes. Les services permettent d'intégrer des systèmes d'information hétérogènes en utilisant des protocoles et des formats de données standardisés, autorisant ainsi un faible couplage et une grande souplesse vis-à-vis des choix technologiques effectués* ».

Dans cette proposition, la notion de service est utilisée pour, d'une part, désigner un composant pédagogique et d'autre part, faire référence à un fragment de parcours disponible permettant de répondre à un objectif pédagogique donné. Les services pédagogiques sont des processus d'apprentissage proposés aux apprenants pour répondre à leurs besoins. La conception de services pédagogiques est guidée par l'usage. Cette dimension « usage » est une différence essentielle entre la notion de composant et celle de service. Dans la conception de services, il est essentiel d'avoir un questionnement sur le but auquel répond le service, sur le profil d'apprenant à qui il peut être fourni et sur le contexte dans lequel il peut être utilisé. En centrant la réflexion sur l'usage, l'approche service favorise l'alignement du système pédagogique aux divers besoins de formation. Une démarche orientée service doit partir des buts pédagogiques à atteindre pour identifier les services d'enseignement à offrir.

Notre première problématique consiste à définir un modèle de services pédagogiques orienté but. Un service pédagogique permet de satisfaire un but pédagogique en mettant en œuvre des processus pédagogiques.

1.3.2 L'adaptation de services au contexte

Dans la spécification d'un service, et dans un souci de personnalisation, un service doit être adaptable au moment de son utilisation. L'adaptation dépend directement de l'apprenant et de son profil. Un service doit proposer plusieurs méthodes pour réaliser un même objectif. Ces méthodes peuvent se différencier, d'une part, par les activités qu'elles mettent œuvre et d'autre part, par l'orchestration de ces activités. Le choix de la méthode doit être fait en fonction du contexte d'utilisation, c'est-à-dire de l'apprenant, de son niveau de compétence, de ses préférences,

La deuxième problématique concerne le besoin de disposer de mécanismes permettant d'exprimer de la variabilité dans la définition des services et de choisir parmi les variantes au moment de l'utilisation des services.

1.3.3 La construction de parcours par composition dynamique de services

Dans l'approche proposée, la construction d'un parcours pédagogique est dynamique. Partant de l'objectif énoncé par un apprenant, il s'agit de rechercher et de composer les services pédagogiques qui contribuent à la réalisation de cet objectif. Cette approche est très différente de celles dans lesquelles, les parcours sont prédéfinis au moment de la conception du système pédagogique. Partant d'un ensemble de services décrits et publiés, il s'agit, au moment où un apprenant émet un besoin, de rechercher les services qui répondent à ce besoin et de les composer. La construction de parcours est faite « à la demande » en tenant compte de l'apprenant et de son contexte d'apprentissage. Le principe de composition dynamique est essentiel pour atteindre un degré de flexibilité dans la construction de parcours. En effet, il est difficile de décrire un schéma de composition qui définit à l'avance toutes les possibilités. La composition dynamique autorise à composer les services de différentes manières, à sélectionner les services en fonction du contexte et enfin à découvrir les services au moment où l'on cherche à répondre à un besoin d'apprenant. De cette manière, il est possible, partant d'un même besoin de générer différents parcours, correspondants à des apprenants différents, ou à des environnements différents.

La troisième problématique est la spécification d'un processus de génération de parcours à la demande. Il s'agit de proposer un cadre général pour traiter le besoin d'un apprenant en utilisant le paradigme de composition des services.

1.3.4 L'utilisation d'ontologies

Dans un souci de faciliter la recherche, l'adaptation et la composition de services, il est essentiel de disposer d'une description sémantiquement riche des services. Les ontologies sont aujourd'hui largement utilisées pour répondre à ce besoin. Dans notre contexte, nous avons précisé en section 1.2 la nécessité de représenter les connaissances relatives aux apprenants, au sujet d'enseignement et aux méthodes pédagogiques. Les ontologies proposées pour ces trois domaines définissent une terminologie réutilisable et partageable par ceux qui conçoivent les services pédagogiques (concepteur/ enseignant). Nous pensons aussi que les ontologies peuvent être partagées avec ceux qui utilisent (apprenants) les

services pédagogiques. Ainsi, nous proposons une ontologie d'objectifs pédagogiques qui sert à la fois au concepteur de services à spécifier les connaissances sur l'usage du service et aux apprenants pour formuler leurs. Le partage des mêmes ontologies pour décrire les services et pour exprimer les besoins pédagogiques des apprenants permet d'établir des correspondances entre les services disponibles et les services attendus.

Notre quatrième problème a consisté à proposer des ontologies relatives au sujet d'enseignement, aux objectifs et aux méthodes pédagogiques ainsi qu'une ontologie des apprenants.

1.4 Contributions

L'objectif principal de la thèse est de développer une nouvelle approche pour la conception de systèmes pédagogiques adaptatifs. Cette approche est désignée dans la suite du document par « approche POPS » ou POPS (Process-Oriented Pedagogical services). Nous nous inscrivons tout au long de ce travail dans une perspective d'ingénierie. Nous proposons donc des modèles pour guider la conception et le développement de ces systèmes.

Nos contributions répondent aux limites et aux problématiques précédemment décrites en proposant :

- **Un modèle de services permettant de spécifier les services pédagogiques.**

Le modèle de services pédagogiques est composé d'un ensemble de concepts pour décrire les services. Dans POPS, un service pédagogique est défini comme un processus (composé d'activités) utilisant des ressources pour atteindre un objectif particulier. Le modèle de services est de type sémantique, il permet de représenter de nombreuses connaissances sur l'usage du service.

- **Un processus pour la construction de parcours pédagogiques personnalisés.**

La construction d'un parcours revient à exprimer un objectif, à le décomposer, à rechercher les services pédagogiques permettant de satisfaire les sous-objectifs, à adapter ces services et à les assembler pour satisfaire l'objectif initial. Le processus de

construction d'un parcours est basé sur un principe dit de composition dynamique de services.

- **Des ontologies relatives au domaine enseigné et au domaine de la pédagogie.**

Ces ontologies définissent une terminologie réutilisable et partageable par ceux qui conçoivent les services pédagogiques (concepteur/enseignant) et par ceux qui les utilisent (apprenants). POPS, fournit deux types d'ontologie: les ontologies de la pédagogie et les ontologies du domaine d'enseignement. L'ontologie de la pédagogie est prédéfinie et l'ontologie du domaine d'enseignement est obtenue en instanciant une méta-ontologie de domaine.

- **Des mécanismes pour exprimer de la flexibilité et permettre la personnalisation.**

Le modèle de services est associé à un ensemble de mécanismes qui autorisent de différer certains choix au moment de la réutilisation des services. Les notions de buts abstraits et de graphe de décomposition « ET/OU » d'un but permettent d'exprimer de la variabilité dans les services. La variabilité est exploitée au moment de l'utilisation des services pour faire des choix et pour personnaliser en fonction du contexte d'apprentissage.

- **Une expérimentation de l'approche dans le cadre du projet d'enseignement à distance e-Mi@ge.**

Le consortium International e-Mi@ge (IEM) qui regroupe aujourd'hui une trentaine d'universités et d'institutions partenaires est une université virtuelle issue des appels à propositions de campus numériques du ministère français de l'éducation nationale des années 2000-2003. Cette université virtuelle propose en formation à distance les enseignements de la filière « Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion des Entreprises (MIAGE) » menant aux diplômes de Licence et de Master, elle forme des spécialistes en ingénierie des systèmes d'information.

Dans le cadre de ce projet nous avons expérimenté l'approche POPS pour le développement du module d'analyse et de conception orientée-objet avec le langage UML. Nous avons proposé un ensemble de services pédagogiques pour cet enseignement.

1.5 Organisation du document

Ce mémoire est composé de 9 chapitres organisés en trois parties :

- **La première partie** présente un état de l'art ; elle est constituée de trois chapitres : *le chapitre 2* propose un cadre de référence pour l'étude des modèles et des techniques utilisés dans les systèmes pédagogiques adaptatifs, *le chapitre 3* étudie ces systèmes en montrant leurs ressemblances et leurs limites et *le chapitre 4* présente les approches sur lesquelles s'appuie notre travail.
- **La deuxième partie** constitue le cœur du mémoire, elle présente les différents éléments de l'approche POPS. Cette partie comporte quatre chapitres : *le chapitre 5* introduit l'approche POPS, *le chapitre 6* détaille le modèle de services, *le chapitre 7* définit les cinq ontologies utilisées dans POPS, et *le chapitre 8* décrit le processus de construction de parcours pédagogiques.
- **La troisième partie** présente une expérimentation de l'approche dans le cadre du projet d'enseignement à distance e-Mi@ge.
- **La conclusion** effectue une synthèse de ce travail, donne ses limites et précise des perspectives de recherche.

PREMIERE PARTIE

Etat de l'art

INTRODUCTION

Cette partie présente, d'une part, une étude et une analyse des solutions qui ont été proposées dans le domaine des systèmes pédagogiques adaptatifs et d'autre part, les principaux éléments qui ont servi de fondement à notre recherche. Nous utilisons quatre domaines pour appuyer ce travail de recherche : des cadres théoriques issus du domaine des Sciences de l'Education, l'approche service, l'ingénierie pédagogique et les ontologies.

Cette partie est composée de trois chapitres. Le **deuxième chapitre** présente un cadre de référence pour caractériser les modèles et les techniques mis en œuvre dans les systèmes pédagogiques adaptatifs. Il s'agit d'étudier les quatre composants principaux de ces systèmes: le modèle des ressources pédagogiques, le modèle des apprenants, le modèle des processus pédagogiques et les techniques d'adaptation mises en œuvre. Sur la base du cadre de référence dégagé dans le premier chapitre, le **troisième chapitre** analyse les systèmes existants en montrant leurs ressemblances, leurs différences et leurs limites. Le **quatrième chapitre** introduit les éléments qui ont servi de base à notre solution : les standards issus de l'ingénierie pédagogique, l'approche service, les ontologies et les classifications d'objectifs issues du domaine des Sciences de l'Education.

CHAPITRE 2

MODELES ET TECHNIQUES POUR LES SYSTEMES PEDAGOGIQUES ADAPTATIFS

« Le commencement de toute science, c'est l'étonnement de ce que les choses sont ce qu'elles sont. »

ARISTOTE

« Les vérités sont des mensonges à plus ou moins long terme. Ne pas mentir, c'est dire ce qu'on sait, non ce qu'on croit savoir. »

Robert ESCARPIT

SOMMAIRE

2.1 Introduction	27
2.2 Présentation du cadre de référence	27
2.3 Les quatre vues du cadre de référence et leurs facettes	28
2.3.1 La vue « modèle de ressources »	29
2.3.2 La vue « modèle de l'apprenant »	32
2.3.3 La vue « modèle de processus »	36
2.3.4 La vue « méthode d'adaptation »	40
2.4 Synthèse	43
2.5 Conclusion	44

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous définissons un cadre de référence pour, d'une part, mettre en évidence les principaux éléments qui doivent être considérés pour répondre au besoin de personnalisation dans la conception de parcours pédagogiques et d'autre part, caractériser et comparer les différents systèmes pédagogiques adaptatifs existants. Le cadre de référence proposé dans ce chapitre utilise l'approche de classification par vues et par facettes. Ce cadre a été proposé pour la première fois dans [Prieto-Diaz, 1987] pour la classification de composants réutilisables. Cette approche de classification par facettes a été depuis utilisée pour l'élaboration d'états de l'art dans divers travaux tels que [Si-Said, 1999], [Rolland & al., 1998] et [Ramadour, 2001].

La section 2.2 présente le cadre de référence avec ses vues et ses facettes et la *section 2.3* détaille les quatre vues. La *section 2.4* fournit une synthèse avec les valeurs possibles de chaque facette.

2.2 Présentation du cadre de référence

Afin de présenter une vision complète et unifiée des recherches existantes dans le domaine de la conception des systèmes pédagogiques adaptatifs, nous proposons un cadre de référence pour caractériser ce domaine. Ce cadre est composé d'un ensemble de vues et de facettes. Chaque vue permet de capturer un aspect particulier des systèmes pédagogiques adaptatifs et elle est caractérisée par un ensemble de facettes qui facilitent la compréhension et la classification des différents aspects des systèmes pédagogiques. L'approche multi-vues et multi-facettes adoptée permet d'avoir une vue globale et structurée des systèmes pédagogiques.

Dans le domaine de la conception des systèmes pédagogiques adaptatifs, une première problématique concerne la représentation des **ressources pédagogiques**. La structuration des contenus et leur niveau d'abstraction sont des éléments essentiels. Une deuxième dimension tout aussi importante est celle des **processus pédagogiques** (méthodes et démarches), en effet la personnalisation doit porter à la fois sur les ressources pédagogiques à proposer aux apprenants et sur les démarches pédagogiques. La

personnalisation de parcours et de contenus est directement dépendante des caractéristiques de l'apprenant. Le **modèle de l'apprenant** joue donc un rôle important. Enfin **les méthodes d'adaptation** mises en œuvre pour créer des parcours personnalisés peuvent être plus ou moins puissantes dans ces systèmes.

Le cadre de référence proposé est donc composé de quatre vues: la vue « modèle de ressources », la vue « modèle de l'apprenant », la vue « modèle de processus » et la vue « méthodes d'adaptation ». Les quatre vues retenues correspondent aux principaux composants d'un système pédagogique adaptatif (cf. figure 2.1).

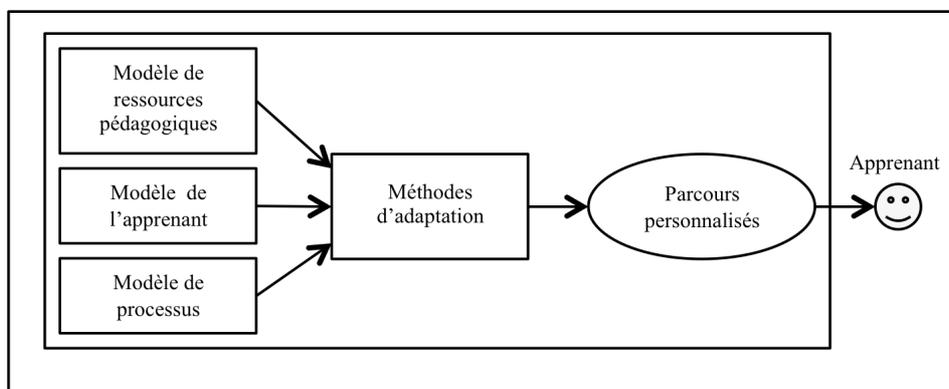


Figure 2.1 – Principaux composants d'un système pédagogique adaptatif

2.3 Les quatre vues du cadre de référence et leurs facettes

Chacune de ces vues est organisée à l'aide de facettes ; ce sont les valeurs de ces facettes qui permettent de caractériser et de discriminer les approches existantes. En considérant les quatre vues précédentes, nous présentons dans cette partie leurs facettes.

La *vue* « **modèle de ressources** ». Le modèle de ressources permet d'exprimer la connaissance sur le sujet de l'enseignement. Cette connaissance peut être décrite à différents niveaux d'abstraction et dans différentes formes. Elle est donc caractérisée par deux facettes : la facette « niveau d'abstraction » et la facette « formalisme ».

La *vue* « **modèle de l'apprenant** ». Le modèle de l'apprenant permet de décrire les caractéristiques de l'apprenant. Le degré de personnalisation des parcours est directement dépendant de la richesse de la description des connaissances sur l'apprenant. Cette vue

comporte quatre facettes : la facette « niveau d'abstraction », la facette « nature des connaissances », la facette « structure du modèle de l'apprenant » et la facette « gestion ».

La *vue* « **modèle de processus** ». Le modèle de processus vise à exprimer les différentes démarches d'apprentissage ; ces démarches peuvent être spécifiées à différents niveaux d'abstraction, il peut s'agir de styles d'apprentissage, de stratégies, de méthodes, ou encore de techniques très opérationnelles. La vue du modèle de processus comporte deux facettes : la facette « niveau d'abstraction » et la facette « modèle de description ».

La *vue* « **méthodes d'adaptation** ». Cette vue permet de caractériser les différentes approches d'adaptation. L'utilisation de mécanismes de navigation et de masquage, l'application de règles de sélection et la composition dynamique sont des méthodes très différentes visant à élaborer des parcours adaptés. Cette vue est composée de deux facettes : la facette « portée de l'adaptation » et la facette « technique de l'adaptation ».

2.3.1 La vue « modèle de ressources »

Un système pédagogique adaptatif doit mettre à la disposition d'un apprenant particulier des ressources adaptées à ses besoins d'apprentissage. Ces ressources auxquelles l'apprenant peut accéder sont relativement hétérogènes, une ressource peut être une page Web, un ensemble de chapitres relatifs à un même sujet, etc.... Les ressources sont définies au moyen d'un modèle permettant de décrire les ressources dans différentes formes et à différents niveaux d'abstraction.

Dans cette vue, nous présentons les modèles de description des ressources pédagogiques. La vue est organisée autour d'une *facette* « **niveau d'abstraction** » pour prendre en compte le niveau auquel sont décrites les ressources et une *facette* « **formalisme** » définissant les modes de représentation utilisés pour la description de ces ressources.

2.3.1.1 La facette « niveau d'abstraction »

Cette facette caractérise le niveau auquel les ressources sont décrites. Trois niveaux sont usuellement utilisés pour décrire les ressources pédagogiques : le *niveau conceptuel*, le *niveau logique* et le *niveau physique*.

- **Le niveau conceptuel** permet une description sémantique des ressources. Ce niveau est indépendant des aspects techniques et des formats physiques de mémorisation des ressources. Il permet d'exprimer des propriétés pédagogiques sur les ressources. Par exemple, le niveau de difficulté est un élément descriptif de nature pédagogique d'une ressource. Dans certains modèles de description à base de métadonnées comme par exemple le modèle de ressources LOM [LOM, 2002], il existe une catégorie spécifique de métadonnées pour décrire des propriétés pédagogiques telles que la difficulté, le type de la ressource...

- **Le niveau logique** permet une description de la structure des ressources. Plusieurs modèles de structuration logique ont été proposés dans le domaine des systèmes hypermédias. Ces modèles sont basés sur une structure hypertexte des ressources. Par exemple [Halasz, 1994] et [De Bra & al., 1999] utilisent le modèle DEXTER dans lequel la structure logique appelée « Storage Layer » est constituée de composants et de points d'ancrage (« anchors ») pour relier les composants de l'hypertexte.

- **Le niveau physique** définit les ressources en fonction de leur support technique de mémorisation. En général, la description de niveau physique décrit le format de la ressource (format HTML, image....), son adresse de stockage (adresse URL, ...)... Le LOM propose une catégorie de métadonnées (catégorie technique) pour décrire les ressources d'un point de vue physique. Ces métadonnées peuvent être: la taille, le format, la localisation ...

2.3.1.2 La facette « formalisme »

La facette formalisme permet de capturer la forme de la description des ressources pédagogiques. Nous considérons à ce niveau essentiellement deux types de modèles, celui des *métadonnées* et celui des *structures*.

Les modèles à base de métadonnées permettent d'associer à une ressource une description sous la forme d'un ensemble de données. Les données sont en général structurées en catégories. Cette approche a été largement utilisée dans les modèles d'objets pédagogiques pour répondre à des besoins de recherche d'objets pédagogiques et aussi d'hétérogénéité.

Plusieurs travaux de normalisation sur les métadonnées pour les ressources pédagogiques ont été menés [Duval, 2002], [Crozat & al., 2002] et [Trigano & al., 2004].

La figure 2.2 montre la spécification LOM [LOM, 2002]. Celle-ci propose un schéma de métadonnées pour décrire les ressources pédagogiques. Le schéma de métadonnées du LOM est constitué d'un ensemble de données permettant de décrire les principales caractéristiques d'une ressource selon différentes facettes : technique, pédagogique, utilisation, référencement, droits, relations...

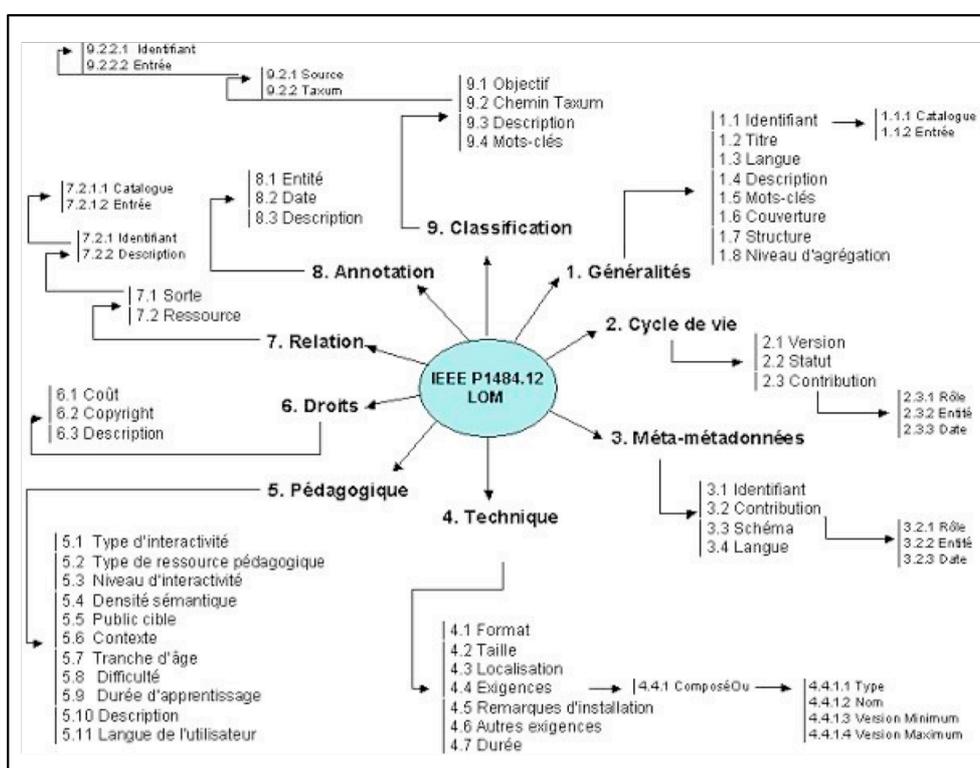


Figure 2.2 – Schéma de métadonnées du LOM [LOM, 2002]

Les modèles à base de structures permettent de décrire les ressources sous la forme de graphes. Selon le niveau d'abstraction de la description, ce graphe peut prendre la forme d'un réseau sémantique ou d'une structure physique de navigation. Une extension de ces modèles consiste à coupler les modèles de ressources au modèle du domaine de l'enseignement, par exemple, on peut associer une ressource au concept du domaine d'enseignement pour lequel cette ressource est définie.

2.3.2 La vue « modèle de l'apprenant »

Dans le domaine de l'ingénierie des systèmes adaptatifs, l'adaptation des contenus, des présentations et des parcours d'apprentissage se fait en fonction des caractéristiques de l'apprenant. La description des apprenants est donc essentielle pour obtenir un degré de personnalisation satisfaisant. Les propriétés descriptives à prendre en compte peuvent être très variées, il peut s'agir de préférences de couleurs, de niveau de compétences ou d'expériences sur le sujet d'enseignement ou encore de préférences en matière de méthodes d'apprentissage. Des typologies de propriétés relatives aux apprenants ont été proposées dans de nombreux travaux [Beaumont, 1994], [Brusilovsky, 1996], [Hothi, 1998], [Murray, 1999] et [Wu & al., 2000]. Notons que la modélisation de l'apprenant rejoint la notion de modèle utilisateur défini notamment dans le contexte de la recherche d'information personnalisée [Koutrika & al., 2005], [Ihaddadene, 2006], [Dinoff & al., 2006], [Lin & al., 2005] et [Wen & al. 2004].

Les modèles de l'apprenant peuvent être caractérisés par quatre facettes : la facette « *niveau d'abstraction* », la facette « *nature des connaissances* », la facette « *structure du modèle apprenant* » et la facette « *gestion* ». La première, précise si le modèle permet de décrire les apprenants à un niveau « individu » ou à un niveau « stéréotype », la deuxième définit les types de connaissances que le modèle permet de capturer sur les apprenants, la troisième porte sur la structure de représentation utilisée pour représenter les connaissances sur l'apprenant et la quatrième précise le mode d'acquisition des connaissances sur l'apprenant.

2.3.2.1 La facette « *niveau d'abstraction* »

Nous considérons que les connaissances sur l'apprenant peuvent être représentées à différents niveaux d'abstraction. On peut représenter et gérer chaque apprenant avec ses propriétés individuelles ou bien considérer des stéréotypes ou profil-types d'apprenants (expert, novice, ...). On considère donc deux valeurs pour cette facette : « *stéréotype* » et « *individu* ».

Le *niveau* « *stéréotype* » permet de définir des classes d'apprenants. Un apprenant particulier est décrit en affectant à cet apprenant un ou plusieurs stéréotypes. Introduit par [Kobsa, 1994], ce niveau a été utilisé dans [Kay & al., 2000] et [Vincent & al., 2005]

parce qu'il facilite le processus d'instanciation des modèles utilisateurs. Dans un même système, il peut exister plusieurs ensembles de stéréotypes, par exemple un ensemble de stéréotypes définissant le niveau de connaissance sur les concepts généraux de l'informatique (novice, débutant, intermédiaire et expert) et un ensemble de stéréotypes décrivant les connaissances sur UNIX qui est le sujet d'enseignement. Les stéréotypes peuvent être organisés selon une hiérarchie. Par exemple la figure 2.3 donne un exemple de hiérarchie de stéréotypes. En général, ce niveau permet de définir des parcours types par stéréotype mais il n'est pas suffisant pour une personnalisation « fine » des parcours.

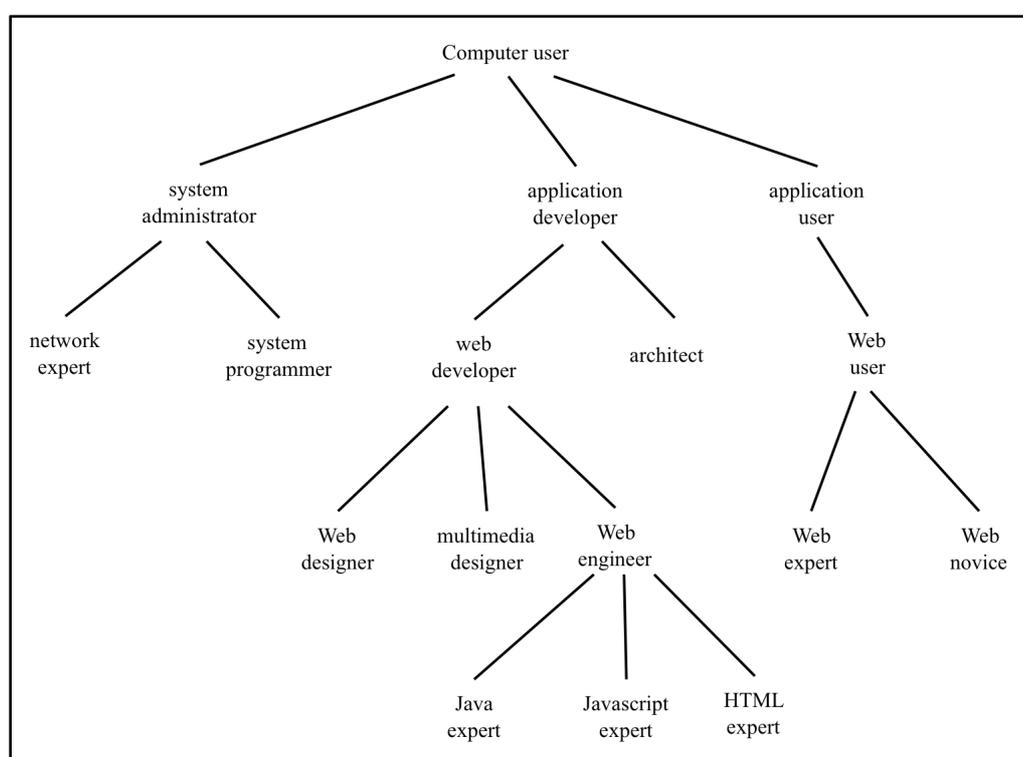


Figure 2.3 – Exemple de hiérarchie de stéréotypes d'apprenant [Koch, 2000]

Le niveau « individu » correspond au niveau d'abstraction le plus fin, chaque apprenant est décrit avec ses propres caractéristiques [Tsiriga & al., 2003]. Il s'agit d'informations pouvant être soit renseignées par l'apprenant lui-même, soit déduites par le système, soit acquises lors de l'utilisation de l'application.

2.3.2.2 La facette « nature des connaissances »

La qualité de l'adaptation est directement liée à la richesse du modèle utilisé pour décrire toutes les connaissances relatives aux apprenants. De façon générale, les connaissances sur l'apprenant qui ont un intérêt du point de vue de l'adaptation s'organisent autour de quatre catégories [Brusilovsky, 1996] et [Behaz & al., 2007] :

Les compétences et les connaissances de l'apprenant sur le sujet d'enseignement. Ces propriétés décrivent le savoir et le savoir-faire de l'apprenant. Bien sûr ces compétences et ces connaissances évoluent durant les processus d'apprentissage.

Les objectifs. Il s'agit des intentions pédagogiques de l'apprenant. Ces intentions sont très variables puisqu'elles peuvent changer d'une session d'apprentissage à une autre. Ce type d'information est essentiel dans un contexte d'adaptation, en effet l'objectif poursuivi est déterminant pour l'organisation de parcours. La description des objectifs peut être plus ou moins riche. Par exemple dans [Vassileva, 1996], les objectifs sont décrits par une hiérarchie de tâches, décrivant de véritables « plans » pour les satisfaire.

Les préférences sont des propriétés qui dans les systèmes d'apprentissage, lorsqu'elles sont prises en compte, sont exprimées directement par l'apprenant. Ces préférences peuvent concerner la présentation des ressources, les méthodes d'apprentissage...

L'historique concerne l'expérience et le passé de l'apprenant. Il s'agit de garder la trace de l'état des actions ou de la navigation que l'apprenant a suivie lors de son processus d'apprentissage.

On considère que la facette « nature des connaissances » peut prendre quatre valeurs non exclusives : compétence, objectif, préférence et historique.

2.3.2.3 La facette « structure du modèle de l'apprenant »

Il existe plusieurs approches pour structurer et représenter le modèle apprenant. Le modèle le plus utilisé dans le domaine de l'apprentissage est le modèle de type « **Overlay** ». Il existe des modèles plus riches tels que les **réseaux bayésiens** et les **ontologies**.

Les structures de type « overlay », elles associent des mesures aux connaissances de l'apprenant sur le domaine. Les mesures peuvent être de type booléen, elles peuvent aussi

prendre leurs valeurs sur un ensemble discret. Il y a de nombreux exemples de modèles de ce type dans la littérature, ils contiennent en général les connaissances sur le domaine mais aussi sur les tâches de l'apprenant. Par exemple, les systèmes HyperTutor [Gutiérrez & al., 1995] ELM-ART [Brusilovsky & al., 1996] et [Talhi & al., 2007] sont de ce type.

Les structures de type « réseaux bayésiens », elles utilisent des techniques numériques pour « inférer » des connaissances sur l'apprenant. Ces inférences mettent en œuvre des probabilités qui sont fournies le plus souvent sur la base de l'expérience. Dans un réseau de ce type, les nœuds correspondent à des variables (propriétés de l'apprenant) et les liens correspondent à des probabilités d'associations d'influence [Hibou & al., 2006] et [Vu Minh & al., 2007]. On donne ci-dessous un exemple partiel d'un réseau bayésien.

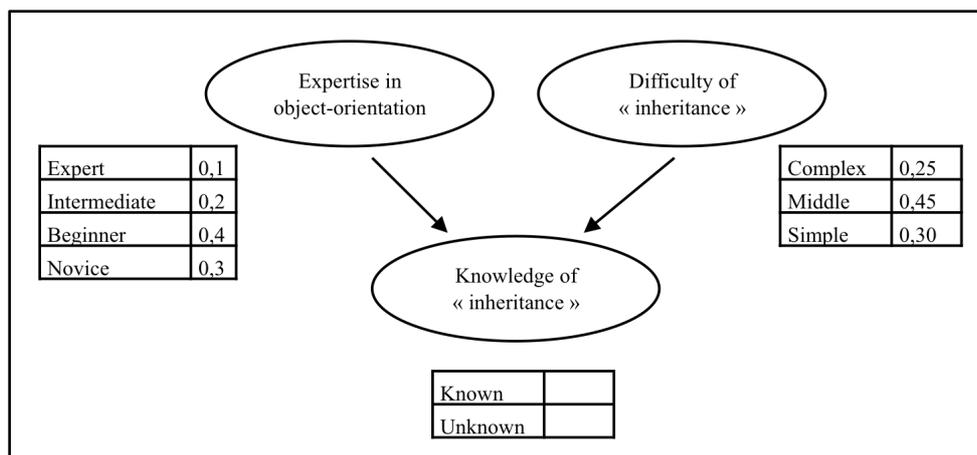


Figure 2.4 – Exemple de réseau bayésien [Koch, 2000]

Les ontologies peuvent être aussi utilisées pour structurer les connaissances sur l'apprenant. Cette approche s'inspire des ontologies utilisateurs proposées dans le domaine de la recherche d'informations [Zhu & al., 1999] et [Razmerita & al., 2004].

On considère que cette facette peut prendre trois valeurs : overlay, réseaux bayésiens, et ontologies.

2.3.2.4 La facette « gestion »

Dans cette facette, nous considérons le mode d'acquisition et de gestion des données sur l'apprenant. Nous faisons la distinction entre un modèle apprenant **adaptable** et un modèle

apprenant *adaptatif* [Oppermann & al., 1994]. Un modèle est adaptatif lorsque les informations sur les apprenants sont mises à jour de manière automatique par le système. Cette mise à jour est réalisée en fonction du comportement de l'apprenant, par exemple ses actions, ses erreurs et ses interactions avec le système [Ardissono & al., 1999]. Un modèle apprenant est adaptable lorsque les mises à jour sont faites par un administrateur et sont déclenchées par cet administrateur. Une *approche mixte* combine les deux approches, une partie du modèle est renseignée manuellement lors d'une première connexion, à l'aide de questionnaires par exemple, le modèle est ensuite mis à jour par le système en inférant de nouvelles valeurs en fonction du comportement de l'apprenant et de ses interactions [Billsus & al., 1999].

On considère que la facette « gestion » peut prendre les valeurs : adaptable, adaptatif et mixte.

2.3.3 La vue « modèle de processus »

Les recherches dans le domaine des systèmes adaptatifs se sont longtemps centrées sur les contenus pédagogiques et peu sur les processus d'apprentissage. Certains travaux [Crozat & al., 2002], [Pernin, 2003] et [Paquette, 2004a] s'orientent vers la prise en compte de la dimension processus. Cette dimension est tout aussi essentielle dans un contexte d'adaptation ; en effet les styles et les méthodes d'apprentissage doivent pouvoir être personnalisés au même titre que les contenus. Des processus différents (basés sur des méthodes d'apprentissage différentes) peuvent être utilisés pour apprendre une même notion, et un des objectifs des systèmes adaptatifs est de suggérer la méthode la plus adaptée à chaque apprenant.

Afin de prendre en compte la dimension processus dans l'adaptation, il devient nécessaire de structurer et de représenter les processus [Allert, 2002] et [Psyché & al., 2005].

Pour caractériser la vue du modèle de processus, nous définissons deux facettes : la facette « *niveau d'abstraction* » qui décrit le niveau de généralité auquel sont décrits les processus et la facette « *modèle de description* » qui caractérise les paradigmes de description des processus.

2.3.3.1 La facette « niveau d'abstraction »

Un processus d'apprentissage peut être modélisé à différents niveaux d'abstraction correspondant à des niveaux de détail différents. Il est important de souligner qu'il y a très peu de travaux qui se sont intéressés à la description des processus et peu de systèmes intègrent cette dimension. En référence au rapport présenté par le Ministère de l'Éducation de la Saskatchewan [Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993], nous pouvons identifier les quatre niveaux d'abstraction présentés dans la figure 2.5.

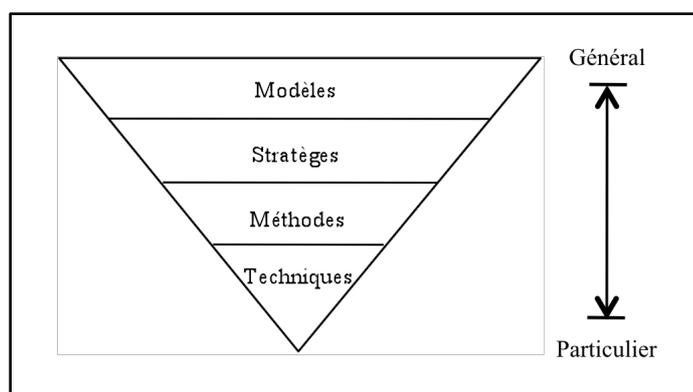


Figure 2.5 - Niveaux d'abstraction dans les démarches d'apprentissage

- **Niveau « modèle »**. Ce niveau définit les processus d'apprentissage de manière générale [Joyce & al., 1986]. A ce niveau, les principaux modèles d'apprentissage sont le traitement de l'information, le développement de la personne, l'interaction sociale et la modification de la personne. Chaque modèle représente une orientation philosophique de l'enseignement. Dans chaque modèle, on peut utiliser plusieurs stratégies.
- **Niveau « stratégie »**. Ce niveau permet d'exprimer des styles d'apprentissage [Martin, 1983] et [Seaman & al., 1989] que peut suivre un apprenant pour atteindre un objectif pédagogique. Les principaux styles d'apprentissage sont l'enseignement direct, l'enseignement indirect, l'enseignement interactif...
- **Niveau « méthode »**. Ce niveau définit une description opérationnelle des processus d'apprentissage [Johnson & al., 1989] et [McNeill & al., 1990]. Il s'agit d'une description qui conduit à structurer les processus en plusieurs phases, mettant en évidence des cycles et des ordonnancements d'activités.

- **Niveau « technique »**. Il s'agit du niveau le plus opérationnel dans la définition d'un processus pédagogique. Ce niveau concerne les techniques [Arends, 1998] et [Shostak, 1986] directement utilisées pour la réalisation d'une activité pédagogique bien précise. Par exemple, les techniques usuelles sont l'exposé, le questionnement, l'enquête...

Ces quatre niveaux ne s'opposent pas, ils permettent de décrire un même processus avec différents types de connaissances, par exemple au niveau stratégie, on définit plutôt le style d'apprentissage du processus alors qu'au niveau méthode on décrit le processus comme un procédé opératoire.

On considère que la facette « niveau d'abstraction » peut prendre les valeurs : modèle, stratégie, méthode et technique.

2.3.3.2 La facette « modèle de description »

La facette « modèle de description » définit le paradigme utilisé dans la description d'un processus. Bien sûr les modèles sont directement dépendants du niveau d'abstraction auquel un processus est décrit. Deux types d'approches sont utilisées, celles qui décrivent les processus par les activités qui les composent, et celles qui décrivent les processus par leur finalité. Nous considérons deux types de modèles : les modèles *orientés « scénario »* [Pernin & al., 2004] et les modèles *orientés « objectif »*.

Les modèles orientés « scénario ». Il s'agit de considérer le processus d'apprentissage comme un ensemble structuré d'activités, mis en œuvre par des acteurs et utilisant des ressources [Paquette & al., 2003], [George, 2001] et [Mbala, 2003]. La spécification IMS-LD [IMS-LD, 2003], représentée à la figure 2.6, définit un modèle de ce type. Les activités sont réalisées par des acteurs tenant un rôle précis ; elles se déroulent dans un environnement composé d'objets d'apprentissage et de services techniques (forums, courrier électronique...).

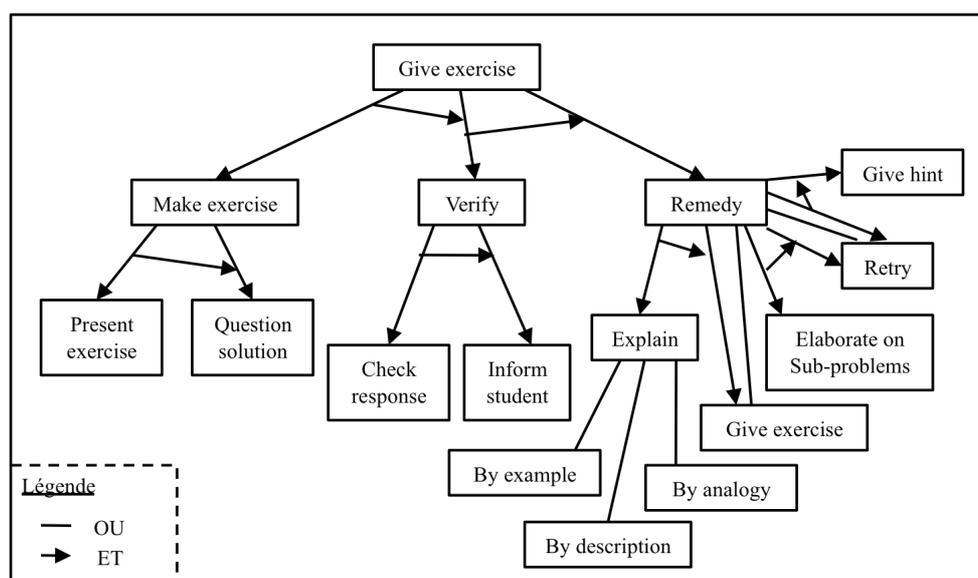


Figure 2.7 – Modèle de tâches « give exercise » [Vassileva, 1998]

La facette « modèle de description » peut prendre deux valeurs : « orienté scénario » et « orienté objectif ».

2.3.4 La vue « méthode d'adaptation »

Dans le domaine des systèmes pédagogiques, la qualité de l'adaptation est directement dépendante, d'une part, des connaissances exprimées dans les modèles de ressources, de processus et de l'apprenant et d'autre part, des techniques d'adaptation mises en œuvre pour assurer la correspondance entre le besoin d'un apprenant et le parcours proposé.

La vue « méthode d'adaptation » concerne, d'une part, les méthodes et les mécanismes mis en œuvre par l'adaptation et d'autre part, les types d'éléments pouvant être adaptés. Cette vue est donc caractérisée par deux facettes : les *techniques d'adaptation* et la *portée de l'adaptation*.

2.3.4.1 La facette « portée de l'adaptation »

Les systèmes pédagogiques peuvent répondre à trois types de besoins de personnalisation : la personnalisation de la présentation, la personnalisation des contenus et la personnalisation des méthodes pédagogiques.

Adaptation de la présentation. Cette forme d'adaptation concerne l'aspect visuel des contenus. Elle exploite certaines connaissances de l'apprenant telles que ses préférences en matière de couleur, de média, de niveau de détail souhaité ... [Calvi, 1998], [De Bra & al., 1998], [Boyle & al., 1994], [Kobsa, 1994], [De Rosis, 1993], [Fisher, 1990] et [Kay & al., 1994]... Ce type d'adaptation concerne aussi la navigation. Il s'agit essentiellement d'une personnalisation [Pilar Da Silva & al., 1998], [Boyle & al., 1994] et [Dufresne & al., 1992] qui permet de présenter une structure de navigation adaptée aux caractéristiques de l'apprenant.

Adaptation des contenus. Les contenus sont les « fragments d'information » qui doivent être présentés à l'apprenant ainsi que leur structuration. Les choix d'exemples d'illustration en fonction de leur complexité, le choix d'une définition théorique d'un concept ou d'une définition basée sur l'exemple permettent d'adapter les contenus en fonction de certaines caractéristiques des apprenants.

Adaptation des méthodes pédagogiques. L'objectif est de rechercher des processus pédagogiques qui répondent aux préférences pédagogiques des apprenants (stratégies, méthodes et techniques d'apprentissage). L'adaptation peut prendre la forme de parcours types adaptés à des stéréotypes d'apprenant, ou encore de parcours individualisés qui sont construits dynamiquement en tenant compte du contexte d'apprentissage de chaque apprenant. Cette forme d'adaptation est très peu mise en œuvre par les systèmes adaptatifs existants. Elle paraît pourtant essentielle et pleine d'intérêt dans un contexte d'enseignement à distance dans lequel chaque apprenant pourrait bénéficier d'une pédagogie spécifique sans avoir à suivre obligatoirement celle suggérée par un enseignant et commune à tous les apprenants. L'avantage de cette forme d'adaptation est qu'elle permet une personnalisation de la démarche d'apprentissage en fonction des particularités de chaque apprenant.

On considère que la facette « portée de l'adaptation » peut prendre les valeurs non exclusives : présentation, contenus et méthodes.

2.3.4.2 La facette « technique d'adaptation »

Les techniques mises en œuvre pour faire de l'adaptation peuvent être très différentes. Les techniques les plus anciennes proviennent des systèmes hypermédia adaptatifs

[Brusilovsky & al., 2003a], elles utilisent des mécanismes de navigation à travers l'hypermédia du champ d'enseignement. D'autres approches utilisent des techniques à base de règles pour « filtrer » des contenus en fonction des besoins pédagogiques. Enfin des techniques de mise en correspondance (ou « matching ») largement utilisées dans le domaine du web sémantique peuvent aussi être utilisées pour découvrir des ressources répondant à un besoin.

On considère que la facette « technique d'adaptation » peut prendre les valeurs : techniques hypermédia, techniques à base de règles et techniques de correspondances.

Les techniques hypermédia. Les systèmes hypermédiés adaptatifs [Brusilovsky, 1996], [De Bra & al., 1998], [Ranwez, 2000] et [Laskri & al., 2006] ont été les premiers à proposer des mécanismes pour pouvoir adapter le contenu des pages et les liens de navigation aux caractéristiques de l'apprenant. Une partie de ces mécanismes est représenté à la figure 2.8. Ces mécanismes ont été largement décrits dans [Brusilovsky & al., 1994], [Brusilovsky et al., 1996], [Kaplan & al., 1993], [Vassileva, 1996] et [Pilgrim & al., 1999].

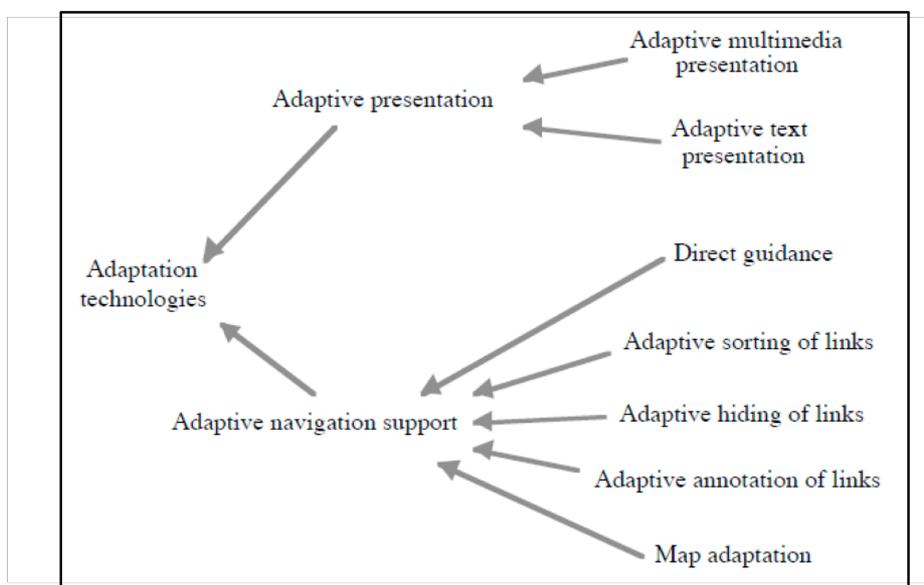


Figure 2.8 – Techniques d'adaptations dans les hypermédiés adaptatifs [Brusilovsky, 1996]

Les techniques à base de règles. Dans cette approche, ce sont des règles qui contrôlent la sélection des contenus pédagogiques. Nous faisons référence à la description de

[Vassileva, 1997] pour définir ce type de techniques. Dans cette approche, plusieurs classes de règles sont proposées : des règles de sélection de stratégies, des règles de sélection de méthodes qui déterminent pour l'apprentissage d'un concept donné, une activité pédagogique et sa décomposition et des règles de sélection des unités pédagogiques qui déterminent l'unité pédagogique à présenter en fonction des préférences de l'apprenant en matière de média (texte, image, son...).

L'ensemble de ces règles est contrôlé par un générateur de cours qui les exécute dans un ordre bien défini.

Les techniques à base de correspondances. Ces techniques exploitent souvent les métadonnées définissant les ressources. Le principe est de faire correspondre le contexte d'apprentissage et le profil de l'apprenant avec les métadonnées. Ces correspondances sont établies de manière dynamique c'est à dire au moment de la recherche de ressources pédagogiques adaptées. Ces techniques peuvent exploiter les principes de composition dynamique apparus récemment dans le domaine des services web [Arenaza, 2006]. La mise en correspondance peut aussi utiliser des ontologies pour réduire la « distance sémantique » entre l'expression d'un besoin et les métadonnées décrivant les contenus.

2.4 Synthèse

La figure 2.9 récapitule l'ensemble des vues, des facettes et des valeurs du cadre de référence que nous avons présenté.

Il est important de noter que les valeurs d'une même facette ne sont pas exclusives au sein d'une approche ; par exemple, une même approche peut proposer plusieurs niveaux d'abstraction de processus : les niveaux « stratégie », « méthode » et « technique ».

Points de vues	Facettes	Valeurs
Modèle de ressources	Niveau d'abstraction	{niveau conceptuel, niveau logique, niveau physique }
	Formalisme	{métadonnées, structure }
Modèle de l'apprenant	Niveau d'abstraction	{stéréotype, individuel }
	Nature des connaissances	{compétence, objectif, préférence, historique }
	Structure	{overlay, réseau bayésien, ontologie }
	Gestion	{adaptable, adaptative, mixte }
Modèle de processus	Niveau d'abstraction	{modèle, stratégie, méthode, technique }
	Modèle de description	{orienté scénario, orienté objectif }
Méthode d'adaptation	Forme d'adaptation	{présentation, contenu, méthode }
	Technique d'adaptation	{technique hypermédia, règle, correspondance }

Figure 2.9 – Récapitulatif des vues, facettes et valeurs du cadre de référence

2.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons proposé un cadre de référence pour caractériser les systèmes pédagogiques. Les ressources pédagogiques, les processus pédagogiques, les apprenants et les méthodes d'adaptation sont les quatre vues qui ont été retenues ; nous avons considéré que ces quatre éléments avaient un rôle tout particulier pour la conception de parcours pédagogiques personnalisés. Les facettes ont permis de préciser chaque vue par un ensemble de caractéristiques. Dans le chapitre suivant, nous utilisons ce cadre de référence pour montrer les ressemblances et les différences entre des systèmes adaptatifs existants ainsi que leurs limites.

CHAPITRE 3

ANALYSE DES SYSTEMES PEDAGOGIQUES ADAPTATIFS

« ...savoir analyser et reconstituer les cheminements de notre pensée, c'est nous mettre en mesure de les améliorer. »

Seymour PAPERT

« L'esprit de critique, vraiment utile à la littérature et au bon goût, qui n'est autre chose que le discernement juste et fin des beautés et des défauts d'un ouvrage. »

Jean LE ROND D'ALEMBERT

SOMMAIRE

3.1 Introduction	47
3.2 Description des systèmes adaptatifs existants	47
3.2.1 Le système « Dynamic Courseware Generation with teaching expertise »	47
3.2.2 Le système INSPIRE	51
3.2.3 Le système METADYNE	53
3.2.4 Le système SYBIL	55
3.2.5 Le système SERPOLET	57
3.3 Synthèse et positionnement de notre approche.	62
3.4 Conclusion	65

3.1 Introduction

Les systèmes pédagogiques adaptatifs, sont issus de courants de recherche très différents. Les domaines de la psychologie, de l'Intelligence Artificielle, de l'éducation et plus récemment le domaine du web sémantique ont influencé leur conception. Ce chapitre présente cinq systèmes que nous avons choisis d'étudier et de comparer en utilisant le cadre de référence défini dans le chapitre précédent. Le choix de ces systèmes est lié au fait qu'il présente des propriétés d'adaptation.

Chacun de ces systèmes est tout d'abord décrit selon les quatre vues : « *modèle de ressources* », « *modèle de l'apprenant* », « *modèle de processus* » et « *méthode d'adaptation* ». Ces systèmes sont ensuite comparés et évalués en fonction des facettes du cadre de référence. Il est à noter qu'aucun système ne couvre la totalité du cadre de référence, en revanche chacun de ces systèmes peut être intégré dans ce cadre et peut être situé par rapport aux autres.

Dans ce chapitre, la **section 3.2** décrit chacun des systèmes choisis sur la base du cadre de référence (cf. chapitre 2). La **section 3.3** présente une synthèse de l'étude de ces systèmes et le positionnement de notre approche par rapport aux systèmes étudiés.

3.2 Description des systèmes adaptatifs existants

Cette section présente les cinq systèmes pédagogiques choisis pour leur capacité d'adaptation.

3.2.1 Le système « Dynamic Courseware Generation with teaching expertise »

L'approche de [Vassileva, 1997] propose un outil pour la création de cours adaptatifs appelé « Dynamic Courseware Generation with teaching expertise ». Cet outil permet de produire des contenus d'apprentissage qui sont adaptés, d'une part, aux besoins de l'apprenant et à ses compétences, et d'autre part à l'évolution de l'apprenant dans son acquisition de la connaissance [Vassileva, 1995].

L'architecture de ce système est représentée sur la figure 3.1. Ce système dispose d'un générateur de cours qui utilise le modèle de l'apprenant, le modèle de domaine et des règles pédagogiques pour générer des plans d'apprentissage adaptés.

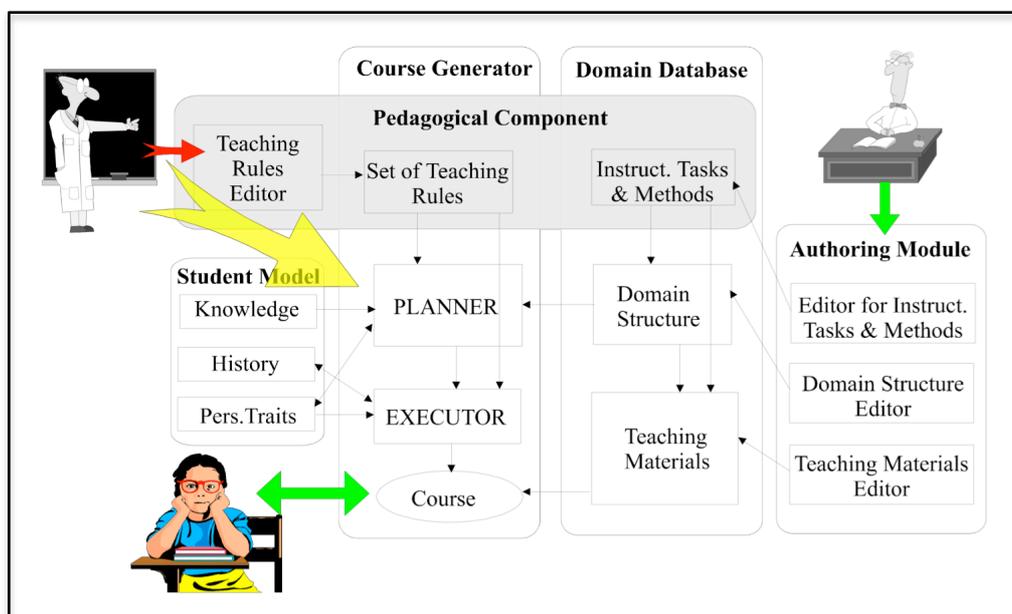


Figure 3.1 – Architecture du DCG+GTE [Vassileva, 1998]

3.2.1.1 Le modèle de ressources

Dans ce système, il y a une séparation entre le domaine d'enseignement et les ressources (appelées « *teaching materials* ») disponibles [Vassileva, 1997]. On peut retenir que les ressources sont décrites à un **niveau logique**. Chaque ressource est associée par exemple à un type pédagogique bien précis, tel que « introduction à un concept », « exercice », « explication », « test »...mais aussi à un type de média (texte, graphique, animation...).

Le formalisme utilisé pour décrire le sujet d'enseignement est **une structure** dont les nœuds correspondent aux concepts et les arcs à des relations sémantiques de type généralisation, agrégation ou analogie.

3.2.1.2 Le modèle de l'apprenant

Dans cette approche, deux types de connaissances sur l'apprenant sont prises en compte. Il s'agit de ses **préférences** relatives à la forme de présentation de cours et à ses traits

psychologiques, et de l'*historique* de ses tâches et des ressources qu'il a utilisées avec des annotations sur le degré d'accomplissement.

Le modèle de l'apprenant est construit selon une approche *individuelle* [Vassileva & al., 1994] dans laquelle chaque apprenant possède ses propres caractéristiques. La représentation utilisée est de type modèle *overlay* en lien avec la structure de domaine. L'acquisition et la gestion de ce modèle sont mises en oeuvre selon une *approche adaptative*.

3.2.1.3 Le modèle de processus

Cette approche utilise une représentation des tâches et de leur décomposition en sous-tâches. La forme de la représentation utilisée est un graphe ET/OU dans lequel les tâches pédagogiques sont identifiées et décomposées en sous tâches. L'orientation utilisée pour décrire les processus pédagogiques est de type « *objectif* ».

Par exemple dans la figure 3.2, la sous-tâche « *explain* » peut être décomposée de différentes façons selon trois méthodes différentes « *by example* », « *by description* » et « *by analogy* ». Intégrés, à la décomposition de tâches, les processus expriment des *méthodes* d'apprentissage.

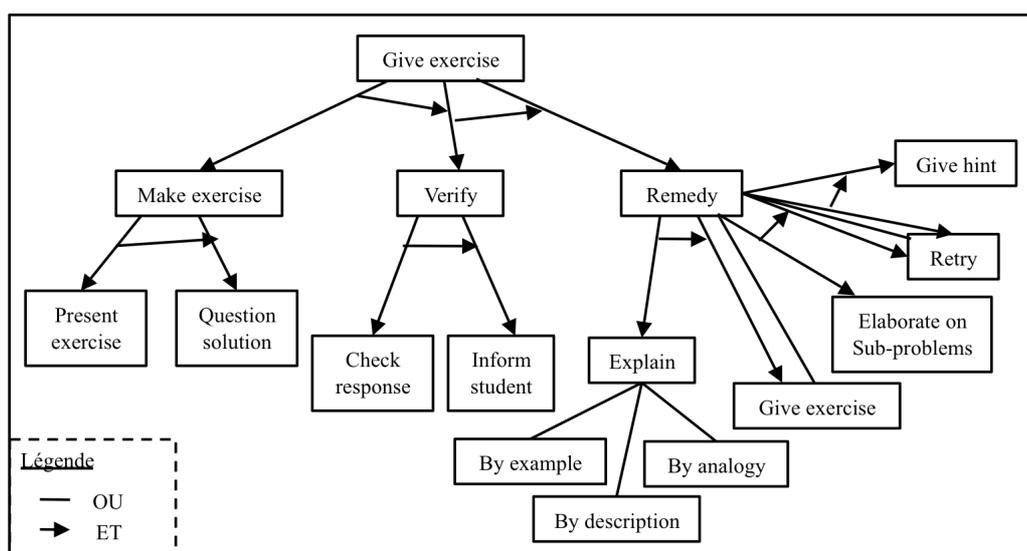


Figure 3.2 – Exemple de modèle de tâches « Give exercise » [Vassileva, 1998]

3.2.1.4 La méthode d'adaptation

Au niveau de l'adaptation, le système permet de personnaliser les parcours pédagogiques, il s'inscrit donc dans une approche où l'adaptation concerne les *méthodes*. Il s'agit de construire un plan de cours pour réaliser un objectif pédagogique donné. Le système projette un ordre des tâches (donc une méthode) pour apprendre les concepts relatifs à un objectif défini.

Ce système utilise des *règles* d'apprentissage comme technique d'adaptation pour construire un plan de cours adapté aux caractéristiques des apprenants. Il s'agit de quatre types de règles [Vassileva, 1998]:

- les « *discourse rules* » effectuent la sélection d'un plan en fonction du profil de l'apprenant; par exemple en fonction de son statut, le système lui propose un plan présentant les concepts allant du général au particulier (approche déductive), ou un plan présentant les concepts allant du particulier au général (approche inductive).
- les « *strategy-selection rules* », sont des règles qui définissent la stratégie d'apprentissage avant l'exécution du plan ; il existe deux types de stratégie : la stratégie structurée qui est celle dans laquelle c'est le système qui choisit l'ordre de présentation des concepts et la stratégie non-structurée qui est celle dans laquelle le choix est laissé à l'apprenant lui-même.
- les « *method-selection rules* » [Van Marcke, 1991] permettent de définir une décomposition de tâches en tenant compte de l'historique des tâches effectuées et du profil et des préférences de l'apprenant.
- les « *teaching-material-selection rules* » permettent de sélectionner les « *teaching-materials* » (les contenus) sur le type de média (texte, graphique...) en fonction des préférences de l'apprenant.

En synthèse, ce système offre, d'une part, la possibilité de générer des plans de cours adaptés aux besoins de l'apprenant et d'autre part une personnalisation de la présentation de contenu. Le point fort concerne la prise en compte des méthodes pédagogiques pour structurer le contenu présenté à l'apprenant. Toutefois, il est à noter que l'approche reste

centrée sur les contenus et qu'elle ne fournit pas aux apprenants des activités et des démarches.

3.2.2 Le système INSPIRE

INSPIRE - INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment - [Papanikolaou & al., 2001], est un système qui permet de générer dynamiquement des cours. Il conduit progressivement à la satisfaction des objectifs choisis par l'apprenant.

3.2.2.1 Le modèle de ressources

Dans INSPIRE, le modèle des ressources pédagogiques est représenté à un **niveau conceptuel**. Il a la forme d'une **structure** (cf. figure 3.3) organisée hiérarchiquement en trois niveaux d'abstraction : le niveau « learning goal », le niveau « concept » et le niveau « educational material ».

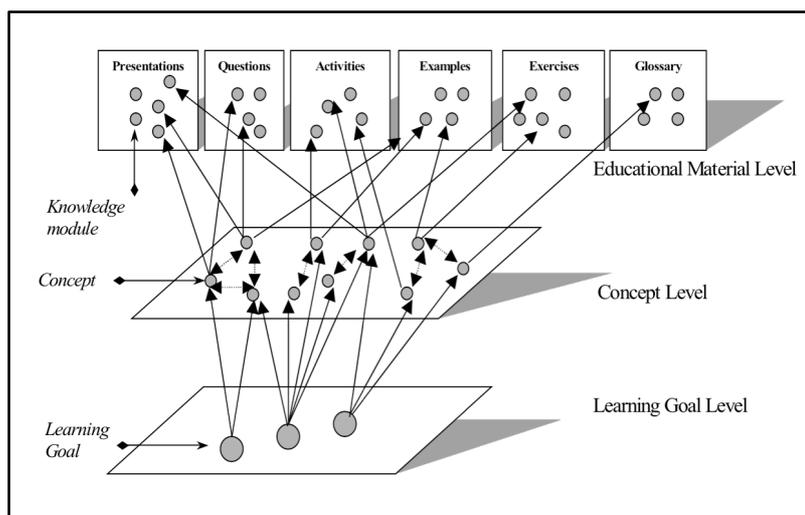


Figure 3.3 - Structure du modèle du domaine de connaissances dans INSPIRE

[Papanikalaou & al., 2001]

- Le niveau « learning goal » décrit un ensemble d'objectifs d'apprentissage définis par « l'expert-enseignant ». L'apprenant choisit dans cet ensemble, l'objectif d'apprentissage qu'il souhaite atteindre. Un ensemble de ressources pédagogiques est automatiquement mis à la disposition de l'apprenant pour la réalisation de l'objectif sélectionné. Chaque objectif est associé à un sous-ensemble de concepts et de relations entre ces concepts.

- Le niveau « concept » décrit les concepts qui devraient être enseignés en fonction de l'objectif sélectionné. Chaque concept est caractérisé par un niveau d'importance. Pour atteindre l'objectif sélectionné, l'apprenant doit avoir acquis tous les concepts ayant un niveau de type « important » associés à cet objectif.
- Le niveau « educational material » décrit les ressources numériques utilisées pour réaliser l'objectif.

INSPIRE utilise aussi des *métadonnées* pour décrire les ressources. La norme [ARIADNE, 2000] sert de base pour la représentation des métadonnées, elle distingue trois types de descripteurs : i) les caractéristiques pédagogiques ; ii) la sémantique de la ressource ; et iii) des informations générales sur la ressource.

3.2.2.2 Le modèle de l'apprenant

L'acquisition et la gestion du modèle de l'apprenant utilisent une *approche adaptative*.

Ce système se base sur une catégorisation des apprenants en *stéréotypes* (novice, avancé et expert). L'apprenant est associé à un stéréotype et dispose des adaptations réalisées pour le stéréotype.

Le système utilise pour l'adaptation, des connaissances sur les *compétences* et les *objectifs* pédagogiques de l'apprenant.

Le modèle de l'apprenant est basé sur une structure de type *overlay* [Weber & al., 2001] représentée par un arbre ayant différents niveaux d'informations (cf. figure 3.4).

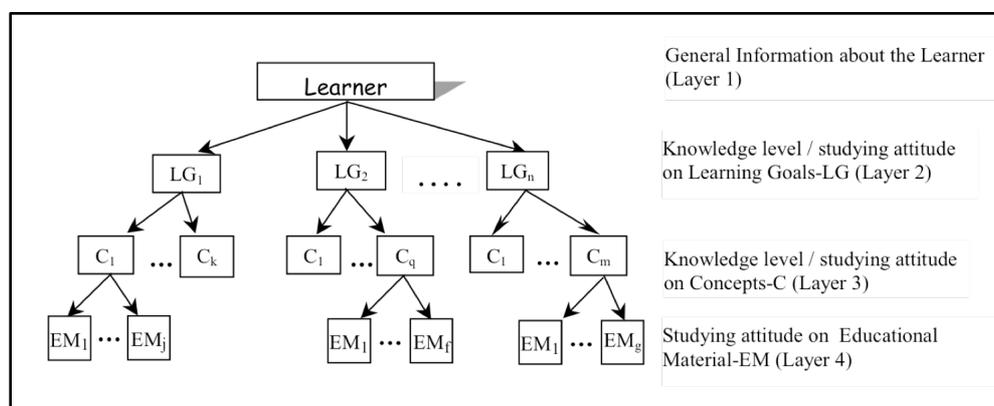


Figure 3.4 - Structure du modèle de l'apprenant dans INSPIRE [Papanikalaou, 2001]

Chaque niveau décrit des informations spécifiques sur l'apprenant : i) le plus haut niveau (le nœud racine) concerne des informations générales sur l'apprenant ; ii) les deuxième et troisième niveaux concernent des informations sur son niveau de connaissances ; iii) le quatrième niveau contient des informations sur ses compétences liées aux « educational materials ».

3.2.2.3 La méthode d'adaptation

Comme pour la majorité des systèmes pédagogiques adaptatifs, les mécanismes d'adaptation utilisés dans INSPIRE sont issus du domaine des hypermédias adaptatifs [Brusilovsky, 1996]. En ce sens, il utilise *des techniques hypermédias* pour concevoir des contenus adaptés à l'apprenant. INSPIRE se base sur les objectifs choisis par l'apprenant, et son niveau de connaissances pour générer des liens entre les pages de contenu et proposer un plan de navigation adapté à l'apprenant. Il adapte également la *présentation* du contenu des pages aux préférences de l'apprenant.

En synthèse point fort de ce système concerne la prise en compte d'objectifs pédagogiques dans la conception de contenus pédagogiques. Les objectifs pédagogiques viennent enrichir le modèle de ressources et le modèle de l'apprenant. L'adaptation reste cependant centrée sur les contenus et leur présentation, en effet, les objectifs ne sont pas associés à des processus pour les réaliser mais seulement à des concepts et à des contenus.

3.2.3 Le système METADYNE

METADYNE [Delestre, 2000] est un système de conception et de distribution de cours qui permet à des enseignants de construire des contenus hypermédias prenant en compte les caractéristiques et les intentions de l'apprenant dans un contexte d'apprentissage.

L'architecture de ce système se rapproche globalement de l'architecture standard des hypermédias adaptatifs dynamiques, elle est fondée essentiellement sur un modèle de ressource (modèle de domaine), un modèle de l'apprenant (modèle comportemental et épistémique), et utilise des techniques et des méthodes d'adaptation (les filtres) pour générer des pages hypermédias [Delestre & al., 1997].

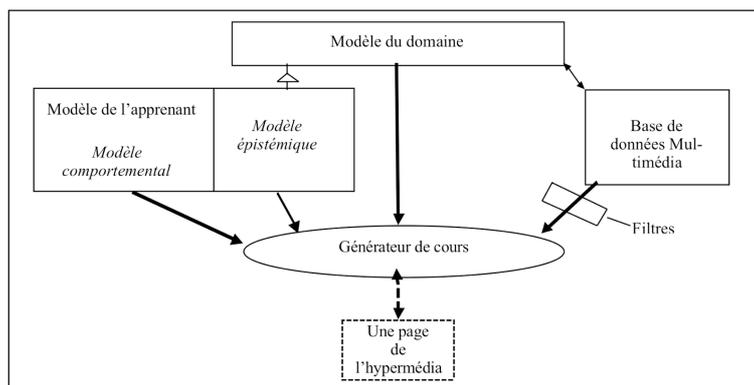


Figure 3.5 – Architecture de METADYNE [Delestre, 2000]

3.2.3.1 Le modèle de ressources

Dans cette approche, le modèle de ressources pédagogiques est décrit par une **structure logique** composée de pages et de liens hypertextes entre les pages [Delestre & al., 1999].

Il s'agit d'un formalisme à base de **structure** dans lequel les concepts d'enseignement sont reliés les uns aux autres par quatre types de relation : « est composé séquentiellement de », « se dérive en », « nécessite la connaissance de », et « peut être aidé par la connaissance de ».

3.2.3.2 Le modèle de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant de ce système s'inspire du modèle décrit dans [Nicaud, 1994] et [Balacheff, 1992] avec, d'une part, un niveau épistémique qui permet au système de connaître ce que l'apprenant est supposé savoir ou ne pas savoir et, d'autre part, un niveau comportemental qui comporte les **préférences**, les **objectifs**, et les **compétences** de l'apprenant. Il s'agit d'une approche **individuelle** dans laquelle chaque apprenant est décrit par ses propres caractéristiques.

La gestion du modèle utilise **une approche adaptative** qui consiste à observer l'apprenant et à tracer ses activités et ses résultats. Dans ce cas, l'apprenant n'est pas sollicité et le modèle est mis à jour automatiquement en fonction de l'observation de l'apprenant. Le système METADYNE [Delestre, 2000] utilise ainsi des mécanismes d'inférence pour générer des connaissances sur l'apprenant en utilisant les **réseaux bayésiens** [Villano,

2002]. L'utilisation de ce mécanisme permet au système de construire les connaissances sur l'apprenant au fur et à mesure que celui-ci avance dans son processus d'apprentissage.

3.2.3.3 La méthode d'adaptation

Dans le système METADYNE, les techniques d'adaptation sont utilisées pour construire un hypermédia virtuel où les pages et les liens sont déterminés en fonction du type de cours que l'apprenant veut suivre, soit en vue d'un examen, soit en vue d'un parcours plus libre. Il s'agit essentiellement d'une adaptation de *présentation* des liens.

Le système utilise *des techniques hypermédias* pour construire des contenus adaptés à l'apprenant et ce à l'aide de filtres. Trois types de filtres permettent d'extraire le contenu des pages ; i) le premier est fonction du *type cognitif* (introduction, définition, exemple, exercice, rappels) ; ii) le deuxième est fonction du *niveau cognitif* défini par l'enseignant qui associe un contenu à un concept ; iii) et le troisième est fonction du *type physique* de média (texte, vidéo, animation, photo, son...). Ces filtres peuvent être considérés comme des *règles* pour la construction des pages et des liens entre les pages.

Ce système offre comme la majorité des hypermédias adaptatifs la possibilité, d'une part, d'adapter des contenus hypermédias aux besoins évolutifs de l'apprenant (réseaux bayésiens) et d'autre part, de personnaliser la présentation de contenu. Bien que les techniques d'adaptation utilisées à ces deux effets prennent en compte quelques aspects pédagogiques (type cognitif, le niveau cognitif...), la personnalisation reste limitée aux contenus.

3.2.4 Le système SYBIL

Le système Sibyl [Ranwez, 2000] appartient à un vaste projet de formation continue en ligne nommé « Lebens Lang Lernen ou Life-Long Learning – LLL » et financé en grande partie par le ministère allemand de l'éducation et de la recherche. Il implique plusieurs partenaires académiques ou industriels comme l'Université de Dresde, l'Université de Mannheim... Il s'inscrit dans le cadre de la formation continue en entreprise. Les utilisateurs visés sont des adultes qui souhaitent développer leurs compétences dans différents domaines.

3.2.4.1 Le modèle de ressources

Dans SYBIL, le modèle de ressources est représenté à un **niveau conceptuel** par des **métadonnées** composées :

- d'une description en *langage naturel* (le domaine, l'origine, le titre et l'adresse) du contenu associé ;
- d'une *description pédagogique* sur le rôle que peut jouer un fragment de contenu dans un autre contenu ;
- d'un *niveau de difficulté* de ce fragment de contenu ;
- d'*objectifs* ;
- d'un *style pédagogique* et de *pré-requis* nécessaires à la compréhension de ce fragment de contenu ;
- d'une *description économique* qui traduit l'estimation de la durée de la prise de connaissance du contenu ;
- d'une description spécifique *des médias* associés à ce fragment de contenu.

3.2.4.2 Le modèle de l'apprenant

Comme la majorité des systèmes adaptatifs, le modèle de l'apprenant de SYBIL est construit selon une approche **individuelle**. Il utilise trois types de connaissances pour l'adaptation : des connaissances de type **préférences** sur les médias, la présentation, le style..., des connaissances d'ordre **historiques** telles que son âge, ses diplômes, son expérience professionnelle... et des connaissances concernant ses **compétences**.

L'acquisition et la gestion du modèle est de type **adaptable** puisque c'est l'apprenant qui définit en entrée les informations le concernant. Il s'agit de données modifiables mais qui n'évoluent pas en fonction des actions de l'apprenant.

Le système utilise une structure de type **overlay** pour représenter le modèle de l'apprenant.

3.2.4.3 La méthode d'adaptation

Cet environnement repose sur la notion de document virtuel définie dans l'approche de [Ranwez, 2000]. Pour construire des documents virtuels, SYBIL utilise des techniques d'adaptation par **règles** et par **correspondance**.

Les *règles* sont de deux types ; certaines relatives à l'ordonnancement des URL, pour bâtir le plan de contenu en fonction des contraintes imposées sur les concepts et d'autres sont propres au type de stratégie choisi, par exemple si une explication et un exemple se réfèrent à un même concept, la présentation de l'explication précède la présentation de l'exemple.

La méthode *par correspondance* proposée par SYBIL est basée sur l'association d'une ontologie de domaine et d'une ontologie pédagogique. La méthode d'adaptation utilise l'association de ces deux ontologies comme base de la recherche et de la composition de contenus (appelés documents virtuels). Les étapes du processus de composition sont : la recherche d'information, le filtrage, l'organisation et l'assemblage de documents virtuels.

Le système prend en compte une adaptation de la *présentation* qui classe et filtre les liens du document hypermédia [Brusilovsky, 1996] et [De Bra & al., 1998]. Il s'agit de guider l'apprenant pour la navigation dans un hyperespace de ressources web sans être désorienté. Le système n'est pas constitué de pages et de liens prédéfinis, mais ceux-ci sont générés dynamiquement de manière à répondre instantanément à un besoin particulier de l'apprenant.

Le point fort de ce système concerne l'utilisation de techniques d'adaptation basées sur des règles et une méthode de recherche de correspondances. Le système met en œuvre une adaptation de la navigation et de la présentation de contenus guidée par les ontologies. Le système reste focalisé sur une personnalisation des contenus sans tenir compte ni des processus ni des méthodes pédagogiques.

3.2.5 Le système SERPOLET

Les travaux de recherche de l'équipe SEVE (Systèmes Educatifs à Vocation Entreprise) qui ont débuté durant les années 80 et 90 [Claës, 1988], [Madani, 1992] et [Ounis, 1991] au sein du groupe Bull puis dans la société A6, ont donné naissance au système SERPOLET (Système d'Enseignement et de Recyclage Par Ordinateur Liant Expertises et Technologies) [Oubahssi, 2005]. Ce système est devenu une plate-forme pédagogique adaptable aux besoins précis des utilisateurs.

3.2.5.1 Le modèle de ressources

Dans le système SERPOLET [Oubahssi, 2005], une ressource est décrite à un **niveau physique** par un ensemble de **métadonnées**. Les métadonnées utilisées se basent sur les travaux de normalisation réalisés par le LOM [LOM, 2002].

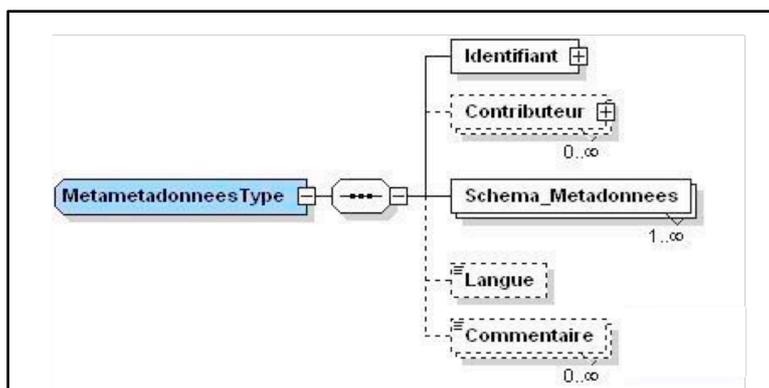


Figure 3.6 - Métadonnées d'une ressource d'enseignement [Oubahssi, 2005]

L'apport de ce modèle réside dans la distinction faite entre l'aspect pédagogique et l'aspect didactique d'une ressource d'enseignement. Dans la première catégorie sont décrites les caractéristiques pédagogiques (cf. figure 3.7) qui lient la ressource et l'apprenant, dans la seconde sont regroupées et détaillées les caractéristiques d'usage (cf. figure 3.8).

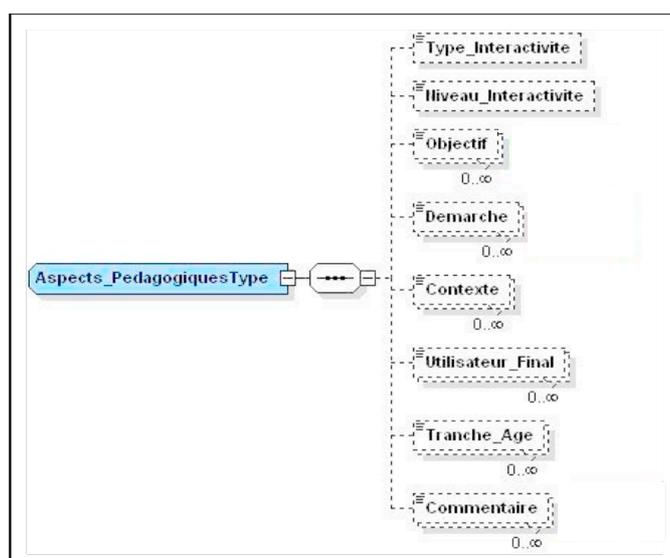


Figure 3.7- Aspects pédagogiques d'une ressource d'enseignement [Oubahssi, 2005]

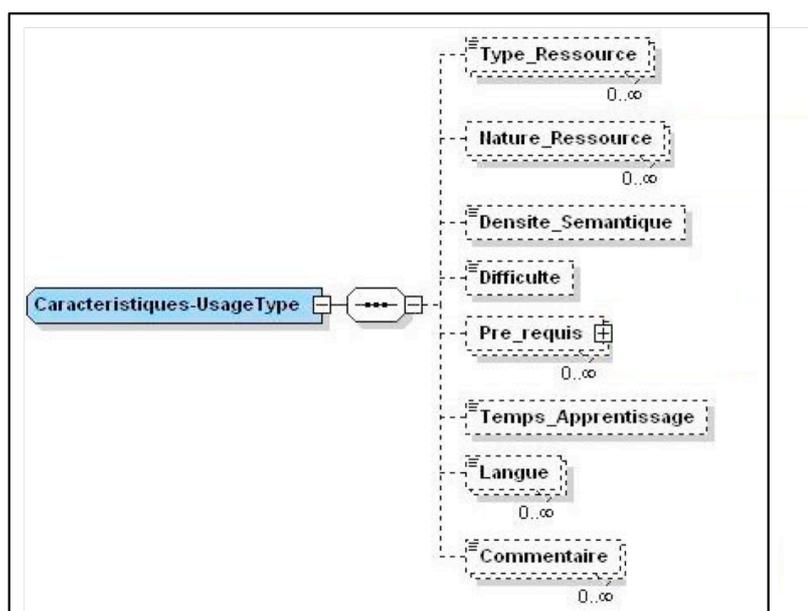


Figure 3.8- Caractéristiques d'usage d'une ressource d'enseignement
[Oubahssi, 2005]

3.2.5.2 Le modèle de l'apprenant.

Le modèle de l'apprenant est basé sur le standard IMS-LIP [IMS LIP, 2001], qui est une proposition du consortium « IMS Global Learning » faite essentiellement pour répondre à un besoin de standardisation des données relatives à la description des apprenants pour les différents systèmes d'apprentissage. Le modèle de l'apprenant est construit selon une approche *stéréotype* afin de pouvoir intégrer tous les types d'utilisateurs.

Comme la majorité des systèmes, les connaissances sur l'apprenant expriment les *compétences*, les *objectifs*, les *préférences* et l'*historique*.

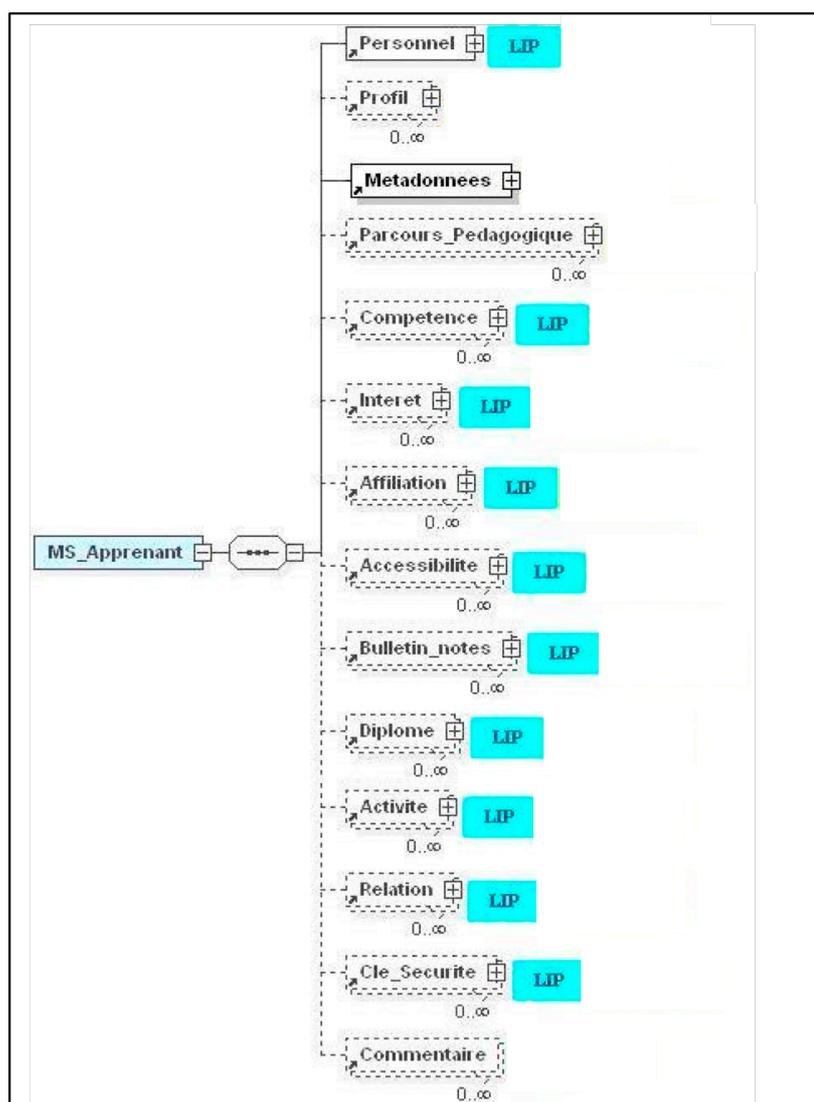


Figure 3.9 – Modèle de données apprenant [Oubahssi, 2005]

Le modèle utilise une approche *adaptive* pour l'acquisition et la gestion des données sur l'apprenant. Et comme pour la majorité des modèles de l'apprenant des systèmes hypermédias adaptatifs, la structure utilisée est de type *overlay*.

3.2.5.3 Le modèle de processus

Le modèle de processus proposé [Oubahssi, 2005] étend le modèle IMS LD présenté sur la figure 2.6. Il suit une approche *orientée scénario*. La valeur ajoutée se situe dans le méta-modèle d'activités permettant l'élaboration de liens entre les activités [Oubahssi & al., 2005]. La figure 3.10 présente ce modèle de processus.

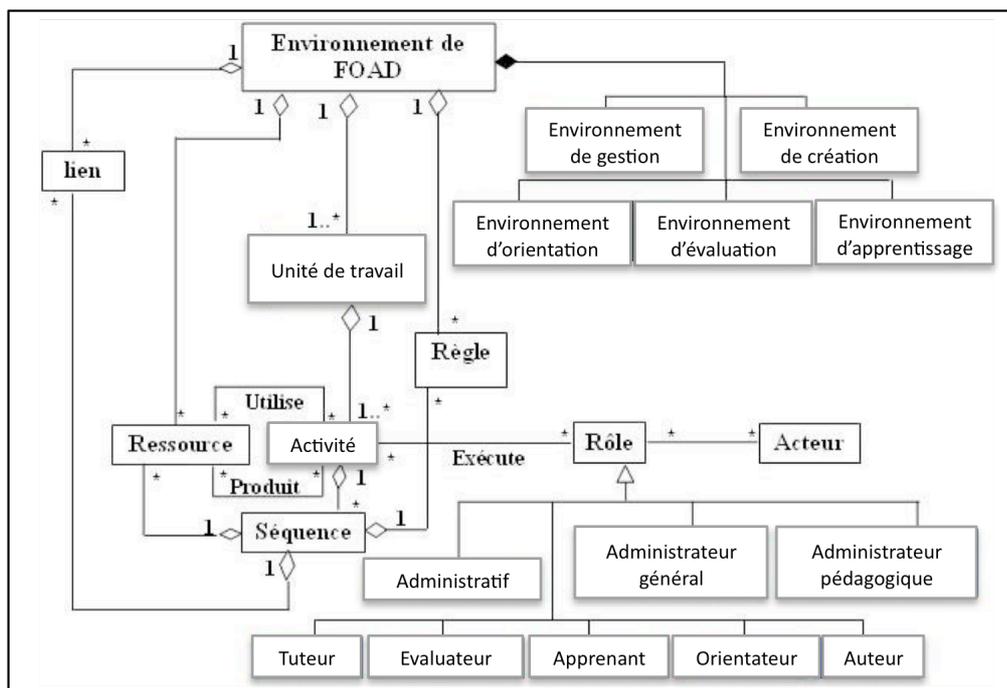


Figure 3.10 – Modèle d'activités [Oubahssi, 2005]

Le modèle de processus permet de décrire :

- des unités de travail dans lesquelles se déroulent les activités. Il s'agit d'une composition d'activités réalisées par un ensemble d'acteurs dans un environnement donné. Chacune des activités est caractérisée par un ensemble de pré-requis et d'objectifs et elle a un état ;
- des liens entre les activités ;
- des règles qui définissent des conditions ou des contraintes permettant le bon déroulement des activités ;
- des ressources de différents types (outils, services, résultats, documents...) nécessaires à l'accomplissement des activités. Chaque activité utilise des ressources et peut en produire d'autres.

3.2.5.4 La méthode d'adaptation

Dans le système SERPOLET, les techniques d'adaptation utilisent des **règles** pour générer des séquences pédagogiques et l'adaptation porte sur la **présentation**.

En résumé, le point fort de ce système concerne l'utilisation d'un modèle de ressources et d'un modèle de l'apprenant standard dans un souci d'interopérabilité. Toutefois, les techniques d'adaptation restent relativement pauvres puisqu'elles se concentrent essentiellement sur une génération de liens entre les activités d'apprentissage.

3.3 Synthèse et positionnement de notre approche.

Les systèmes présentés dans ce chapitre sont issus de différents courants et tous n'utilisent pas obligatoirement les quatre éléments du cadre de référence. Par exemple les systèmes pédagogiques « intelligents » prennent en compte les processus d'apprentissage et peu le modèle de l'apprenant, alors que les systèmes hypermédias adaptatifs ne prennent pas (ou peu) en compte le processus d'apprentissage et se concentrent sur le modèle de l'apprenant et le modèle de ressources.

La figure 3.11 ci-dessous représente les cinq systèmes analysés selon les quatre vues du cadre de référence établi dans le chapitre 2.

Facettes		Systèmes				
		DCG	INSPIRE	METADYNE	SYBIL	SERPOLET
Modèle de ressources	Niveau d'abstraction	Niveau logique	Niveau conceptuel	Niveau logique	Niveau conceptuel	Niveau physique
	Formalisme	Structure	Métadonnées et structure	Structure	Métadonnées	Métadonnées
Modèle de l'apprenant	Niveau d'abstraction	Individuel	Stéréotype	Individuel	Individuel	Individuel
	Nature des connaissances	Préférence, Historique.	Compétence, Objectif.	Compétence, Préférence, Objectif.	Compétence, Préférence, historique.	Compétence, Préférence, Historique Objectif.
	Structure	Overlay	Overlay	Réseau bayésien	Overlay	Overlay
	Gestion	Adaptative	Adaptative	Adaptative	Adaptable	Adaptative
Modèle de processus	Niveau d'abstraction	Méthodes				Méthodes et techniques
	Modèle de description	Orientée objectif				Orientée scénario
Méthode d'adaptation	Forme d'adaptation	Adaptation de méthodes	Adaptation de la présentation	Adaptation de la présentation	Adaptation de la présentation	Adaptation de la présentation
	Technique d'adaptation	Par règles	Techniques hypermédias	Par règles	Par règles et par correspondances	Par règles

Figure 3.11 - Tableau comparatif des systèmes adaptatifs existants.

En considérant *la vue « modèle de ressources »*, on peut souligner que la plupart des systèmes intègrent une description sémantique des ressources sous la forme de métadonnées ; elles sont dans certains cas couplées à un modèle relatif au domaine enseigné. Ces métadonnées sont pertinentes dans le cadre d'une recherche bien précise, en revanche peu centrées sur l'usage c'est-à-dire sur les activités et sur les objectifs pédagogiques, elles sont insuffisantes dans le cadre de la construction de parcours pédagogiques personnalisés. Notons que certains systèmes, comme par exemple INSPIRE ou SERPOLET introduisent la notion d'objectif dans la description des ressources.

La description des ressources à un niveau sémantique, c'est-à-dire prenant en compte leurs aspects pédagogiques est essentiel. Cependant nous pensons que ce ne sont pas les

contenus qui sont les briques de base de la construction de parcours mais les processus qui les utilisent.

En considérant *la vue « modèle de l'apprenant »*, on peut retenir que les systèmes prennent en compte tous, à peu près les mêmes types de connaissances (compétences, préférences,...). Ils se différencient dans la manière de les gérer et de les faire évoluer.

Nous pensons que la richesse du modèle de l'apprenant est déterminante dans un contexte d'adaptation. Ainsi le modèle doit prendre en compte pour un apprenant à la fois des connaissances relatives à son profil vis-à-vis du sujet d'enseignement mais surtout à ses préférences en termes de méthodes d'apprentissage.

En considérant *la vue « modèle de processus »*, on remarque que certains systèmes ne prennent pas du tout en compte cette dimension et que d'autres l'utilisent de manière dissociée des ressources. Dans ces systèmes, la description des processus pédagogiques se limitent à des scénarios prescriptifs et la dimension processus n'intervient que très rarement comme « connaissance » pour personnaliser et encore moins comme « cible » de la personnalisation.

Nous considérons d'abord que les connaissances de type processus pédagogiques doivent être modélisées et prises en compte dans la personnalisation, ensuite, que les processus doivent pouvoir être considérées comme des unités partageables et réutilisables au même titre que les ressources. Une description des processus orientée « objectif » semble pertinente dans un contexte d'adaptation. En effet, un objectif pédagogique peut être atteint de différentes manières avec des stratégies et des méthodes pédagogiques différentes.

D'un point de *vue « méthode d'adaptation »*, la majorité des systèmes se sont centrés sur une adaptation de la présentation et des contenus. Le fait que dans ces systèmes, la dimension processus soit placée « au second plan », se traduit par des systèmes qui ne personnalisent pas les parcours en fonction des styles et des méthodes pédagogiques.

Nous considérons que la personnalisation doit s'appliquer aux processus, par exemple, il est essentiel d'adapter les méthodes pédagogiques au profil de l'apprenant. Dans un cadre où un système pédagogique met au premier plan des processus (plutôt que des contenus), il devient possible de composer ces processus pour élaborer des parcours à la demande,

c'est-à-dire prenant en compte les particularités de l'apprenant. La génération dynamique de parcours pédagogiques peut être considérée comme une approche répondant au besoin de personnalisation.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons utilisé le cadre de référence présenté dans le chapitre précédent pour évaluer des systèmes pédagogiques adaptatifs. Nous avons mis en évidence que la dimension processus était peu prise en compte dans ces systèmes. Centrés sur la gestion de contenus, ils n'offrent pas aux apprenants des parcours pédagogiques et ils ne permettent pas d'adaptation sur les méthodes d'apprentissage.

L'approche défendue dans cette thèse est au contraire de considérer les processus comme « objets » de premier niveau ; ils doivent pouvoir être modélisés afin d'être accessibles, partagés et réutilisés au même titre que des contenus pédagogiques. Ils doivent pouvoir aussi être composés de manière dynamique pour répondre à des besoins d'apprentissage en tenant compte des particularités de chaque apprenant. Enfin, les connaissances relatives aux processus d'apprentissage telles que les styles, les stratégies et les méthodes d'apprentissage sont essentielles pour personnaliser des parcours.

Avant de détailler l'approche proposée, nous présentons dans le chapitre suivant les éléments fondamentaux qui ont servi de base à notre solution.

CHAPITRE 4

PRESENTATION DES APPROCHES D'APPUI

« Grandir c'est dépasser ce que vous êtes aujourd'hui (...). N'imiter pas. Ne prétendez pas avoir atteint le but et n'essayer pas de brûler les étapes. Essayer seulement de grandir. »

Swami Prajnanpad

« Un peu d'appui et de la bonne volonté, et rien n'est impossible ici-bas. »

Daniel Desbiens

SOMMAIRE

4.1 Introduction	68
4.2 Le domaine de la pédagogie.	69
4.2.1 La taxonomie des objectifs pédagogiques.	70
4.2.2 La taxonomie des approches pédagogiques.	73
4.3 Les standards de description d'objets pédagogiques.	75
4.3.1 LOM	75
4.3.2 SCORM	77
4.3.3 IMS-LD	78
4.4 L'approche orientée service.	79
4.4.1 Les services web.	79
4.4.2 Les services web sémantiques	80
4.4.3 Les services métier	81
4.4.4 La composition des services	82
4.5 Les ontologies	84
4.5.1 Définition, représentation et typologie.	84
4.5.2 Usage des ontologies.	86
4.5.3 Exemples d'utilisation des ontologies dans les systèmes d'apprentissage.	87
4.6 Conclusion.	89

4.1 Introduction

Notre contribution est une nouvelle approche pour la conception de parcours pédagogiques personnalisés. Elle s'inscrit dans le domaine de l'ingénierie pédagogique [Merrill, 1994] et [Paquette, 2001]. Dans [Paquette, 2001], l'ingénierie pédagogique est définie comme « *a method that supports the analysis, the design and the delivery planning of a learning system, integrating the concepts, the processes and the principles of instructional design, software engineering and cognitive engineering* ». Cette définition met l'accent sur le fait que la problématique de l'ingénierie pédagogique relève de différents domaines, celui de l'ingénierie logicielle, de la représentation des connaissances mais aussi du domaine de la pédagogie.

L'approche proposée est fondée sur la notion de service au sens de l'ingénierie logicielle et de la conception des applications informatiques. Les services utilisent des ressources pédagogiques décrites avec les standards de description du domaine des composants pédagogiques. Nous préconisons une description sémantique des services à base d'ontologies. Les ontologies utilisées sont relatives aux domaines du sujet d'enseignement et à celui de la pédagogie. Pour l'ontologie de la pédagogie, nous avons utilisé des résultats théoriques et des classifications issus des recherches du domaine de la pédagogie.

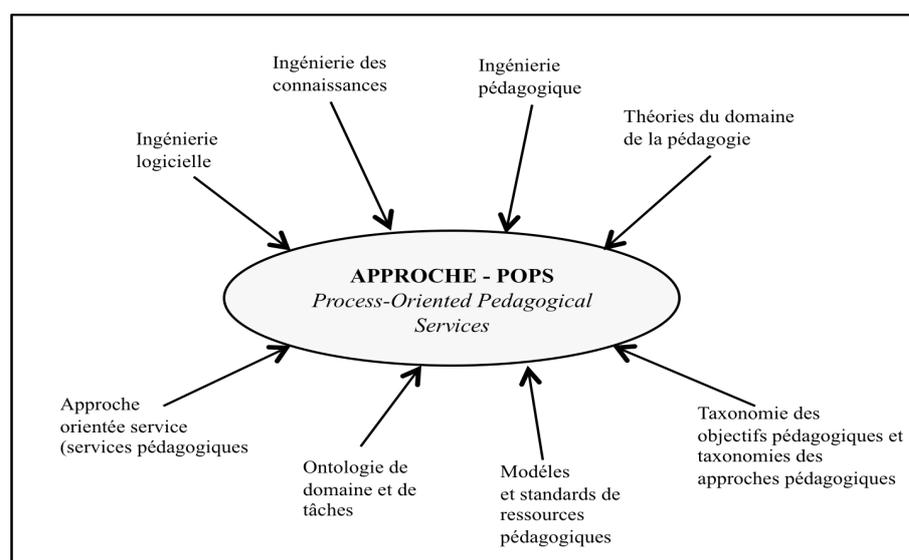


Figure 4.1 – Les domaines d'appui de l'approche POPS

La proposition s'appuie sur plusieurs domaines (cf. figure 4.1) :

- a- Le domaine de la pédagogie et plus particulièrement les taxonomies d'objectifs et de processus pédagogiques ;
- b- Les standards de description d'objets pédagogiques ;
- c- L'approche orientée service issue du domaine l'ingénierie logicielle ;
- d- Les ontologies.

Ce chapitre présente les éléments de ces quatre domaines qui ont été utiles pour élaborer la solution proposée.

4.2 Le domaine de la pédagogie.

Le domaine de la pédagogie concerne l'ensemble des approches et théories d'apprentissage permettant de définir des méthodes et des contenus pédagogiques. Dans la proposition nous utilisons plus particulièrement un courant de la pédagogie, appelé la pédagogie par objectifs [Landsheere, 1989], [Prégent, 1990] et [Lebrun, 1995].

L'idée prônée par Ralph Tyler (1935), initiateur de la pédagogie par objectifs, est de proposer une organisation scientifique et rationnelle de l'Éducation. Un objectif est une intention communiquée par une déclaration qui précise la transformation comportementale attendue de l'étudiant en suivant avec succès une formation donnée [Dessaint, 1995]. Selon [Mager, 1977], un objectif opérationnel doit être formulé précisément, avec un verbe d'action qui décrit un comportement observable, des conditions dans lesquelles le comportement doit se produire et un critère de performance acceptable. L'approche par objectifs a le mérite de se centrer sur l'apprentissage plutôt que sur l'enseignement ; elle oriente le processus de formation sur l'apprenant. Cette approche utilise les théories de l'apprentissage pour modifier le comportement de l'apprenant et elle favorise une individualisation de l'enseignement en fonction du rythme de l'apprenant pour maximiser l'apprentissage [Bilodeau & al., 1999].

Par ailleurs, ce qu'apprend un individu dépend non seulement de ce qu'on lui enseigne mais aussi de la manière dont on le lui enseigne. A ce niveau, des cadres conceptuels [Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993] et [Allert, 2002] ont été proposés pour décrire les démarches d'enseignement. Ces cadres mettent en évidence différents

types d'approches pédagogiques qui vont de la notion de style d'apprentissage à des techniques d'enseignement très précises.

Nous présentons dans cette section deux taxonomies du domaine de la pédagogie : celle des objectifs pédagogiques présentée dans [Bloom, 1975], et celle des démarches pédagogiques proposées dans [Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993].

4.2.1 La taxonomie des objectifs pédagogiques.

En pédagogie, un objectif est un énoncé d'intention décrivant ce que l'apprenant saura (ou saura faire) après l'apprentissage. Les objectifs sont normalement dérivés des finalités de l'éducation et des objectifs généraux de formation, lesquels se décomposent en objectifs intermédiaires de différents niveaux, puis en objectifs spécifiques [Tagliante, 1991] et [Hameline, 1990]. Sur le plan de la formulation des objectifs, deux éléments sont à considérer. D'une part, un objectif porte sur un élément principal de la matière enseignée, d'autre part, il doit refléter un des différents niveaux taxonomiques selon l'intention de celui qui le formule. Ainsi plusieurs taxonomies d'objectifs pédagogiques se sont développées permettant d'aider les concepteurs de cours à vérifier la portée de ce qu'ils proposent aux étudiants [Saint-Onge, 1992] et [Legendre, 1993]. Ces taxonomies portent sur l'un ou l'autre des domaines du savoir : le *domaine cognitif* concerne les connaissances et les habilités intellectuelles, le *domaine affectif* est associé aux attitudes, aux valeurs, aux intérêts et aux représentations et le *domaine psychomoteur* concerne les habilités motrices.

Pour le besoin de notre travail, nous ne retenons qu'une taxonomie portant sur le domaine cognitif [Bloom, 1975]. Présentée pour la première fois dans l'ouvrage « *Taxonomie des objectifs pédagogiques : Vol. I : Domaine cognitif* » [Bloom, 1956], cette taxonomie est devenue une référence et elle est utilisée dans le monde entier pour faciliter l'élaboration des matériels d'évaluation. Elle repose sur l'idée que les opérations cognitives peuvent être réparties en six niveaux de complexité croissante. Le principe même de cette taxonomie est que l'élève accède à un niveau donné s'il est capable d'exécuter les opérations correspondant au(x) niveau(x) inférieur(s). Par exemple, la capacité d'évaluer — le plus haut niveau dans la taxonomie cognitive — n'est possible que si l'apprenant est en mesure

de détenir les informations nécessaires, de les comprendre, de les appliquer, de les analyser, de les synthétiser, pour finalement les évaluer. Cette taxonomie n'est donc pas un simple schéma de classification, elle constitue un résultat visant à ordonner hiérarchiquement les processus cognitifs.

La taxonomie des objectifs de Bloom est composée de six niveaux (cf. figure 4.2), chaque niveau fournit un ensemble de verbes qui peuvent être utilisés pour formuler un objectif de ce niveau.

- **Le niveau connaissance**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités de mémorisation et de restitution des informations dans des termes voisins de ceux appris ;
- **Le niveau compréhension**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités pour traduire et pour interpréter de l'information en fonction de ce qui a été appris ;
- **Le niveau application**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités à sélectionner et à transférer des connaissances acquises pour réaliser une tâche ou résoudre un problème ;
- **Le niveau analyse**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités à distinguer, classer et mettre en relation les faits et la structure d'un énoncé ou d'une question ;
- **Le niveau synthèse**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités pour concevoir et intégrer des idées en une proposition ou une solution ;
- **Le niveau évaluation**, les objectifs de ce niveau visent à développer des capacités à estimer, évaluer et critiquer en fonction de normes et de critères que l'on se construit.

Dans notre travail, les ressources pédagogiques réutilisables et composables sont des services pédagogiques centrés sur la réalisation d'un objectif pédagogique. Chaque service offre un fragment de processus pour réaliser l'objectif du service. Nous avons utilisé la taxonomie présentée ci-dessus pour construire une ontologie de buts. Cette ontologie est utilisée pour formuler les buts dans la spécification des services et pour formuler les intentions d'apprentissage des apprenants.

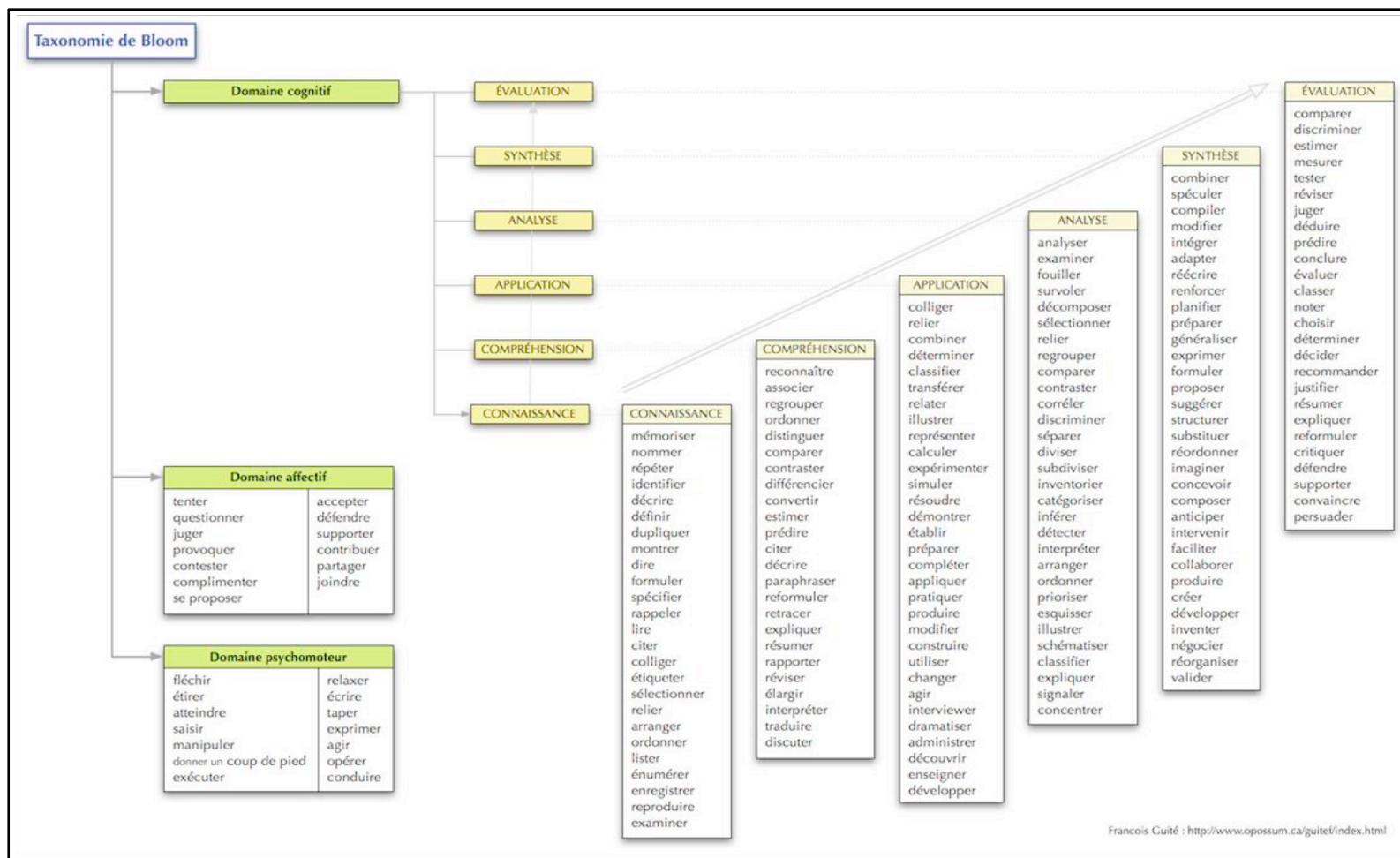


Figure 4.2 – La taxonomie des objectifs pédagogiques de Bloom [Bloom, 1975].

4.2.2 La taxonomie des approches pédagogiques.

Une approche pédagogique décrit la manière adoptée par un enseignant pour atteindre un objectif pédagogique. Dans le domaine de la pédagogie, des recherches théoriques nombreuses ont été réalisées sur les approches d'apprentissage. L'étude des modèles de processus dans le chapitre 2 a montré qu'une approche pédagogique peut être exprimée à différents niveaux d'abstraction, à un niveau général, elle correspond à un style ou une stratégie d'apprentissage et à un niveau plus opérationnel elle correspond à une démarche ou un ensemble de techniques d'apprentissage.

Plusieurs classifications ont été réalisées, et souvent elles sont basées sur des niveaux d'abstraction. Nous avons retenu celle proposée par [Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993] qui définit quatre niveaux que nous rappelons dans cette section cf. figure 4.3). Des exemples représentatifs d'approches relatives à ces quatre niveaux sont donnés sur la figure 4.4.

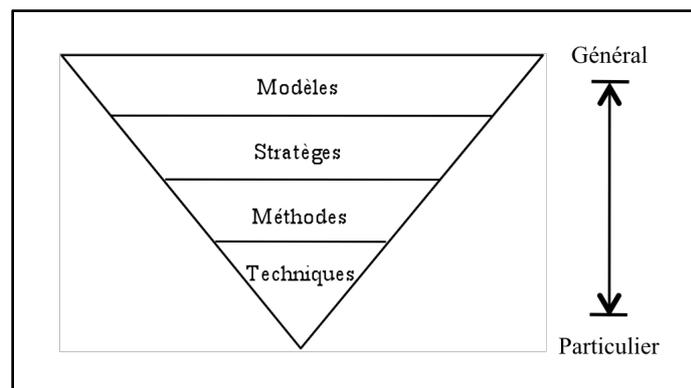


Figure 4.3 – Les niveaux d'abstraction des approches pédagogiques

Les modèles pédagogiques représentent le niveau le plus général de l'apprentissage [Joyce & al., 1986]. Trois modèles sont habituellement présentés à ce niveau : traitement de l'information, développement de la personne, interaction sociale. Chacun représente une orientation philosophique de l'enseignement. Chaque modèle permet de sélectionner et de structurer les stratégies, les méthodes et les techniques d'apprentissage.

Les stratégies pédagogiques [Martin, 1983], [Pfeiffer & al., 1979], [Seaman & al., 1989] et [Maurin, 2000] permettent de déterminer l'approche que doit suivre un apprenant pour atteindre un objectif pédagogique. Il existe plusieurs types de stratégies

appelées usuellement l'enseignement direct, l'enseignement indirect, l'enseignement interactif, l'apprentissage expérimental...

Les méthodes pédagogiques [Johnson & al., 1989], [McNeill & al., 1990] et [Slavin, 1987] sont utilisées pour créer un environnement pédagogique et pour préciser la nature de l'activité à laquelle participe l'apprenant pendant le processus d'apprentissage. Parmi ces méthodes, on trouve le plus souvent : l'étude de cas, l'exposé, la simulation, l'enquête...

Les techniques pédagogiques [Arends, 1998] et [Shostak, 1986] sont le niveau le plus opérationnel des théories d'apprentissage. Les techniques les plus usuelles sont le questionnement, la discussion, la planification, les démonstrations...

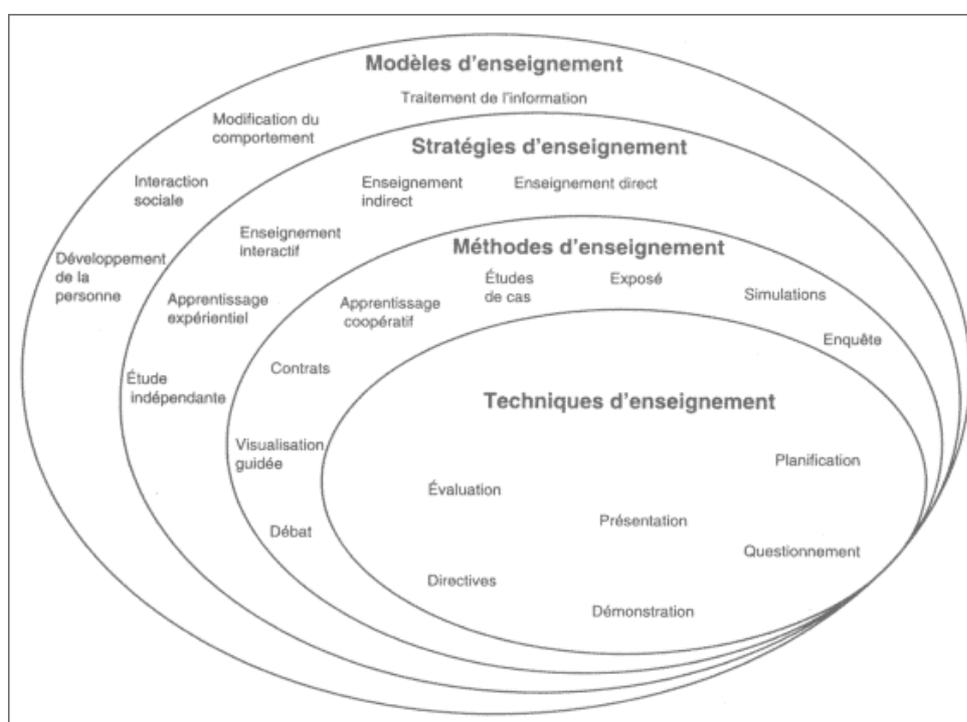


Figure 4.4 – Taxonomie et exemples d'approches d'apprentissage

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous avons proposé une ontologie des approches pédagogiques basée sur les quatre niveaux définis ci-dessus. Nous pensons en effet que la connaissance sur les approches d'apprentissage est pertinente dans un contexte de personnalisation, le choix d'une démarche d'apprentissage en fonction du « vécu » et des préférences de l'apprenant est essentiel pour fournir des enseignements personnalisés. Les connaissances sur les approches d'apprentissage définies dans l'ontologie sont utilisées dans la spécification des services pédagogiques.

4.3 Les standards de description d'objets pédagogiques.

Les objets pédagogiques sont des composants considérés comme des entités numériques ou pas que l'on peut utiliser, réutiliser ou invoquer lors d'un apprentissage à distance [LOM, 2002]. L'arrivée des technologies du web et donc le besoin d'accéder à ces ressources et de les partager a fait émerger des standards tels que le LOM (Learning Object Metadata), le DublinCore¹, le standard BIDM²... Pour essayer de faire converger les différentes approches de normalisation des consortiums comme IEEE³, IMS⁴, ARIADNE... se sont constitués.

Nous analysons trois propositions, qui sont incontournables dans le domaine des standards de description de composants pédagogiques :

- i) LOM est un langage d'indexation d'objets pédagogiques ;
- ii) SCORM⁵ concerne les modèles de mise en œuvre informatique ;
- iii) IMS-LD concerne les langages de modélisation pédagogique.

4.3.1 LOM

Initié par IMS [IMS, 2001] et ARIADNE⁶, le LOM est un standard de l'IEEE qui facilite l'accès à des objets pédagogiques. Il constitue la première tentative cohérente de description à l'aide de métadonnées des ressources utilisées dans un processus d'apprentissage.

¹ <http://dublincore.org>

² <http://www.w3.org/TR/NOTE-OSD>

³ Institute of Electrical and Electronics Engineers LTSC Learning Technology Sub Committee

⁴ Instructional Management System global learning consortium

⁵ Sharable Content Object Reference Model

⁶ Ariadne : Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe, <http://www.ariadne-eu.org/>

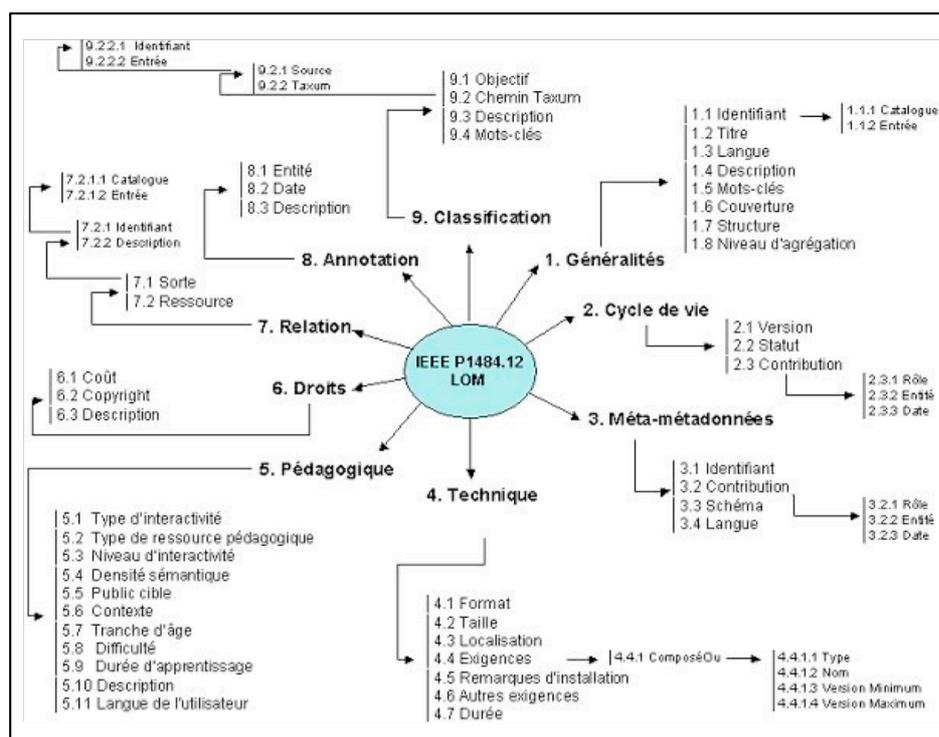


Figure 4.5 – Learning Object Metadata – LOM

Les métadonnées sont organisées selon différentes facettes (technique, pédagogique, utilisation, catalogue...). Il définit neuf catégories (cf. figure 4.5) se divisant en 71 sous catégories.

Ces métadonnées sont utilisées pour indexer les objets pédagogiques afin de pouvoir les réutiliser dans des unités de haut niveau comme les hypertextes, les simulations... [Pernin, 2003]. Le LOM propose un modèle de structuration des ressources selon quatre niveaux de granularité : fragment (granule), leçon, cours, et parcours. Les parcours contiennent les cours, contenant eux-mêmes les leçons, composées de fragments.

Les travaux du LOM ont certes permis une indexation efficace des ressources pédagogiques ainsi que leur partage et leur réutilisation mais ces travaux ne font pas la distinction entre les ressources utilisées pour la mise en œuvre des activités et les activités elles-mêmes.

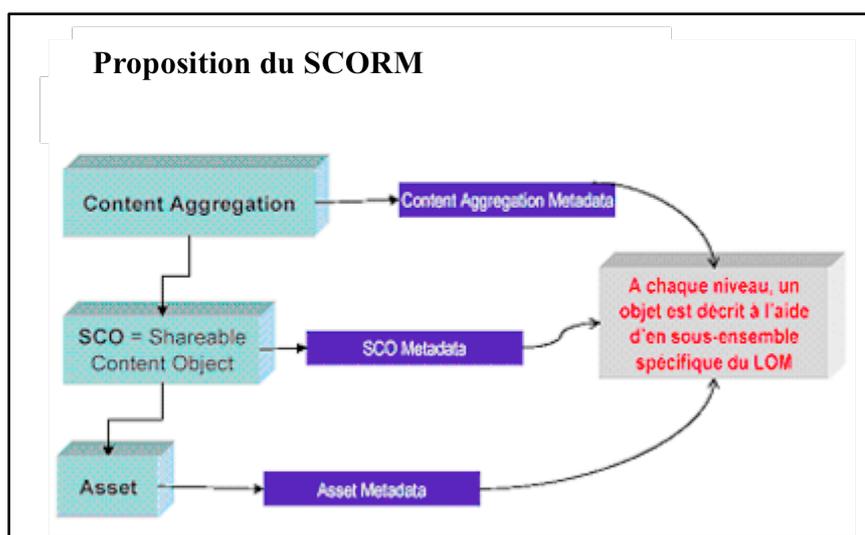


Figure 4.6 – Learning Object Metadata – SCORM

4.3.2 SCORM

Le SCORM est un modèle réalisé à partir d'une initiative de l'AICC et repris par le consortium de l'ADL⁷. Il est apparu pour remédier au problème de l'exploitation des ressources dans des systèmes informatiques. Il enrichit le standard LOM avec un modèle d'agrégation qui contient trois niveaux d'abstraction:

- une *ressource numérique élémentaire (asset)* qui constitue la brique élémentaire : il peut s'agir d'un document (image JPEG ou GIF, son WAV ou MP3, page web) ou d'ensembles d'informations pouvant être délivrés vers un client Web (document Flash, code Javascript, applet Java, etc.) ;
- un *objet de contenu partageable (SCO⁸)* qui est un ensemble cohérent de ressources numériques élémentaires. Il représente le plus bas niveau de granularité pouvant faire l'objet d'un suivi;
- un *agrégat de contenu (Content Aggregation)* qui est un ensemble de ressources pédagogiques structurées de façon cohérente au sein d'une entité de plus haut niveau, telle qu'un cours, un chapitre, un module, etc.

⁷ Advanced Distributed Learning - <http://www.adl.org>

⁸ Sharable Content Object

Il est à noter que ces deux modèles (LOM et SCORM) restent centrés sur l'agrégation de ressources, c'est à dire sur le contenu, sans mettre l'accent sur la notion de processus.

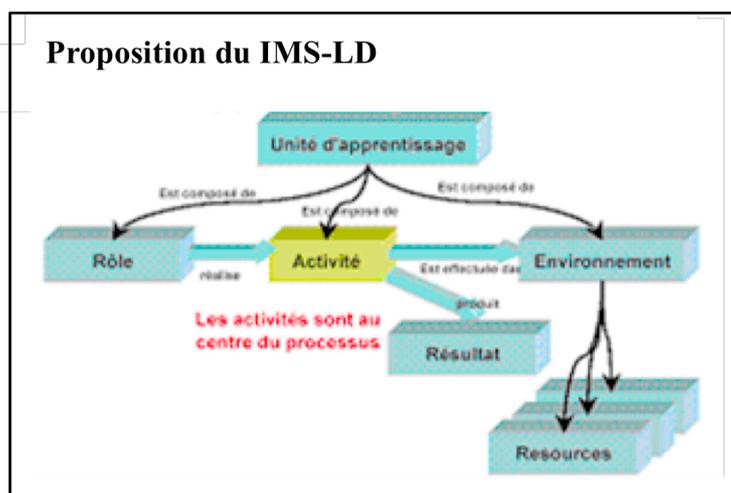


Figure 4.7. – IMS Learning Design – IMS-LD

4.3.3 IMS-LD

IMS-LD est une spécification qui a été publiée en 2003 par le « Instructional Management Systems Global Learning » Consortium – IMS/GLC. IMS-LD est devenue un langage de modélisation pédagogique. A la différence du LOM et du SCORM, IMS-LD part du constat que ce sont les activités associées aux objets pédagogiques qui doivent être au centre des processus d'apprentissage. En effet, IMS-LD définit l'activité pédagogique comme une tâche possédant un objectif pédagogique, et étant associée à un rôle (enseignants, tuteurs...). Une activité s'effectue dans un certain environnement en s'appuyant sur un certain nombre de ressources (numériques ou pas) [Pernin, 2003]. La notion d'activité est utilisée pour spécifier des unités d'apprentissage et des scénarii pédagogiques. IMS-LD permet la scénarisation d'unités d'apprentissage en intégrant la notion d'activité au centre du processus d'apprentissage (cf. figure 4.7).

En résumé, on peut considérer que le LOM aide à classifier et à indexer les ressources pédagogiques grâce aux métadonnées ; SCORM fournit un guide pour agréger des ressources de base dans un contenu structuré mais reste centré sur le contenu ; et IMS-LD se focalise sur la notion d'activité et permet de spécifier des scénarii pédagogiques.

A travers ces trois standards, il y a une évolution de la notion de composant pédagogique, allant de composants de type « contenu » à des composants de type « processus ». Par ailleurs, cette évolution a contribué à faire aussi émerger une nouvelle discipline appelée l'ingénierie pédagogique (ou « instructional Design » dans la littérature anglo-saxonne) proposant de véritables langages de modélisation pédagogique pour décrire des objets et des activités d'apprentissage.

Dans le cadre de notre travail, nous considérons que les services pédagogiques de POPS utilisent des ressources qui sont définies selon les standards disponibles. Bien sûr la description de ces ressources doit être explicitée dans les services et elle intervient dans le processus de personnalisation pour sélectionner et adapter les services à l'environnement de l'apprenant.

4.4 L'approche orientée service.

La notion de service n'est pas nouvelle mais l'apparition récente en informatique des services web a fait émerger une certaine confusion dans ce domaine. On peut dire que plusieurs communautés utilisent aujourd'hui cette notion souvent avec des interprétations différentes [Baida & al., 2004]. Afin de clarifier le domaine, nous faisons une distinction entre les services web, les services web sémantiques et les services métier. Dans cette section, nous introduisons aussi le principe de la composition dynamique de services. Nous avons utilisé ce principe pour répondre au besoin de personnalisation.

4.4.1 Les services web.

Les services web sont considérés comme des composants logiciels réutilisables, faiblement couplés, disponibles et distribués sur le web. Ces composants permettent de réaliser des tâches spécifiques en utilisant des mécanismes standards orientés web [Martin & al., 2004]. Les services web sont accessibles dans le cadre d'une architecture SOA⁹ reposant sur trois composants [Preist, 2004], [Barry, 2003] et [Bonnet, 2005] :

⁹ Service-Oriented Architecture

- **SOAP** (Simple Object Access Protocol) est un protocole d'échange inter-application indépendant de toute plate-forme, basé sur le langage XML ;
- **WSDL** (Web Services Description Language) est un méta-langage qui donne la description au format XML des services web en précisant les méthodes pouvant être invoquées, leur signature et les points d'accès (adresse, port, etc...) ;
- **UDDI** (Universal Description, Discovery and Integration) normalise une solution d'annuaire pour enregistrer et localiser les services web.

On peut considérer que l'architecture SOA est un modèle d'architecture qui induit une restructuration du système d'information. Les services web permettent d'encapsuler des fonctionnalités contenues dans un système d'information. Ces services, associés à un contrat d'utilisation et à une interface de description, peuvent être publiés afin d'être invoqués par des clients. Ce modèle d'architecture met en œuvre plusieurs fonctionnalités comme la publication de services, la découverte de services et l'interaction entre les services.

Il est largement admis que le langage standard WSDL ne permet pas d'obtenir des descriptions sémantiques des services. Les informations telles que les formats des messages, les types de données et les protocoles de communication ne sont pas suffisantes pour rechercher des services web ou pour faire interagir des services web de manière non ambiguë. Par ailleurs, le besoin de composer plusieurs services pour assurer une fonctionnalité complexe émerge aussi. Ces nouvelles problématiques ont donné naissance à un nouveau type de service appelé les services web sémantiques.

4.4.2 Les services web sémantiques

Les services web sémantiques [Kellert & al., 2004] se situent à la convergence de deux domaines de recherche, celui du web sémantique et celui des services web. Les technologies et outils développés dans le contexte du web sémantique viennent compléter la technologie des services web en vue d'apporter des réponses au problème de l'automatisation, de la découverte et de la composition de services.

Les « services web sémantiques » visent à enrichir la représentation des services web avec des connaissances relatives à la fonctionnalité des services, au processus mis en

œuvre par les services et à leurs contraintes d'utilisation. Ces connaissances peuvent alors être exploitées par des agents pour automatiser la recherche, l'invocation, la composition et l'exécution des services web. Les langages de description des « services web sémantiques » assurent le marquage sémantique des web services, et rendent explicite la connaissance nécessaire à la sélection et à la composition [McIlraith & al., 2002]. Par exemple, le langage OWL-S [Martin & al., 2004] est une extension du langage DAML-S qui propose une ontologie de services dans laquelle chaque service est décrit selon trois dimensions :

- le « Profile » du service qui précise les fonctionnalités du service ainsi que les pré-requis pour son utilisation. Cette partie du service contient l'information la plus utile pour la découverte et la composition des services ;
- le « Model » du service qui décrit le processus mis en œuvre par le service, c'est-à-dire son fonctionnement ;
- le « Grounding » du service qui spécifie en termes de messages les règles d'interaction avec le service.

Cette ontologie de services enrichit WSDL et UDDI pour permettre un accès et une utilisation du service à partir de son contenu (objectifs, messages...) plutôt que par des mots clefs.

4.4.3 Les services métier

Paradoxalement, la notion de service métier est utilisée depuis longtemps (avant l'apparition des services web) dans le domaine de la gestion pour faire référence à une activité ou un processus de gestion qui produit une valeur ajoutée ; les services sont offerts par un fournisseur à son environnement, ils peuvent être offerts (en partie) « en ligne » à travers le réseau Internet, on parle alors de e-services. Deux définitions issues du domaine de la gestion de la notion de service peuvent être données :

- Zeithaml et Bitner [Zeithaml & al., 1996] : « ...services are deeds, processes and performances... »
- Grönroos [Grönroos, 2000] : « ...activities...of a more or less intangible nature that normally...take place in interactions between the customer and service

employees and/or physical resources or goods and/or systems of the service provider, which are provided as solutions to customer problems ».

D'un autre point de vue, la notion de service métier est utilisée aujourd'hui dans des propositions de démarches méthodologiques pour la construction de systèmes d'information orientés services [Papazoglou, 2006], [Zimmermann, 2004], [Arsanjani, 2004] et [Chang, 2007]. L'objectif de ces démarches est de produire des architectures de systèmes d'information de type SOA. Dans ces démarches, la notion de service est utilisée à différents niveaux d'abstraction et la notion particulière de service métier répond au principe d'alignement entre le système informatique (composé de services Web) et les processus métier de l'entreprise. Ainsi dans la plupart de ces approches la notion de service métier est liée à celle de processus métier. Par exemple, dans [Papazoglou, 2006], les auteurs proposent une méthode de développement de services Web dans laquelle les services métier sont identifiés à partir de l'analyse des processus métier existants (processus métier « as-is ») et des processus métier qui doivent exister (processus métier « to-be »). Cette méthode (figure 4.8) introduit bien deux niveaux de service : les services métier (niveau logique) et les services techniques (niveau physique).

4.4.4 La composition des services

Les services Web présentent la possibilité d'être composés pour remplir des fonctionnalités complexes. La composition de services Web a été définie dans [Casati, 2002] comme étant la capacité d'offrir des services à valeur ajoutée en combinant des services existants pouvant être offerts par différentes organisations. Il s'agit de spécifier, pour répondre à un objectif particulier, quels services utiliser et dans quel ordre les invoquer. De nombreux langages de composition de services ont été proposés dans ce contexte. Parmi tous ces langages, BPEL constitue aujourd'hui le standard de fait pour la composition de services web.

Il est usuel dans le domaine de la composition de services de distinguer deux types de composition :

- la composition statique qui consiste durant la conception, à identifier, ordonnancer et déployer les services nécessaires pour répondre à un besoin ;

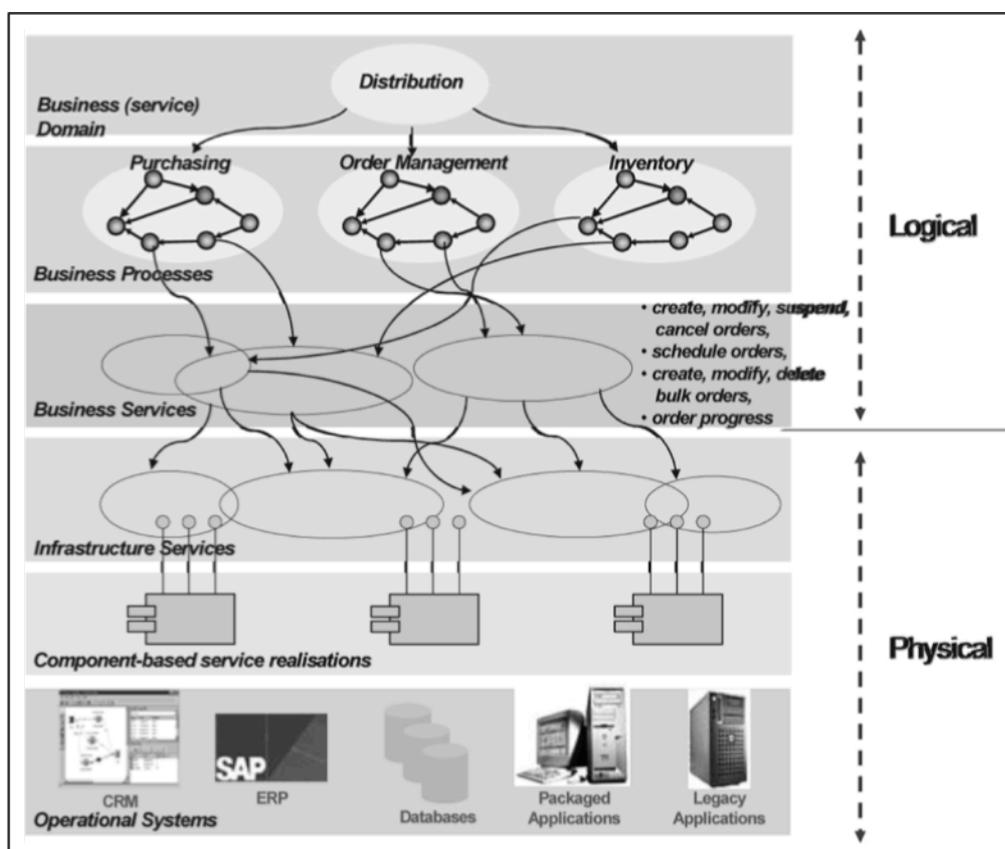
- la composition dynamique qui consiste à prendre en compte les services disponibles au moment où l'on cherche à satisfaire un objectif précis d'un utilisateur. Etant donné un objectif, la composition implique la capacité de sélectionner, de composer et de faire communiquer des services existants.

La composition dynamique est bien sûr intéressante dans un contexte d'adaptation et de personnalisation, en effet elle ne prédéfinit pas de liens entre les services mais les construit en fonction des besoins. Plusieurs approches sur la composition dynamique sont aujourd'hui en cours de développement [Kellert & al., 2006], [Medjahed & al., 2003], [Thakkar & al., 2004] et [Fujii, & al., 2006], elles diffèrent souvent par le langage de description de services (qui peut permettre des descriptions plus ou moins sémantiques des services) et sur les techniques d'assemblage des services. Compte-tenu d'une description souvent relativement technique des services, les approches de composition s'intéressent à la composition du point de vue mécanismes d'exécution. Probablement les travaux à venir sur la composition de services devront aborder cette problématique à un niveau conceptuel. La redéfinition du principe de composition dynamique sur les services métier constitue une voie possible pour aborder cette problématique.

Notre proposition s'inscrit dans cette approche orientée service. Nous définissons les services pédagogiques comme des composants de type processus : ils définissent des fragments de parcours, que l'on peut assembler pour définir de nouveaux parcours. L'orientation service présente deux avantages essentiels :

- *Leur description est centrée sur l'usage et donc sur le problème auquel ils répondent. Les services pédagogiques permettent de satisfaire des objectifs pédagogiques (ou buts), ils sont donc des services métier, le métier considéré étant ici celui de la pédagogie,*
- *Leur composition est dynamique, c'est-à-dire que l'assemblage est effectué en tenant compte de chaque besoin, de l'utilisateur et de ses préférences. Chaque nouveau besoin en parcours pédagogique est résolu en recherchant et en sélectionnant les services pédagogiques les plus adaptés à ce besoin et au contexte de ce besoin. La dimension métier des services pédagogiques (exprimée*

à travers la notion de but) permet d'envisager une composition « sémantique » basée sur la composition/décomposition de buts.



4.8. – Cycle de vie des services dans [Papazoglou, 2006],

4.5 Les ontologies

La littérature sur les ontologies montre qu'il y a de nombreuses définitions de la notion d'ontologie et de nombreux types d'ontologies. Cette section n'a pas pour objectif de faire une synthèse de ce domaine mais plutôt de fournir quelques éléments de base pour situer les ontologies proposées dans notre approche.

4.5.1 Définition, représentation et typologie.

Il existe plusieurs définitions d'une ontologie [Mizoguchi & al. 1995]. Du point de vue philosophique, une ontologie est une explication des propriétés générales de l'existence ; du point de vue de l'Intelligence Artificielle, une ontologie est la spécification d'une conceptualisation d'un domaine de connaissance [Gruber, 1993] ; du point de vue de

l'ingénierie des connaissances, l'ontologie est un type particulier de modèle de connaissances [Paquette, 2002a] permettant de construire des bases de connaissances du même type.

Aujourd'hui, il existe des langages normalisés pour définir des ontologies. Le premier langage spécifié par le W3C a été RDF [Klyne & al., 2004]. Ce langage présentait des limites ; le manque d'expression des connaissances ne permettait pas notamment le traitement automatique de l'information. Le langage RDF a ensuite été enrichi pour donner naissance à OWL [Bechhofer & al., 2004]. Le langage OWL propose de représenter une ontologie en termes de concepts, de relations entre ces concepts et d'instances.

Plusieurs typologies d'ontologies ont été proposées [Uschold & al., 1996], [Psyché, 2003], [Furst, 2004] et [Lazrek & al., 2007]. Nous avons retenu celle définie dans [Psyché, 2003]. Cette typologie différencie les ontologies en fonction de l'objet de conceptualisation. Elle est composée principalement de quatre types d'ontologies :

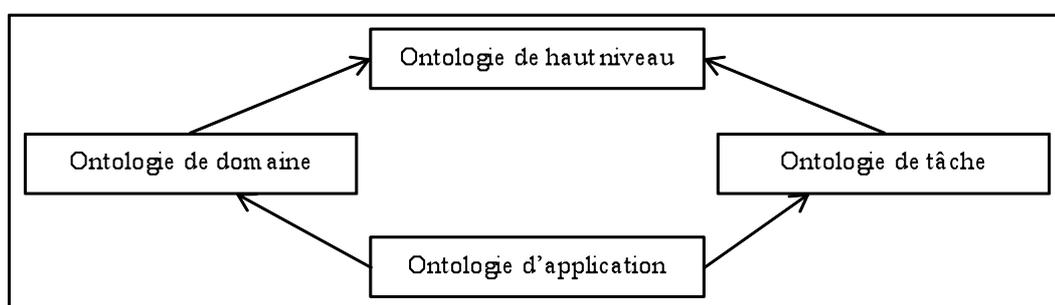


Figure 4.9 – Différents types d'ontologies [Ranwez, 2000]

Les ontologies de haut niveau [Guarino & al., 1995], [Sowa, 1995a] et [Sowa, 1995b]. Il s'agit d'ontologies générales. Elles décrivent des concepts très généraux comme le temps, l'espace, les relations... Ces ontologies sont indépendantes d'un domaine d'application.

Les ontologies de tâches. Ce type d'ontologie est utilisé pour conceptualiser des tâches spécifiques dans un domaine. Elles définissent un vocabulaire qui décrit le processus mettant en évidence les acteurs, les principales opérations relatives à une tâche d'un domaine ainsi que les entrées et les produits de ces opérations; par exemple, des

ontologies de tâches ont été définies pour la conception, l'apprentissage, la planification, le diagnostic... On peut citer deux exemples d'utilisation d'ontologies de tâches dans le domaine de l'éducation: « *Computer Based Training Ontology* » [Jin & al., 1999] et « *Learning Goal Ontology* » [Inaba & al., 2000] qui décrit les rôles des apprenants et des agents dans le cadre d'un apprentissage collaboratif.

Les ontologies de domaine [Mizoguchi & al., 2004]. Elles définissent un vocabulaire qui décrit un domaine d'application particulier comme le domaine informatique ou le domaine de l'astronomie [Nauer & al., 2006]...En relation, avec les ontologies de tâches, les ontologies de domaine caractérisent les connaissances du domaine dans lequel les tâches sont réalisées.

Les ontologies d'application [Maedche, 2002]. Elles combinent les ontologies de tâches et les ontologies de domaine. Elles permettent de mettre en relation les concepts d'un domaine et les concepts d'une tâche particulière pour en décrire l'exécution.

4.5.2 Usage des ontologies.

Les ontologies ont de nombreux domaines d'application mais leurs finalités peuvent être parfois très différentes. Plusieurs chercheurs tels que [Mizoguchi & al., 2000], [Grüninger & al., 2002], [Psyché & al., 2003], [Benayache, 2005] et [Dicheva & al., 2005] se sont intéressés aux usages des ontologies :

Le partage et la réutilisation de connaissances. Les ontologies peuvent définir un vocabulaire commun pour améliorer la réutilisation des connaissances d'un domaine. Ce vocabulaire peut être partagé et réutilisé par différents utilisateurs pour réduire la confusion conceptuelle et terminologique. Dans un cadre d'enseignement à distance par exemple, les ontologies peuvent permettre de réduire la distance sémantique entre le vocabulaire du concepteur de contenus pédagogiques (enseignant) et celui utilisé par les apprenants.

La description sémantique des données. Dans le contexte du web sémantique, les ontologies peuvent être utilisées pour ajouter des informations sémantiques à des ressources web (services, pages, documents...). Ces ontologies permettent le plus souvent d'annoter les ressources en vue de faciliter leur recherche et d'adapter leur

sélection en fonction des besoins. En relation avec les travaux de standardisation portant sur les métadonnées utilisées pour décrire les objets pédagogiques, les ontologies peuvent être mises en œuvre pour augmenter la sémantique de ces métadonnées.

L'automatisation de tâches. En relation directe avec la description sémantique des ressources sur le web, les ontologies peuvent être utilisées pour automatiser les tâches de recherche et de composition de services Web [Martin & al., 2004] et [Arenaza, 2006]. En effet, la définition d'un ensemble de termes communs à un ou plusieurs domaines de connaissance facilite l'exploitation et l'interprétation de ces données par des programmes exécutables, par des outils... Les ontologies aident ainsi à définir des normes de représentation de données sous une forme qui peut être manipulée par des machines. Dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, ce sont les tâches d'assemblage de contenus pédagogiques qui peuvent bénéficier de l'usage des ontologies.

4.5.3 Exemples d'utilisation des ontologies dans les systèmes d'apprentissage.

Dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, il existe plusieurs initiatives et travaux qui utilisent les ontologies. Nous allons dans ce qui suit illustrer ces travaux avec quatre exemples.

Le projet de composition de documents personnalisés basée sur les ontologies [Cueilliez, 2006]. Ce projet utilise deux ontologies, l'une est dédiée au domaine d'apprentissage de l'astronomie, et l'autre, plus générale, est destinée à stocker les matériaux pédagogiques et leurs propriétés. Deux fonctions ont été réalisées, la première permet la qualification semi-automatique de ressources trouvées sur Internet, la seconde permet à un apprenant de composer lui-même son document à partir de sujets en rapport avec le domaine de l'astronomie et de contraintes qu'il a préalablement exprimées.

Le projet de composition dynamique de documents pédagogiques [Ranwez, 2000]. Ce projet utilise une ontologie pour repérer des « briques d'information » pertinentes. Le contenu des briques est validé grâce à l'ontologie du domaine. Ainsi, la vérification de la pertinence consiste à associer à chaque « brique » un ou plusieurs fragments significatifs de cette ontologie, traduisant la sémantique contenue dans la « brique ». Le

repérage d'information est réalisé en fonction d'objectifs spécifiés par un apprenant. Parallèlement, l'ontologie est utilisée pour organiser les « briques ». Les auteurs du projet ont testé deux méthodes différentes : l'une en fonction de grammaires formelles, et l'autre par association de deux ontologies (du domaine et pédagogique). Celle ayant démontré le plus de souplesse est la méthode basée sur les ontologies.

Le projet Web Sémantique et E-Learning [Hérin & al., 2002], [Pompidor & al., 2003] et [Sala & al.,2003]. L'objectif de ce projet est de proposer des concepts, des méthodes et des outils pour le développement d'environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Les ontologies ont été utilisées pour :

- *Aider l'enseignant dans la composition de cours.* Il s'agit de modéliser et de synchroniser les ressources pédagogiques disponibles sur le web, en vue de concevoir, d'évaluer et de réviser un cours. La création de cours est assistée par l'utilisation et l'enrichissement d'une ontologie de concepts pédagogiques.
- *personnaliser des parcours de e-learning.* Il s'agit en fonction de types d'apprenants de ne présenter que les informations pertinentes. Pour cela, une modélisation du site Web en utilisant une ontologie du domaine est réalisée et permet par catégories d'apprenants de filtrer les pages du site.

Le projet IMAT [Desmoulins & al., 2002]. L'objectif du projet IMAT (*Integrating Manuals And Training*) est de proposer des modèles et des outils pour permettre à un concepteur de documents pédagogiques d'intégrer des parties de documents techniques dans les documents de formation qu'il produit. Le domaine est celui de la maintenance d'équipements complexes et une ontologie est utilisée pour indexer des « briques » de documents. Le principe mis en œuvre est la composition dynamique de documents indépendamment des contextes d'utilisation : technique ; médiatique ; domaine ; ou pédagogique. L'ontologie pédagogique utilisée permet d'attribuer des rôles aux « briques » ainsi que des attributs qualitatifs et des contraintes d'organisation des « briques » dans le document final.

Ces travaux montrent que l'usage des ontologies dans les systèmes pédagogiques actuels permet à la fois l'enrichissement sémantique de la description des ressources requis par le contexte du web et l'interopérabilité utile pour le partage des ressources

pédagogiques. Les recherches récentes montrent aussi un usage des ontologies dans l'assemblage de ces ressources.

Dans l'approche proposée, nous utilisons les ontologies à la fois pour obtenir une description sémantique des services pédagogiques et pour faciliter leur recherche et leur composition afin de générer des parcours pédagogiques personnalisés. Elles sont utilisées aussi à des fins de partage et de réutilisation de connaissances. En effet, les mêmes ontologies sont utilisées pour décrire les services pédagogiques (point de vue du concepteur de services) et pour définir des besoins pédagogiques (point de vue de l'apprenant). Enfin nous utilisons une ontologie de domaine et une ontologie de tâches, la première permet de capturer les connaissances sur le sujet d'enseignement et la seconde permet de fournir les connaissances sur les tâches de l'enseignement (méthodes pédagogiques, techniques d'apprentissage, ...).

4.6 Conclusion.

Les problématiques de l'ingénierie pédagogique relèvent de différents domaines, celui de l'ingénierie logicielle et de la représentation des connaissances mais aussi celui de la pédagogie. Ce chapitre a présenté les principaux éléments, sous-jacents à notre approche, et issus de ces différents domaines.

Nous avons adopté une approche de type ingénierie, dans laquelle les parcours pédagogiques sont considérés comme des « artéfacts » que l'on peut décrire et modéliser à différents niveaux d'abstraction. Les artéfacts sont des fragments de processus (par opposition à des contenus) associés à des objectifs pédagogiques.

Nous avons adopté, une orientation service pour définir des ressources pédagogiques modulaires et composables. L'orientation service apporte une vision centrée sur l'usage et permet de mettre en œuvre le principe de composition dynamique de services, ce principe est essentiel dans un contexte de personnalisation.

La définition de services pédagogiques doit être réalisée en alignement avec les métiers de la formation, aussi l'approche utilise une ontologie de tâches définissant les concepts du domaine de la pédagogie. Ces concepts ont été empruntés aux travaux relevant des recherches théoriques dans le domaine de la pédagogie.

La partie suivante de ce mémoire, présente le cœur de la proposition, c'est-à-dire les éléments qui composent le cadre conceptuel de définition de services pédagogiques et de constructions de parcours pédagogiques personnalisés.

DEUXIEME PARTIE

L'approche POPS : Modèle, ontologies et processus

INTRODUCTION

Cette partie présente l'approche POPS (**P**rocess-**O**riented **P**edagogical **S**ervice). Cette approche permet de mettre à la disposition des apprenants un ensemble de services pédagogiques en vue de construire des parcours pédagogiques adaptés à leurs besoins et à leur profil. L'approche POPS répond à la fois à la problématique de la conception de services pédagogiques et de l'assemblage de ces services pour élaborer des parcours personnalisés.

Cette partie comporte quatre chapitres qui présentent les différents éléments de l'approche. Le **cinquième chapitre** donne une présentation générale de l'approche POPS. Le **sixième chapitre** définit le modèle de services POPS ; ce modèle est utilisé pour spécifier les services pédagogiques. Le **septième chapitre** définit les ontologies utilisées dans POPS ; ces ontologies sont exploitées à la fois dans la spécification des services pédagogiques et dans leur recherche et leur composition. Le **huitième chapitre** présente le processus de composition des services pédagogiques ; ce processus utilise les descriptions des services pédagogiques et les ontologies pour construire des parcours adaptés aux besoins des apprenants.

CHAPITRE 5

PRESENTATION GENERALE DE L'APPROCHE POPS

« Découvrir c'est bien souvent dévoiler quelque chose qui a toujours été là, mais que l'habitude cachait à nos regards. »

Arthur KOESTLER

« Savoir bien rapprocher les choses, voilà l'esprit juste. Le don de rapprocher beaucoup de choses, et de grandes choses, fait les esprits vastes. »

VAUVENARGUES

SOMMAIRE

5.1	Introduction	95
5.2	L'approche POPS : objectifs et usages	95
5.2.1	Les objectifs de l'approche POPS	95
5.2.2	Les usages de l'approche POPS	96
5.3	Les principes de l'approche POPS	98
5.3.1	Une approche orientée « service »	98
5.3.2	Une approche centrée « processus »	98
5.3.3	Une approche basée sur la composition dynamique de services	99
5.3.4	Une approche utilisant des ontologies	99
5.4	L'architecture conceptuelle de POPS	100
5.4.1	Les ontologies	101
5.4.2	Le modèle de services pédagogiques	103
5.4.3	Le processus de construction de parcours personnalisés	104
5.5	Conclusion	104

5.1 Introduction

Ce chapitre présente les principes et l'architecture générale de l'approche POPS. Il s'agit d'introduire les différents objectifs qui ont guidé la définition de l'approche ainsi que les éléments qui la composent.

L'approche POPS est utilisée, d'une part, pour définir des services pédagogiques et d'autre part, pour assembler ces services en vue de construire des parcours d'apprentissage personnalisés. Elle est basée sur un modèle de spécification de services, des ontologies et un processus de personnalisation.

La *section 5.2* introduit les finalités et les usages de l'approche POPS. La *section 5.3* présente les principes sur lesquels est fondée cette approche. La *section 5.4* propose une architecture conceptuelle de POPS, elle introduit aussi les différents composants de cette architecture.

5.2 L'approche POPS : objectifs et usages

Dans cette section nous présentons les objectifs et les usages de POPS. POPS est un cadre méthodologique pour l'ingénierie pédagogique. Il fournit des éléments pour construire des composants pédagogiques (appelés services) et des parcours pédagogiques personnalisés.

5.2.1 Les objectifs de l'approche POPS

L'approche POPS vise essentiellement quatre objectifs:

- *Concevoir les processus d'apprentissage*

Un objectif majeur de ce travail est de considérer les processus d'apprentissage comme des « objets de premier plan ». Leur modélisation est essentielle pour capturer des connaissances en termes de méthodes et d'approches pédagogiques qui servent à la personnalisation. Par ailleurs, dans POPS, l'objectif est de fournir aux apprenants des processus pédagogiques avant de leur fournir des objets pédagogiques (contenus).

- ***Capitaliser et réutiliser des connaissances pédagogiques***

Dans le domaine de l'ingénierie pédagogique, plusieurs types de connaissances doivent être pris en compte : les connaissances sur le sujet d'enseignement, sur les ressources pédagogiques, sur les apprenants et sur les processus pédagogiques. Ces connaissances doivent pouvoir être modélisées et capitalisées dans un souci de réutilisation et de partage entre les apprenants et les formateurs.

- ***Adapter et personnaliser les parcours aux besoins des apprenants***

POPS vise à répondre au besoin de personnalisation de l'apprentissage. Il s'agit de prendre en compte les attentes et les particularités de l'apprenant dans la conception des processus d'apprentissage. Il ne s'agit pas seulement de proposer plusieurs processus types mais de construire des processus à la demande en tenant compte du contexte de la demande : quelle intention ? pour quel profil ?, dans quel environnement ?

- ***Simplifier la relation entre les concepteurs de ressources pédagogiques et les besoins des apprenants***

Cet objectif vise à réduire la distance sémantique entre les apprenants qui formule des besoins et les ressources pédagogiques qui sont proposées par des enseignants. Dans le contexte où les ressources sont mises à disposition des apprenants au sein de systèmes pédagogiques, il s'agit de faciliter la recherche et la sélection de ces ressources en fonction des besoins des apprenants.

5.2.2 Les usages de l'approche POPS

POPS est utilisée pour répondre aux besoins d'apprentissage des apprenants sur un sujet d'enseignement. On considère que les utilisateurs de POPS sont les enseignants qui conçoivent des composants pédagogiques et les apprenants qui souhaitent obtenir des solutions à leurs besoins de formation. Dans POPS les composants pédagogiques produits par les enseignants sont utilisés pour construire des parcours personnalisés. La figure 5.1 représente les deux dimensions de l'approche : la conception de composants et la réutilisation de composants pour construire des parcours. En faisant référence au domaine

de l'ingénierie des systèmes de réutilisation, ces deux dimensions correspondent respectivement au « design for reuse » et au « design by reuse » [Sutcliffe & al., 2004].

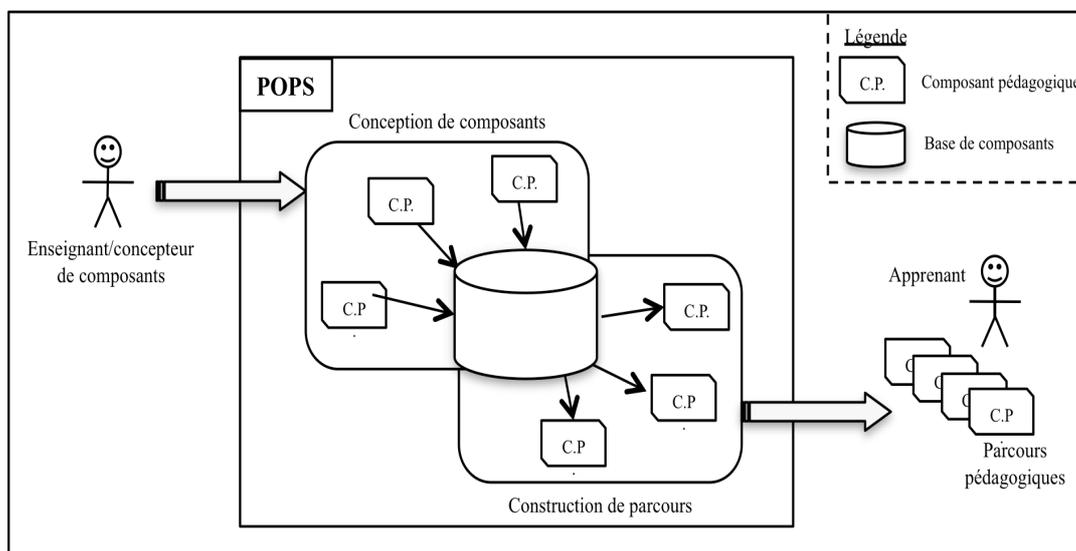


Figure 5.1 – Les usages de POPS

5.2.2.1 La conception de composants pédagogiques

La conception de composants pédagogiques consiste à analyser les besoins pédagogiques sur un sujet d'enseignement et à les représenter conformément à un modèle de composants. Dans POPS, la conception des composants est guidée par les objectifs. Partant d'un objectif pédagogique, l'enseignant/concepteur doit spécifier les processus et les ressources nécessaires pour l'atteindre. POPS fournit un modèle permettant de décrire les objectifs, les processus et les ressources. La conception permet de produire un ensemble de composants relatifs à un sujet donné.

5.2.2.2 La construction de parcours personnalisés

La construction de parcours pédagogiques nécessite la recherche/sélection et la composition de composants. Il s'agit de satisfaire l'objectif exprimé par un apprenant en recherchant parmi les composants disponibles ceux qui correspondent au besoin formulé. La satisfaction d'un objectif peut nécessiter plusieurs composants qu'il convient alors d'assembler. A ce niveau, l'apprenant obtient un parcours d'apprentissage composé d'un ou plusieurs composants qu'il peut exécuter.

5.3 Les principes de l'approche POPS

En considérant les objectifs de l'approche, quatre principes ont été utilisés pour la réaliser: elle est **orientée « service »**, elle est **centrée « processus »**, elle met en œuvre **les mécanismes de composition et d'adaptation dynamique** pour générer des parcours et elle offre **des ontologies**.

5.3.1 Une approche orientée « service »

Le modèle POPS vise à mettre à la disposition des apprenants des composants pédagogiques de type « service ». Ces services font référence, d'une part, aux « services métier » issus du monde de la gestion et d'autre part, aux « services web » issus de la communauté informatique [Baida & al., 2004].

Dans notre contexte, la notion de service présente deux avantages majeurs :

- considérés comme des composants, les services peuvent être réutilisés dans différents contextes et être assemblés de différentes manières pour élaborer de nombreux parcours ;
- centrés sur la définition d'un objectif, ils facilitent la recherche et la sélection de solutions adaptées au besoin « apprenant ».

La description de chaque service pédagogique contient la spécification détaillée de son objectif et de son contexte d'utilisation. La notion de service pédagogique étend donc la notion de composant en prenant en compte l'intention et le profil de l'apprenant auquel le service répond. Notons que le courant de recherche des services web sémantiques va aussi dans ce sens. L'objectif est d'intégrer dans la spécification des services web, des connaissances relatives à leur fonction, à leur qualité...

5.3.2 Une approche centrée « processus »

Dans POPS, un service pédagogique fournit un processus (composé d'activités) qui utilise des ressources (contenus) pour atteindre un objectif particulier. C'est en assemblant des processus (ou fragments de processus) que l'on peut élaborer des parcours pour les apprenants. Plus finement, un service décrit plusieurs processus permettant d'atteindre un

même objectif. En effet la notion d'objectif autorise d'exprimer différentes solutions possibles pour l'atteindre. Cette variabilité dans la description d'un service permettra au moment de l'utilisation des services de choisir le plus adapté au contexte.

5.3.3 Une approche basée sur la composition dynamique de services

La construction d'un parcours pédagogique répondant aux besoins d'un apprenant consiste à rechercher et à composer les services pédagogiques qui contribuent à la satisfaction des besoins. La construction d'un parcours revient à exprimer un objectif, à le décomposer, à rechercher les services pédagogiques permettant de satisfaire les sous-objectifs et à assembler ces services pour satisfaire l'objectif initial. Le processus de construction d'un parcours est basé sur un principe dit de composition dynamique de services. Les liens entre les services sont construits « à la volée » en fonction du profil et de l'objectif de chaque apprenant. Les liens résultent en fait de la mise en correspondance entre le besoin exprimé et les services disponibles pour le satisfaire. Ce type de composition permet une grande flexibilité, à la fois dans la définition de parcours basés sur la réutilisation de services et sur le choix des services à utiliser pour réaliser le scénario. En choisissant les services durant le processus de satisfaction des besoins, on peut bénéficier de tous les services disponibles à ce moment là.

5.3.4 Une approche utilisant des ontologies

Le modèle POPS exploite des ontologies de haut niveau pour la spécification des services pédagogiques et pour leur gestion (recherche/sélection, adaptation et composition). Le rôle de ces ontologies est de disposer de vocabulaires communs pour spécifier des services pédagogiques. Les ontologies définissent une terminologie réutilisable et partageable par ceux qui conçoivent les services pédagogiques (concepteur/enseignant) et par ceux qui les utilisent (apprenants). Les ontologies permettent aussi d'enrichir la sémantique de la description des services. Ce niveau sémantique joue un rôle essentiel dans l'automatisation de la recherche/sélection, de l'adaptation et la de composition de services. Les ontologies sont enfin utilisées dans POPS pour faciliter la mise en correspondance des besoins des apprenants et des services pédagogiques disponibles.

Dans POPS, les ontologies sont de deux types : les ontologies de la pédagogie et les ontologies du domaine d'enseignement. Il existe une seule ontologie de la pédagogie et autant d'ontologies de domaine d'enseignement que de sujets d'enseignement.

5.4 L'architecture conceptuelle de POPS

POPS est un cadre conceptuel qui propose des éléments pour à la fois concevoir des services pédagogiques réutilisables et construire des parcours personnalisés. L'architecture conceptuelle de POPS représente l'ensemble de ces éléments ainsi que leurs interrelations (cf. figure 5.2.). Elle met en évidence trois composants importants, le modèle de spécification des services, les ontologies utilisées et le processus de composition de services pédagogiques.

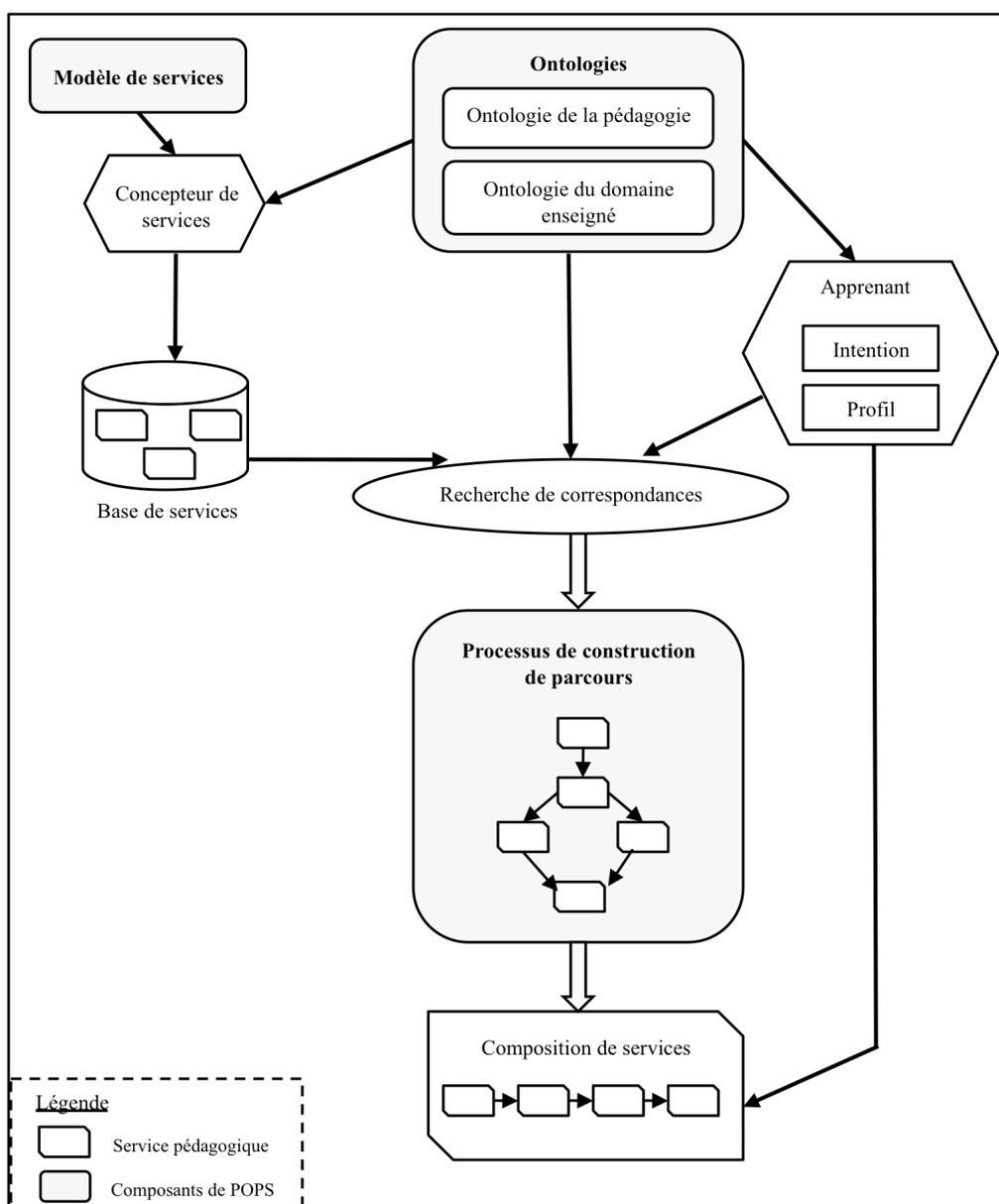


Figure 5.2- Architecture conceptuelle de l'approche POPS

5.4.1 Les ontologies

Dans notre cette architecture, les ontologies ont un rôle central : elles sont utilisées pour :

- (i) décrire les services pédagogiques,
- (ii) formuler les intentions des apprenants et leur profil ;
- (iii) établir des correspondances entre les services disponibles et les intentions.

POPS exploite deux types d'ontologies : une ontologie du domaine enseigné et une ontologie de la pédagogie.

5.4.1.1 L'ontologie du domaine enseigné.

L'ontologie du domaine enseigné permet de décrire les concepts et les liens relatifs à un champ d'enseignement. Par exemple dans le cadre d'un enseignement du langage UML, cette ontologie décrits les concepts d'enseignement : classe, cas d'utilisation ... Il y a une ontologie de domaine par sujet d'enseignement.

5.4.1.2 L'ontologie de la pédagogie.

L'ontologie de la pédagogie vise à définir les connaissances relatives au domaine de l'ingénierie pédagogique. Il s'agit de connaissances indépendantes du domaine d'enseignement. Nous considérons que ce domaine peut être structuré selon quatre dimensions interdépendantes : les objectifs, les approches pédagogiques, les ressources et les acteurs. Nous introduisons ci-dessous les quatre sous ontologies relatives à ces quatre dimensions.

- **Une ontologie des objectifs (*O_obj*).** Cette ontologie décrit les objectifs types d'apprentissage. Les objectifs sont exprimés sous forme de buts à atteindre et ils sont organisés en niveaux. Cette ontologie est utilisée, d'une part, au moment de la conception de services pour décrire l'objectif visé par les services et d'autre part, au moment de l'expression des requêtes sur la base de services. Elle joue un rôle essentiel dans la mise en correspondance des services disponibles avec le besoin de l'apprenant.
- **Une ontologie des acteurs (*O_act*).** Cette ontologie propose plusieurs types d'éléments pour définir les différentes caractéristiques des acteurs. Il s'agit des rôles, des niveaux d'expertise, des compétences, des préférences.... Cette ontologie est utilisée pour décrire par exemple dans le niveau d'expertise auquel s'adresse le service, elle est aussi utilisée pour définir les profils des apprenants.
- **Une ontologie des approches (*O_app*).** Cette ontologie décrit la terminologie relative aux processus d'apprentissage. Elle définit des stratégies-types, des démarches-types et des techniques-types d'apprentissage. Elle est utilisée pour

spécifier dans les composants pédagogiques par exemple la nature des méthodes d'apprentissage mises en œuvre.

- **Une ontologie des ressources (*O_ress*).** Cette ontologie définit une terminologie relative aux ressources pédagogiques. Nous avons construit cette ontologie à partir du modèle SCORM [SCORM, 2004].

Les ontologies sont décrites dans le chapitre 7 de ce document.

5.4.2 Le modèle de services pédagogiques

Le modèle de services pédagogiques propose un ensemble de concepts pour décrire les services. Un service pédagogique est composé de trois parties : une partie « profil », une partie « structure » et une partie « comportement ».

La partie « profil » permet de décrire l'aspect général du service pédagogique. Elle correspond à l'interface du service et elle est utilisée au moment de la recherche pour établir une correspondance entre les services pédagogiques disponibles, d'une part, et les intentions exprimées par les apprenants, d'autre part. Elle se compose de la définition d'un but pédagogique, et d'un contexte d'utilisation.

La partie « structure » décrit l'organisation du processus qui permet de réaliser l'objectif pédagogique. Elle est définie par une décomposition du but du service et une situation initiale et une situation finale.

La partie « comportement » correspond au niveau « exécutable » du service. Cette partie décrit l'utilisation du service par un apprenant. Elle prend la forme d'un parcours d'exécution avec les activités que met en œuvre l'apprenant ainsi que les ressources qui sont mobilisées.

Le modèle est présenté en détail dans le chapitre suivant de ce document.

5.4.3 Le processus de construction de parcours personnalisés

La construction de parcours est basée sur les principes de composition et d'adaptation de services pédagogiques. Le processus de construction de parcours commence par l'expression d'une requête formulée par l'apprenant. Cette requête exprime sous la forme d'un but, l'objectif que souhaite satisfaire l'apprenant. Le processus est organisé en trois étapes principales : la recherche/sélection, l'adaptation et la composition.

- **L'étape de recherche/sélection.** Cette phase permet de mettre en relation le besoin formulé par l'apprenant et les services pédagogiques qui permettent de le satisfaire ;
- **L'étape d'adaptation.** Cette étape consiste à sélectionner dans les services, les processus adaptés aux préférences de l'apprenant ;
- **L'étape de composition.** Elle permet de déterminer l'ensemble des services nécessaires à la satisfaction du besoin exprimé dans la requête. L'ensemble des services est déterminé en fonction des besoins et des caractéristiques de l'apprenant. Une même requête peut engendrer plusieurs compositions de services correspondant à des apprenants différents.

Le processus de construction génère un parcours que l'apprenant peut exécuter. Ce parcours est représenté par un diagramme d'activités obtenu par assemblage des parties exécutables des services sélectionnés au cours du processus.

Le processus de construction de parcours est détaillé dans le chapitre 8.

5.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'approche POPS en présentant ses finalités, ses principes et son architecture. L'orientation « service » des composants pédagogiques permet d'obtenir des définitions de composants centrées sur les objectifs pédagogiques et donc sur les besoins des apprenants. La dimension processus des services est essentielle pour prendre en compte les besoins des apprenants en matière de méthodes pédagogiques et pour offrir aux apprenants des processus et plus seulement des contenus.

Les ontologies proposées dans cette approche jouent un rôle essentiel à la fois dans la spécification des services pédagogiques et dans le processus de construction de parcours. Le principe de composition dynamique utilisé dans la construction des parcours permet de sélectionner et d'assembler les services à la demande et en fonction des particularités des apprenants.

Les chapitres suivants détaillent respectivement le modèle de services, les ontologies et le processus de construction de parcours.

CHAPITRE 6

LE MODELE DE SERVICES POPS

« Nous avons à vivre non point dans un monde nouveau dont il serait possible au moins de faire la description, mais dans un monde mobile, c'est à dire que le concept d'adaptation doit être généralisé pour rester applicable à nos sociétés en accélération. »

Gaston BERGER

« De toutes choses, l'observation et la connaissance du monde sont le principe, et l'on doit avoir soi-même fort observé, afin de pouvoir utiliser les observations d'autrui comme les siennes propres [...]. »

Georg Christoph LICHTENBERG

SOMMAIRE

6.1 Introduction	108
6.2 Les principes généraux du modèle de services.	108
6.2.1 Principes de description des services pédagogiques	108
6.2.2 Niveaux de description d'un service pédagogique	110
6.3 Les concepts du modèle de services POPS.	111
6.3.1 Vue générale.	111
6.3.2 Modèle de services et ontologies.	112
6.3.3 La partie « profil » du service	115
6.3.4 La partie « structure » du service	118
6.3.5 La partie « comportement » du service	125
6.3.6 Synthèse des concepts du modèle de service	134
6.4 Typologie des services pédagogiques.	134
6.4.1 Typologie basée sur les objectifs des services	135
6.4.2 Typologie basée sur le degré de variabilité des services.	137
6.5 Conclusion	142

6.1 Introduction

L'approche POPS permet, d'une part, de spécifier et de mettre à la disposition des apprenants un ensemble de services d'apprentissage et d'autre part, de mettre en œuvre un processus de composition de ces services pour construire des parcours pédagogiques personnalisés. Ce chapitre présente le modèle de services utilisé pour spécifier les services pédagogiques. Il est très étroitement lié aux deux chapitres suivants, celui sur les ontologies (chapitre 6) et celui sur le processus de composition des services pédagogiques (chapitre 7).

Dans ce chapitre, la *section 6.2* introduit la vision générale qui a guidé la définition des services, puis dans la *section 6.3*, nous présentons l'ensemble des concepts utilisés dans la description des services. Les concepts et leurs liens sont représentés par des digrammes de classes UML. Dans la *section 6.4*, nous proposons deux typologies des services pédagogiques, l'une basée sur les objectifs et l'autre basée sur leur degré de flexibilité. La *section 6.5* met en avant les concepts du modèle qui permettent d'exprimer de la variabilité dans la spécification des services.

6.2 Les principes généraux du modèle de services.

Cette section présente la vision retenue pour définir et décrire les services pédagogiques. Il s'agit de composants pédagogiques définis par leur finalité, c'est-à-dire par l'objectif qu'ils permettent d'atteindre. Chaque service fournit un ou plusieurs processus pour atteindre cet objectif, et il exploite des ressources pédagogiques. La description d'un service comporte trois niveaux complémentaires : le niveau intentionnel, le niveau structurel et le niveau opérationnel.

6.2.1 Principes de description des services pédagogiques

Les spécificités du modèle de services pédagogiques sont fondées sur trois principes.

- i) Une description des services pédagogiques **guidée par l'usage**. La définition d'un service fournit le « pourquoi ? » du service c'est-à-dire ce à quoi il sert. Nous pensons que la notion d'objectif permet d'exprimer la finalité d'un service. Le concept d'objectif pédagogique est largement répandu en ingénierie pédagogique et

il existe des typologies d'objectifs pédagogiques (cf. chapitre 4). Nous définissons un objectif pédagogique comme un but à atteindre. Par exemple, «apprendre à construire un diagramme de classes » est considéré comme un but pédagogique à atteindre dans l'enseignement du langage UML. Dans la description d'un service pédagogique, il est essentiel de mettre en avant l'objectif auquel répond le service pour plusieurs raisons ; d'abord la notion d'objectif est adaptée pour exprimer de la variabilité : elle suggère en effet d'envisager différentes manières pour atteindre le même objectif, les différentes manières correspondent à des stratégies ou méthodes d'enseignement différentes; ensuite en centrant la définition d'un service sur un objectif, on introduit une forme de modularité qui permet de considérer les services pédagogiques comme des composants ayant une certaine autonomie, facilitant ainsi leur réutilisation et leur assemblage. Enfin, la description des services, basée sur les buts, permet de réduire la distance entre les besoins des apprenants et les services pédagogiques disponibles. La recherche de services peut exploiter les buts des services pour sélectionner ceux qui répondent aux intentions (aux buts) des apprenants.

ii) Une description des services **orientée processus**. Un service pédagogique est un fragment de processus pédagogique qui réalise un but. Un processus pédagogique peut être décrit à différents niveaux d'abstraction, il peut être une stratégie ou une approche générale ou encore un ensemble organisé et détaillé d'activités. A ces différents niveaux, la définition d'un processus est plus ou moins opérationnelle, c'est-à-dire plus ou moins exécutable. En considérant les services comme des fragments de processus, il est possible de les assembler de différentes manières pour construire des parcours complexes.

iii) **Une description sémantique** des services pédagogiques. L'orientation sémantique vise à enrichir la représentation des services pédagogiques avec des connaissances relatives à leur contexte d'utilisation, aux processus qu'ils offrent et aux ressources qu'ils utilisent. L'orientation sémantique des services consiste à utiliser dans leur description, des données dont le sens est défini dans des ontologies. La description des services pédagogiques est basée sur deux ontologies :

une ontologie de la pédagogie et une ontologie du domaine enseigné. La dimension sémantique est essentielle, d'une part, pour assurer le partage et la réutilisation des services et d'autre part, pour faciliter et automatiser leur recherche et leur composition.

6.2.2 Niveaux de description d'un service pédagogique

Un service pédagogique est défini par un triplet (P, S, C) composé d'une partie profil (P), d'une partie structure (S) et d'une partie comportement (C).

Les trois parties qui composent la définition d'un service sont complémentaires, elles décrivent un même processus à trois niveaux d'abstraction différents [Zniber, 2008].

La *partie profil* décrit le processus à un niveau intentionnel. La *partie structure* décrit les constituants du processus et la *partie comportement* décrit le processus à un niveau opérationnel ou exécutable par un apprenant.

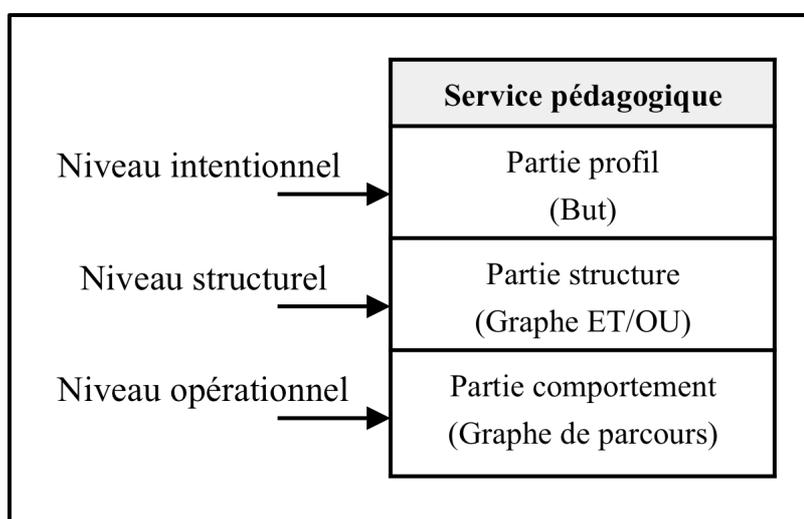


Figure 6.1 – Les trois niveaux de description d'un service pédagogique

Le niveau intentionnel définit la finalité du service. Ce niveau de description définit le but auquel le service répond et le contexte dans lequel le service peut être utilisé. Il s'agit de décrire le processus à un niveau très abstrait dans lequel on considère seulement le résultat

que permet d'atteindre le service sans faire référence au détail du processus qui permet d'y arriver.

Le niveau structurel décrit la structure générale du processus qui permet d'atteindre le but. Ce niveau est exprimé sous la forme d'un graphe ET/OU de buts [Nilson, 1971] et [Rolland & al., 1998] qui définit des décompositions possibles du but du service. Chaque décomposition permet d'opérationnaliser le but en indiquant les sous-buts qui contribuent à sa réalisation.

Le niveau opérationnel décrit tous les parcours offerts par le service. A ce niveau, les parcours sont des processus exécutables composés d'activités et de flux de contrôle (en séquence, en parallèle...). A ce niveau sont aussi définis les outils et les ressources nécessaires à l'exécution du processus.

Ces trois niveaux de description ont chacun un rôle particulier au moment de l'utilisation des services pour construire les parcours.

6.3 Les concepts du modèle de services POPS.

Il existe une relation entre le modèle de services et les ontologies. En effet les ontologies sont considérées comme des modèles de données qui sont utilisés pour définir des services particuliers. Nous commençons cette section par une vue générale du modèle de service ; nous présentons ensuite la relation qui existe entre le modèle de services et les ontologies définies dans le chapitre 7 ; puis nous terminons cette section par une définition des concepts du modèle de services.

6.3.1 Vue générale.

La description d'un service pédagogique est composée de trois parties qui correspondent aux trois niveaux de description présentés dans la section 6.2.2 (cf. figure 6.1) :

- *La partie profil*, elle spécifie le but du service pédagogique, le contexte d'utilisation et les propriétés non-fonctionnelles qui le caractérisent ;
- *La partie structure du service*, elle définit des processus types pour réaliser le but ;

- La partie *comportement*, elle décrit les différents parcours permettant de réaliser le but.

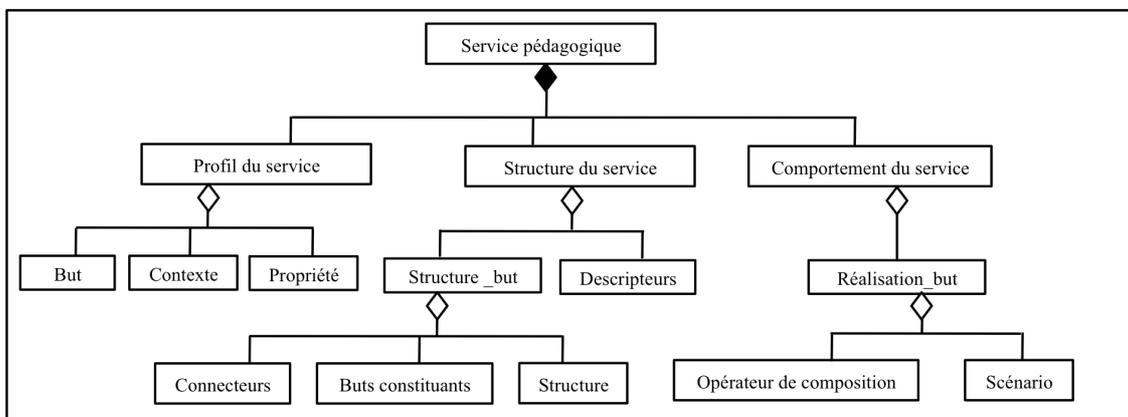


Figure 6.2 – Vue générale du modèle de services pédagogiques

Les parties 6.3.3, 6.3.4, et 6.3.5 présentent respectivement la partie « profil du service », la partie « structure du service » et la partie « comportement du service ». La spécification de ces trois parties est basée à la fois sur le modèle de services et sur les ontologies.

6.3.2 Modèle de services et ontologies.

L'utilisation des ontologies dans la spécification des services repose sur un mécanisme qui permet de faire le lien entre le modèle de services, les services pédagogiques, l'ontologie du domaine d'enseignement et l'ontologie de la pédagogie [Guzélian, 2007]. Ce mécanisme est illustré à la figure 6.3.

Le modèle de services est un ensemble structuré de concepts représentés par des diagrammes de classes UML.

Les ontologies sont elles-mêmes composées de concepts, de termes et de relations entre les concepts et les termes [Abrouk & al., 2005]. Dans les ontologies, les termes sont considérés comme des instances des concepts.

C'est en instanciant les concepts du modèle de services que l'on définit des services particuliers. Au moment de cette instanciation, on peut utiliser les ontologies comme un vocabulaire. L'instanciation est guidée par des liens définis entre le modèle de services et

les ontologies. Dans le modèle de services, chaque fois qu'un concept sera relié à un concept dans une ontologie O, nous le notons :

$(O.\text{nom_du_concept_ontologie})*\text{nom_du_concept_modèle_de_service}$

Par exemple, le concept de « but » utilisé dans le modèle de services sera noté « $(O_{\text{obj}}.\text{nature})*\text{but}$ » pour exprimer que ce concept fait référence à l'ontologie des objectifs (O_{obj}) et plus précisément au concept « nature » de l'ontologie des objectifs. Cette notation conduit, au moment de l'instanciation du modèle de services à utiliser certains termes de l'ontologie. Par exemple, le concept de « but » défini dans le modèle de service pourra être instancié avec le terme « définir » de l'ontologie des objectifs. Une « * » dans la définition du lien, indique que l'instanciation nécessite plusieurs termes de l'ontologie.

La figure 6.3 présente schématiquement la définition d'une correspondance entre le modèle de services et les ontologies et sa propagation au niveau de la définition d'un service particulier.

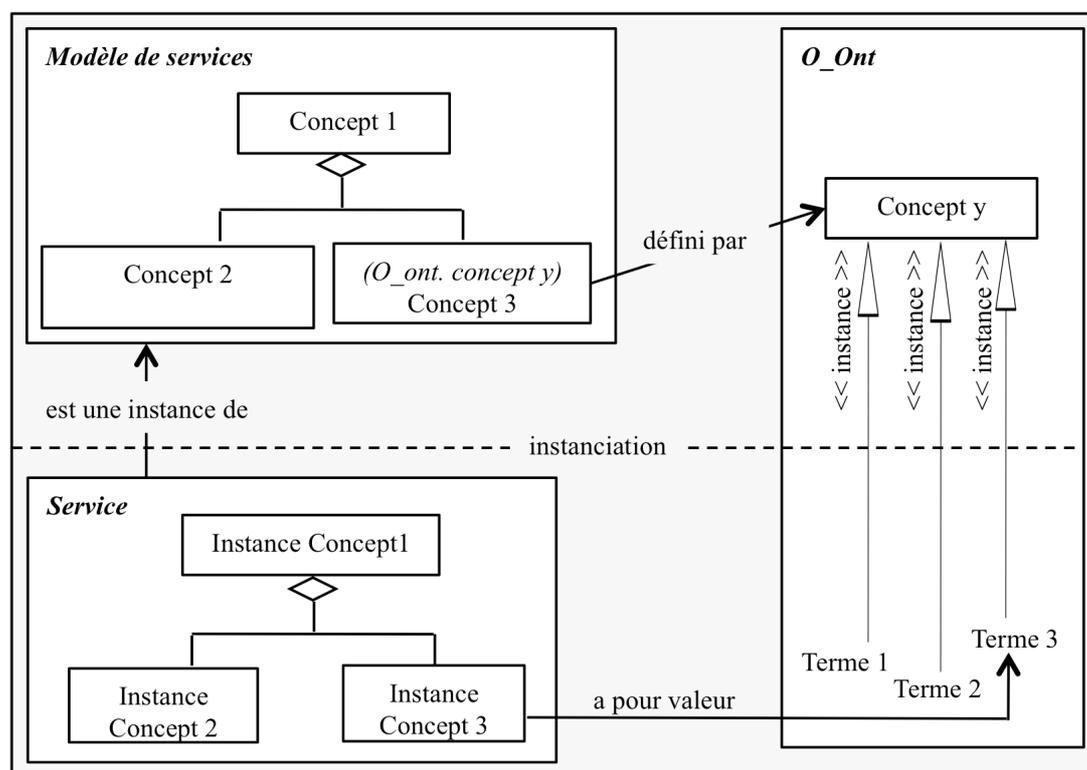


Figure 6.3 – Le mécanisme de référence des ontologies dans le modèle de services

Après avoir donné les conventions utilisées pour établir des correspondances entre le modèle de services et les ontologies, nous expliquons pourquoi nous avons choisi de définir certains concepts dans le modèle de services et d'autres concepts dans les ontologies. L'utilisation combinée d'un modèle de services avec des ontologies se justifie de la façon suivante :

- Le modèle de services propose un ensemble structuré de concepts pour spécifier les services pédagogiques. Les ontologies fournissent un vocabulaire pour définir les valeurs d'un concept au moment de la spécification de services particuliers. Les termes d'une même ontologie peuvent être utilisés dans les différentes parties de la description d'un service pédagogique.

Par exemple, l'ontologie des approches pédagogiques (O_app) peut intervenir dans la description du contexte du profil du service (cf. figure 6.4) et dans la définition du descripteur dans la partie structure du même service (cf. figure 6.5).

- Le modèle de services est utilisé par l'enseignant/concepteur pour spécifier des services pédagogiques. Les ontologies sont partagées à la fois par le concepteur de

services et par l'apprenant qui recherche des services. Les ontologies définissent un vocabulaire commun aux deux types d'acteurs.

Par exemple, l'ontologie des objectifs (O_obj) peut être à la fois utilisée au moment de la conception de services pour définir le but d'un service pédagogique et au moment de la recherche de services pour formuler la requête d'un apprenant.

Les trois sections suivantes détaillent respectivement les concepts utilisés pour décrire la partie « profil », la partie « structure » et la partie « comportement » des services. Dans la définition du modèle de services, les notations « O_obj », « O_app », « O_act », « O_res » désignent respectivement la sous-ontologie des objectifs, des approches pédagogiques, des acteurs et celle des ressources.

6.3.3 La partie « profil » du service

La partie « profil du service » présenté à la figure 6.4 permet de décrire l'aspect général du service pédagogique. Elle correspond à l'interface du service qui sera utilisée au moment de la recherche pour établir une correspondance entre les services disponibles, d'une part, et les intentions des apprenants, d'autre part. Cette partie se compose de la définition d'un but, d'un contexte d'apprentissage et de propriétés non fonctionnelles.

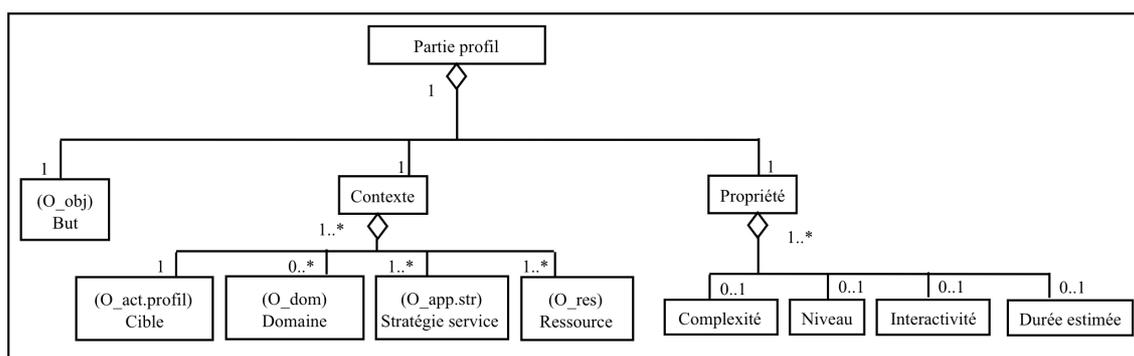


Figure 6.4 – Spécification de la partie « Profil »

6.3.3.1 Le but

Le but exprime une intention ou un objectif que l'on souhaite atteindre. Selon [Jackson, 1995] un but est une déclaration « optative » qui exprime ce que l'on veut, un état ou un

résultat que l'on cherche à atteindre. Dans la définition d'un service, le but permet de définir la finalité du service, sans pour autant entrer dans les détails de sa mise en œuvre.

Nous avons adopté dans POPS une formulation des buts qui repose sur une approche linguistique initialement développée par [Prat, 1997] et utilisée dans certains travaux tels que [Kaabi, 2007]. Cette approche inspirée de la grammaire des cas de Fillmore [Fillmore, 1968] et des extensions de [Dik, 1989] se fonde sur le fait qu'au niveau lexical un but est défini par un verbe et un nom. Au niveau sémantique, un but est formulé par sa *nature* et un *sujet*.

→ *Nature*. La nature des buts est basée sur la taxonomie de [Bloom, 1975] ; celle-ci fournit un ensemble de buts d'apprentissage organisés en six niveaux hiérarchiques. Il existe des buts de niveau évaluation, synthèse, analyse, application, compréhension, connaissance. Cette classification induit une démarche de satisfaction des buts dans laquelle les buts définis à un certain niveau ne peuvent être atteints que lorsque ceux des niveaux inférieurs ont été réalisés. La spécification de la nature utilise la terminologie définie dans l'ontologie des objectifs pédagogiques.

→ *Sujet*. Le sujet représente la cible du but et relève de l'ontologie du domaine d'enseignement.

Par exemple le but « apprendre à construire un diagramme de classes », est spécifié avec la nature « apprendre à construire », défini dans l'ontologie des objectifs et le sujet « diagramme de classes » défini dans l'ontologie du domaine d'enseignement ; dans cet exemple, il s'agit du domaine d'enseignement UML.

Dans le modèle de services, le but fait référence à l'ontologie des objectifs qui fournit les verbes pour désigner les buts.

6.3.3.2 Le contexte

Le contexte définit la situation d'apprentissage dans laquelle le service pédagogique peut être utilisé. Il est composé de quatre types de connaissances : la cible, le domaine, la stratégie et les ressources.

→ **La cible** spécifie le profil d'apprenant visé par le service pédagogique. La définition du profil fait référence à des termes du concept « profil » de l'ontologie des acteurs.

Par exemple un service pourrait avoir pour cible, des apprenants « novices » en UML et visant le métier « d'informaticien ». Les termes « novices » et « informaticien » sont définis dans l'ontologie des acteurs.

→ **Le domaine** définit les sujets d'enseignement pour lesquels le service peut être utilisé.

Par exemple un service pourrait avoir pour domaines « méthode UML » et « conception orientée objet ».

→ **La stratégie** définit le type d'approche pédagogique utilisée par le service pour atteindre le but. La spécification de la stratégie utilise la terminologie définie dans l'ontologie des approches pédagogiques.

Par exemple un service pourrait utiliser la stratégie « directe » pour atteindre son but. Il s'agit d'une approche proposant un apprentissage par généralisation en partant de concepts généraux pour aller vers des concepts plus spécifiques.

Notons qu'il existe en général plusieurs stratégies différentes pour atteindre un même but. Ainsi plusieurs services pourront être proposés pour satisfaire un même but. C'est en fonction des préférences de l'apprenant que l'on choisit la stratégie et donc le service le plus adapté.

→ **Les ressources** définissent les caractéristiques des objets pédagogiques utilisés par le service. La spécification des ressources utilise la terminologie définie dans l'ontologie des ressources.

Par exemple un service pourrait utiliser des ressources définies avec le standard « SCORM ».

Le contexte exprime une connaissance essentielle pour la description sémantique des services et pour leur recherche/sélection. Il a plusieurs rôles, (i) il enrichit la description des services en précisant la situation dans laquelle chaque service pédagogique est utilisable (ii) il fournit des connaissances pour discriminer les différentes alternatives pour atteindre un même objectif et (iii) au moment de la construction de parcours, le contexte

permet de faciliter la recherche et la sélection de services en fonction du besoin et des caractéristiques de l'apprenant.

6.3.3.3 Les propriétés.

Les propriétés complètent la description fonctionnelle d'un service. Elles fournissent des informations sur la qualité du service et sur ses éléments non fonctionnels. Ces propriétés sont similaires à celles appelées propriétés non fonctionnelles dans le domaine des services Web [O'Sullivan, 2002].

Nous considérons quatre propriétés particulièrement pertinentes pour caractériser et différencier les services:

→ **La complexité.** Cette propriété a pour fonction de mesurer le degré de difficulté du service. Nous mesurons la complexité sur une échelle de valeurs prédéfinies.

→ **La durée estimée.** C'est une propriété qui mesure le temps d'exécution estimé du service.

→ **Le niveau.** Cette propriété précise si le service est axé sur la pratique ou sur la théorie.

→ **L'interactivité.** Cette propriété mesure le niveau d'interaction entre l'apprenant et le système pendant l'exécution du service. Les valeurs de cette interaction sont définies sur une échelle prédéfinie.

6.3.4 La partie « structure » du service

La partie « structure » du service précise la description du service pédagogique (cf. figure 6.5). Il s'agit de d'exprimer la structure du processus d'apprentissage permettant d'atteindre le but. Elle comporte un **descripteur** qui définit les situations d'apprentissage avant et après la mise en œuvre du processus et **une structure_but** qui décrit les décompositions du but en sous-buts.

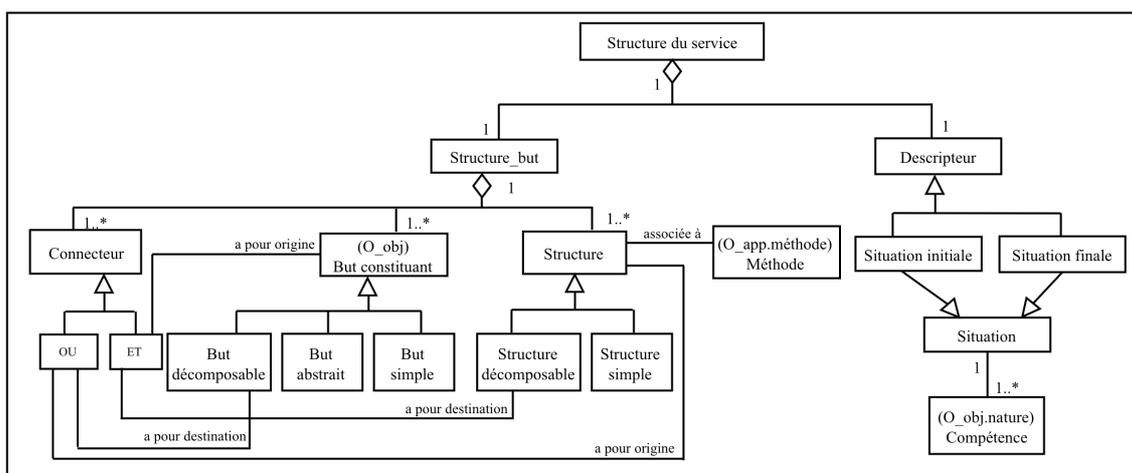


Figure 6.5 – Spécification de la partie « structure » du service

6.3.4.1 Le descripteur.

On considère le processus d'apprentissage comme un processus de modification de compétences. La description d'un tel processus contient des compétences requises (ou d'entrée) qu'on nomme situation initiale et des compétences visées (ou de sortie) qu'on nomme situation finale. Les compétences requises et les compétences acquises sont spécifiées en référence à l'ontologie des objectifs.

Par exemple, on peut définir un service dans lequel le but est « apprendre à spécifier un modèle de cas d'utilisation ». A partir de connaissances sur les concepts de cas d'utilisation et de liens entre cas d'utilisation (compétences requises), ce service permet d'acquérir des compétences dans la construction des diagrammes de cas d'utilisation et dans la spécification des scénarii (compétences acquises).

6.3.4.2 La « structure_but »

La « structure_but » définit pour le but du service un ensemble de décompositions possibles en sous-buts. Ces décompositions sont représentées par un graphe ET/OU de buts [Dardenne, 1991], [Dardenne, 1993] et [Rolland & al., 1998]. Le graphe permet de préciser la définition du but en exprimant les différentes manières ou « plans » pour réaliser ce but.

Le graphe ET/OU comporte deux types de nœuds : les buts constitutants et les structures ; et deux types de connecteurs : le connecteur « ET » et le connecteur « OU ». La figure ci-dessous présente un exemple de graphe ET/OU de buts, celui-ci détaille la structure du but « apprendre à construire un diagramme de classes ».

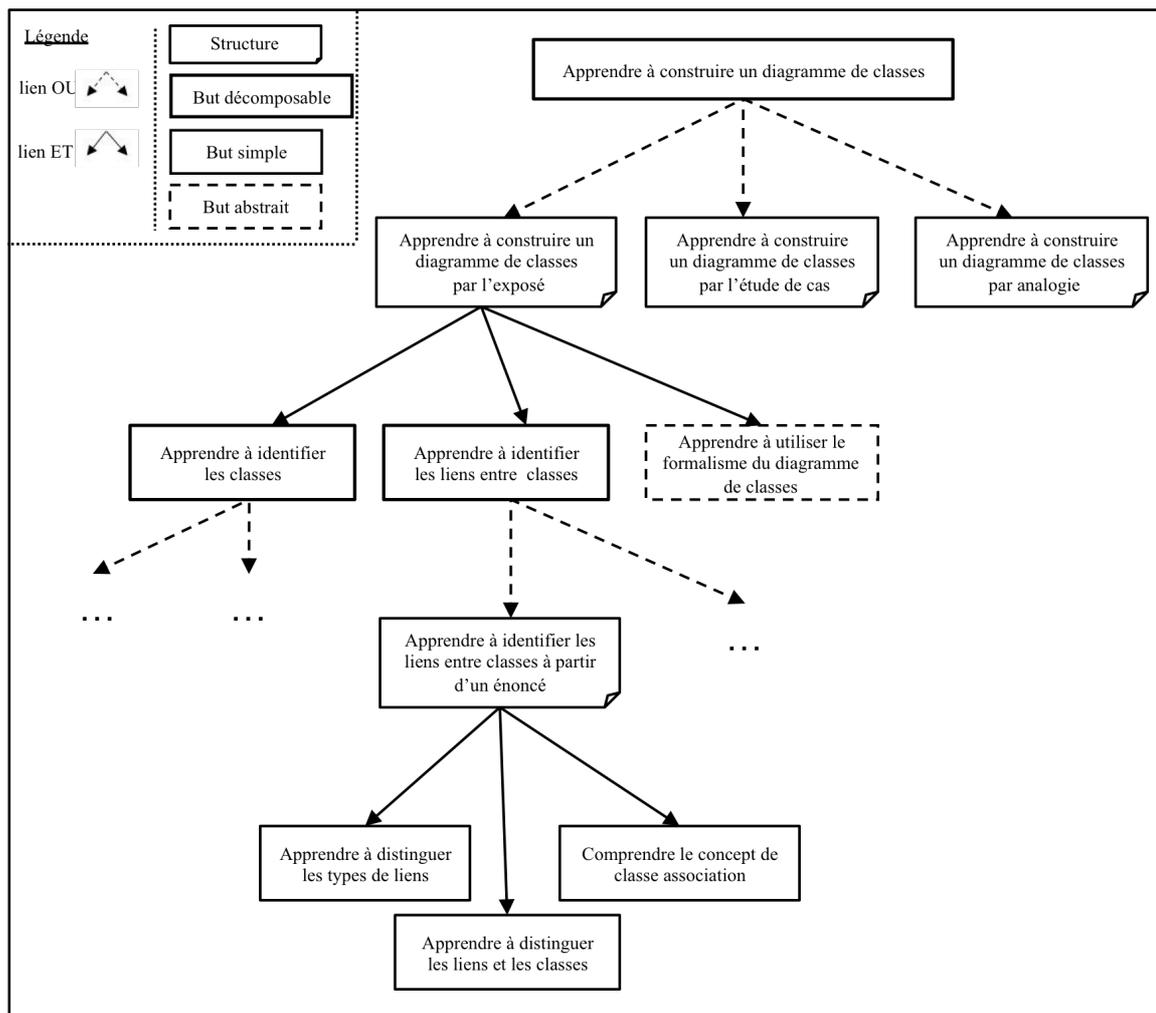


Figure 6.6 – Représentation graphique d'un exemple de graphe ET/OU

Cette structure montre que le but du service « *apprendre à construire un diagramme de classes* » peut être réalisé de trois manières : « *apprendre à construire un diagramme de classes par l'exposé* », « *apprendre à construire un diagramme de classes par l'exemple* », et « *apprendre à construire un diagramme de classes par analogie* » (par analogie permet un apprentissage à partir d'un diagramme entité-association par exemple). Ces trois manières sont représentées dans le graphe ET/OU par des nœuds de type structure. Ce graphe montre aussi que la structure du but « *apprendre à construire un diagramme de classes par l'exposé* » peut être décomposée en trois buts : un but abstrait : « *apprendre à utiliser le formalisme du diagramme de classes* » et deux buts décomposables « *apprendre*

à identifier les classes à partir d'un énoncé » et « apprendre à identifier les liens entre classes à partir d'un énoncé ». Ce dernier est également décomposable en buts simples.

Nous détaillons ci-dessous les types de nœuds et d'arcs du graphe ET/OU [Zniber & al., 2007] de buts.

Les types de nœuds sont les buts constituants et les structures. En alternant dans la hiérarchie les nœuds buts et les nœuds structures, on construit les différentes décompositions possibles du but du service.

→ **Les buts constituants** détaillent une manière de réaliser un but. Ils font référence à l'ontologie des objectifs et conformément à cette ontologie, ils sont décrits par un verbe et un sujet. Les buts constituants sont de trois types : les buts simples, les buts abstraits, et les buts décomposables.

- **Le but simple** est un but directement opérationnalisable par un ensemble d'activités. Il n'est pas décomposable en sous-buts, et il n'y a qu'une seule façon de le réaliser.

Par exemple, le but « apprendre à définir le concept d'acteur » (ce concept est utilisé en UML dans la construction des diagrammes de cas d'utilisation) est un but simple, dont le verbe « apprendre à définir » appartient à la classe « connaissance » (niveau 1 de la taxonomie de Bloom) et le sujet « concept d'acteur » appartient à l'ontologie du domaine UML.

- **Un but abstrait** est un but dont la structure n'est pas définie dans le service dans lequel il apparaît. La structure d'un tel but est définie dans un autre service. L'intérêt de ce mécanisme est d'augmenter la flexibilité dans la spécification des services. En effet, au moment de l'utilisation d'un service contenant un but abstrait, il est nécessaire de rechercher dans la base de services existants le service le plus approprié pour satisfaire ce but abstrait. Les buts abstraits permettent de « différer » la réalisation d'un but au moment où l'on connaît le besoin et le profil de l'apprenant. Ce mécanisme permet la construction dynamique de parcours pédagogiques, ainsi l'approche proposée se différencie de toutes celles qui prédéfinissent les parcours au moment de la conception.

Par exemple, supposons un service dont le but est « apprendre à construire un diagramme de cas d'utilisation ». Ce but peut être réalisé de deux manières : par l'exposé ou par l'étude de cas. Dans le cas de l'exposé, ce but se décompose en deux sous-buts « apprendre les concepts du diagramme de cas d'utilisation » et « apprendre la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation ». Le premier sous-but est un but abstrait qui permet de différer le choix de la méthode d'apprentissage des concepts au moment de l'exécution. On pourra choisir une méthode d'apprentissage des concepts.

° **Un but décomposable** est un but pouvant être réalisé de différentes manières. Ces manières correspondent à des méthodes pédagogiques différentes pour réaliser le même but. Le but décomposable et les manières de le réaliser sont reliés par des connecteurs de type « OU ».

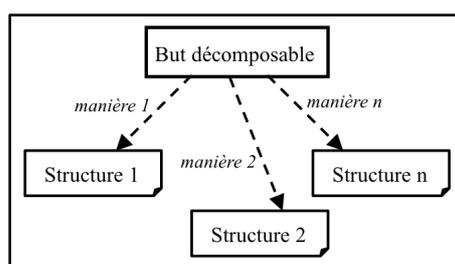


Figure 6.7 – Représentation schématique du but décomposable

Par exemple, supposons un service dont le but est « apprendre à construire un diagramme de classes ». Ce but peut être réalisé de trois méthodes pédagogiques différentes : « apprendre à construire un diagramme de classes par l'exposé », « apprendre à construire un diagramme de classes par l'exemple », et « apprendre à construire un diagramme de classes par analogie ».

→ **Une structure** est une manière particulière de réaliser un but décomposable. La structure est associée à une méthode pédagogique et à des sous-buts. La méthode est définie en référence à l'ontologie des approches pédagogiques. La structure et ses sous-buts constituants sont reliés par des connecteurs de type « ET ». Une structure peut être simple ou décomposable en fonction de la nature de ses sous-buts.

- **Une structure décomposable** définit une décomposition en sous-buts, les sous-buts pouvant être simples, abstraits ou décomposables.
- **Une structure simple** est définie uniquement par des buts simples ou des buts abstraits.

→ **Les connecteurs** sont les mécanismes usuels de décomposition de buts [Dardenne, 1991], [Dardenne, 1993] et [Rolland & al., 1998]. Deux mécanismes peuvent être utilisés : le connecteur « ET » et le connecteur « OU ».

Nous détaillons ci-dessous ces deux types de connecteurs :

- **Le connecteur « ET »** signifie que la réalisation d'une structure impose la réalisation de tous ses buts constitutants connectés par des liens ET. Le connecteur « ET » pointe vers des buts constitutants et a pour origine une structure décomposable (cf. figure 6.8).

Par exemple pour réaliser la structure « apprendre à spécifier un cas d'utilisation par l'exposé », il est nécessaire de réaliser les deux sous buts constitutants « apprendre à spécifier le sommaire du cas d'utilisation » et « apprendre à spécifier les scénarii ».

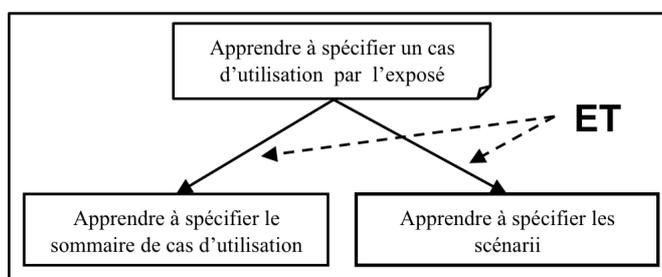


Figure 6.8 – Représentation graphique du connecteur de type ET

- **Le connecteur « OU »** signifie que le but peut être réalisé de différentes manières. La réalisation du but impose le choix d'une structure. Le connecteur « OU » pointe vers des structures et a pour origine un but décomposable (cf. figure 6.9).

Par exemple la figure 6.9 montre le but « apprendre à construire un diagramme de classes » associé au connecteur OU. Ce connecteur signifie que ce but peut être réalisé de différentes manières : « apprendre à construire un diagramme de classes par l'exposé », « apprendre à construire un diagramme de classes par l'exemple »,

ou « apprendre à construire un diagramme de classes par analogie ». Chaque manière est représentée par une structure qui définit une décomposition possible du but.

Il est important de noter que la décomposition de type OU introduit de la variabilité dans la construction de parcours pédagogiques. Le choix entre les décompositions possibles se fait au moment de la réutilisation en fonction du profil, des préférences... de l'apprenant.

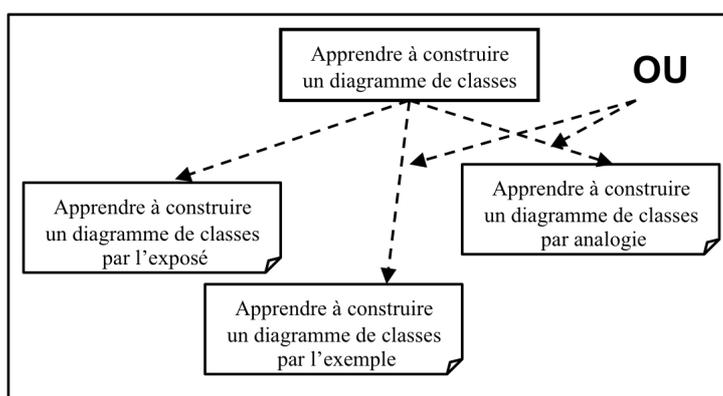


Figure 6.9– Représentation graphique du connecteur de type OU

6.3.4.3 Représentation graphique de la partie structure

La figure 6.10 présente une illustration de la partie « structure » d'un service. Elle définit un ensemble de décompositions (ou de plans) pour réaliser le but « apprendre à décrire un cas d'utilisation ».

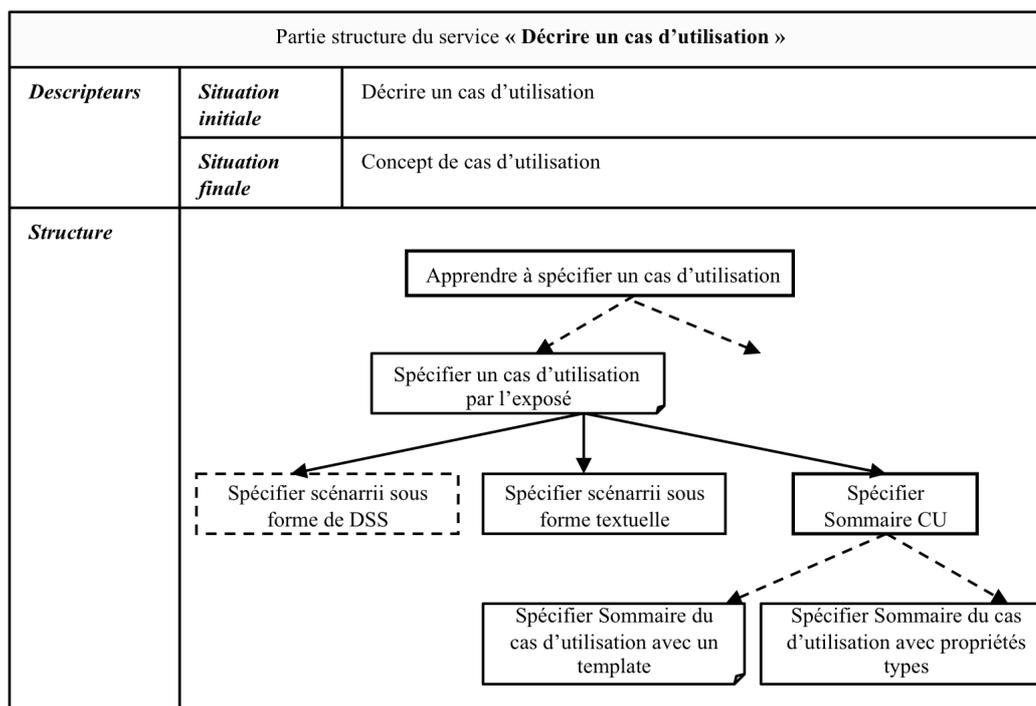


Figure 6.10 – Représentation de la partie « structure » du service « décrire un cas d'utilisation »

6.3.5 La partie « comportement » du service

La partie « comportement » correspond au niveau opérationnel du service pédagogique. Il s'agit de la partie effectivement fournie par le service et qui est exécutable par l'apprenant. Les concepts utilisés pour spécifier la partie « comportement » sont définis par le diagramme de classes de la figure 6.11. La partie « comportement » définit l'environnement d'exécution et les parcours d'apprentissage pour réaliser le but du service.

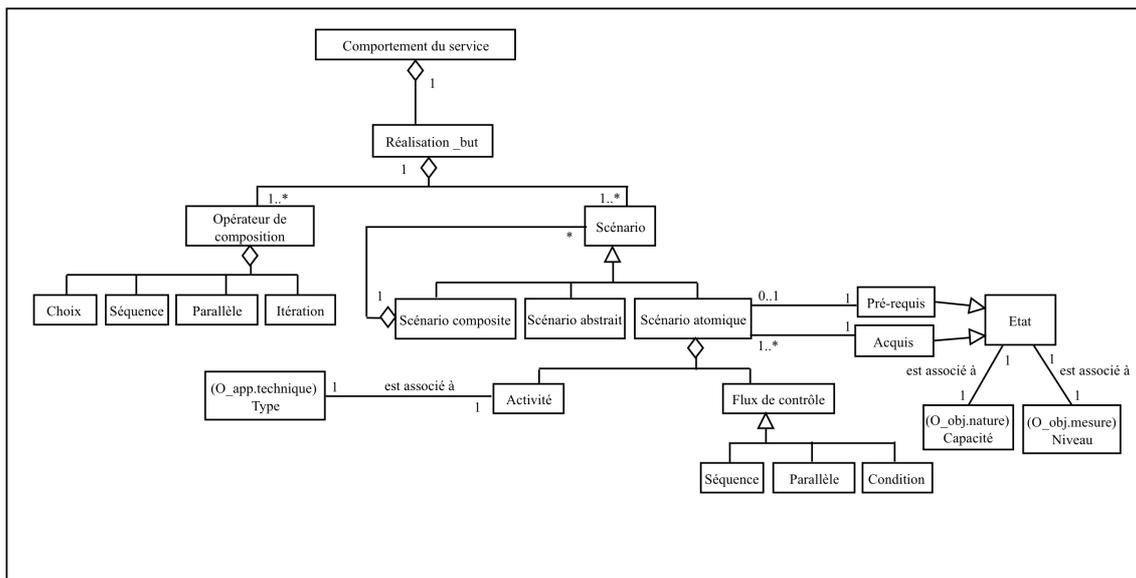


Figure 6.11 – Spécification de la partie « comportement » du service

6.3.5.1 La réalisation du but

La réalisation décrit un ensemble de parcours (ou processus exécutables) pour réaliser le but du service. Chaque parcours est conforme à la structure du service, c'est-à-dire qu'il permet de mettre en œuvre une décomposition possible (du but du service) décrite dans le graphe ET/OU. La réalisation précise les décompositions du but en définissant des ordonnancements (séquence, choix, ...). La partie comportement correspond ainsi à un niveau d'opérationnalisation « plus élevé » que la partie structure. Il est important de noter que si dans la partie structure, on exprime toutes les décompositions possibles du but du service, dans la partie comportement, on exprime pour chaque décomposition un ensemble de parcours. L'ensemble des parcours relatifs à toutes les décompositions est représenté par un graphe de parcours (GP).

Par exemple le graphe ET/OU à la figure 6.12 contient de façon implicite deux décompositions possibles pour réaliser le but du service « représenter un diagramme de cas d'utilisation ». En effet, ce graphe possède à la racine deux alternatives. D'un point de vue « exécution », chacune de ces deux décompositions induit plusieurs ordonnancements des sous-buts. Ainsi le graphe ET/OU (partie structure) exprime deux décompositions possibles du but et la partie comportement fournit cinq parcours différents.

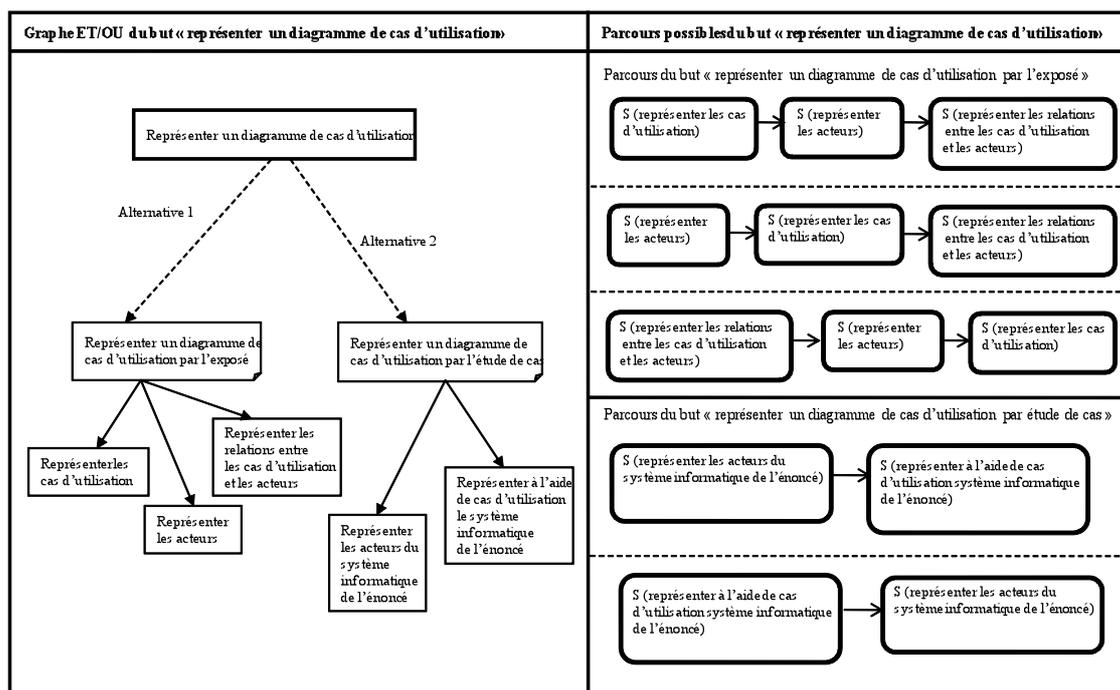


Figure 6.12 – Décomposition et parcours

6.3.5.1.1 Parcours et scénario

Un service fournit des parcours pédagogiques pour atteindre un but. Un parcours définit un processus d'apprentissage exécutable par un apprenant. Un parcours est obtenu en composant des scénarii. Dans un parcours il peut y avoir des scénarii atomiques, des scénarii composites et des scénarii abstraits.

6.3.5.1.2 Scénario atomique, scénario abstrait et scénario composite.

Les parcours pédagogiques sont exprimés en composant de manière récursive des scénarii.

→ **Scénario atomique** : un scénario atomique est ensemble non décomposable d'activités complètement définies et ordonnancées. Un scénario atomique opérationnalise un but simple. On désigne un scénario atomique par la convention S(but_simple) où but_simple désigne le but que le scénario opérationnalise.

Chaque scénario atomique est associé à un diagramme d'activités dans lequel les nœuds sont des activités pédagogiques que l'apprenant doit exécuter en mettant en œuvre des techniques pédagogiques. Un scénario atomique est un fragment de processus qui produit

un changement chez l'apprenant, plus précisément l'apprenant acquiert de nouvelles compétences. Ce changement est exprimé par des prérequis et des acquis.

- **Les prérequis et acquis** s'expriment en termes de capacités et de niveaux. La capacité est une compétence et le niveau précise le degré de cette compétence. La capacité et le niveau sont tous deux spécifiés en référence à l'ontologie des objectifs

°Les *prérequis* sont les pré-conditions nécessaires à l'utilisation du scénario.

°Les *acquis* correspondent au résultat (en termes de compétences acquises) du scénario.

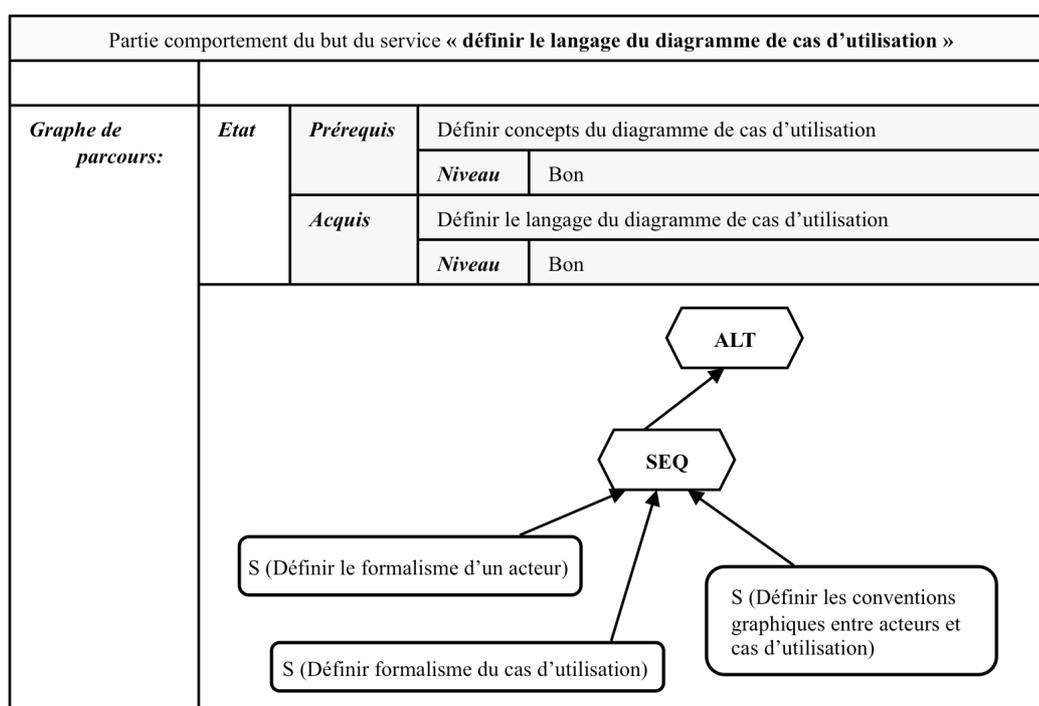


Figure 6.13 – Exemple de prérequis et d'acquis

L'exemple à la figure 6.13 montre les prérequis et les acquis du but « définir le langage du diagramme de cas d'utilisation ». Pour apprendre le langage, c'est à dire les conventions graphiques du diagramme de cas d'utilisation, il est nécessaire de connaître les concepts ; ainsi les concepts apparaissent en pré requis ; à ce prérequis est associé le niveau « bon ». Par ailleurs, une fois le but atteint, le langage apparaît en acquis, et ce à un niveau « bon ».

- **Diagramme d'activités.** Il s'agit d'une représentation graphique qui permet de décrire un scénario atomique. Nous utilisons le diagramme d'activités au sens d'UML 2 [Morley & al., 2007] et [Charroux & al., 2008]. Ce diagramme d'activités représente le déroulement d'un ensemble d'activités (ici pédagogiques) que l'apprenant devra exécuter pour réaliser en partie le but du service. Les éléments utilisés dans les diagrammes d'activités sont :

- Les activités, elles mettent en œuvre des techniques d'apprentissage (exposé, expérimentation, ...) définies en référence à l'ontologie des approches pédagogiques.
- Les flux de contrôle, ils correspondent à des liens entre les activités. Ces liens permettent de préciser l'enchaînement des activités dans le scénario. Ce sont des flux de contrôle de type séquence, parallèle et condition. Nous reprenons ici les types de flux de contrôle, leur sémantique et leur représentation proposés dans l'approche UML.

Exemple. On suppose un scénario atomique pour réaliser le but simple « définir le langage du diagramme de cas d'utilisation (DCU) ». Ce scénario est représenté par le diagramme d'activités de la figure 6.14.

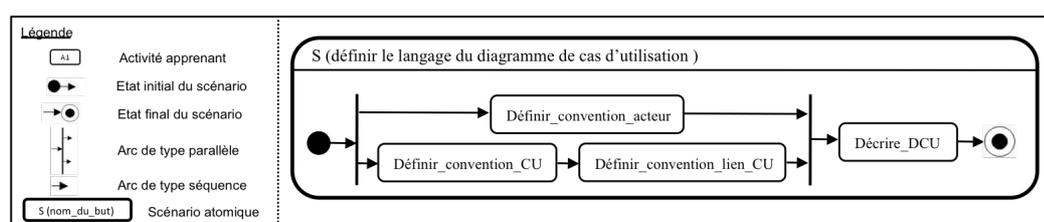


Figure 6.14 – Exemple simplifié de diagramme d'activités d'un scénario atomique

→ **Scénario abstrait :** Dans la définition d'un parcours pédagogique, les scénarii abstraits sont utilisés comme élément d'abstraction. Ce ne sont pas des fragments de processus directement exécutables et ils ne sont pas associés à une description détaillée sous forme d'activités. Cependant comme les scénarii atomiques, ils sont indécomposables. Ils sont utilisés pour faire référence à un scénario qui n'est pas connu au moment de la conception du service. Ces scénarii permettent de réaliser des buts abstraits. Ils seront substitués au moment de l'exécution, par un parcours, défini dans un autre service.

On désignera le scénario abstrait par la convention S(but_abstrait) où but_abstrait désigne un but abstrait apparaissant dans le graphe ET/OU du service.

Exemple. On suppose un scénario abstrait pour réaliser le but abstrait « définir_modèle_analyse ». Ce scénario utilisé dans un parcours sera substitué au moment de l'exécution par un parcours défini dans un autre service dont le but serait « définir_modèle_analyse par l'exposé » ou encore « définir_modèle_analyse par analogie ». Le choix est différé au moment où l'apprenant formule sa requête.

→ **Scénario composite** : les scénarii composites sont décomposables en sous-scénarii (composite ou non). Leur décomposition est spécifiée en utilisant les structures de contrôle telles que la séquence, l'alternative... Nous avons retenu les structures de contrôle proposées dans OWL-S [Martin & al., 2004] à savoir la séquence, la parallèle, le choix et l'itération. L'opérateur de séquence précise un ordre d'enchaînement des scénarii au moment de leur composition. La parallèle indique que les scénarii peuvent être utilisés de manière concurrente. Le choix implique la sélection exclusive d'un scénario. L'itération implique qu'un même scénario peut être utilisé de façon répétitive. Ces opérateurs (cf. figure 6.15) sont utilisés au moment de la composition pour organiser les scénarii et indiquer la manière avec laquelle les scénarii sont exécutés.

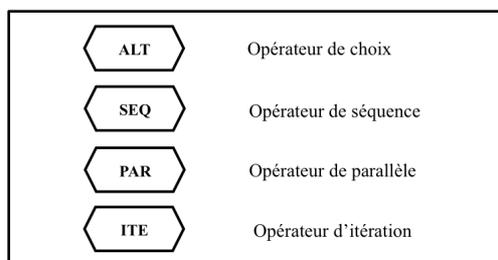


Figure 6.15 – Représentation graphique des opérateurs de composition

Exemple. On suppose un scénario composite (cf. figure 6.16.) composé en séquence de trois sous-scénarii atomiques. En composant de manière récursive des scénarii pour construire des parcours on obtient un graphe de parcours.

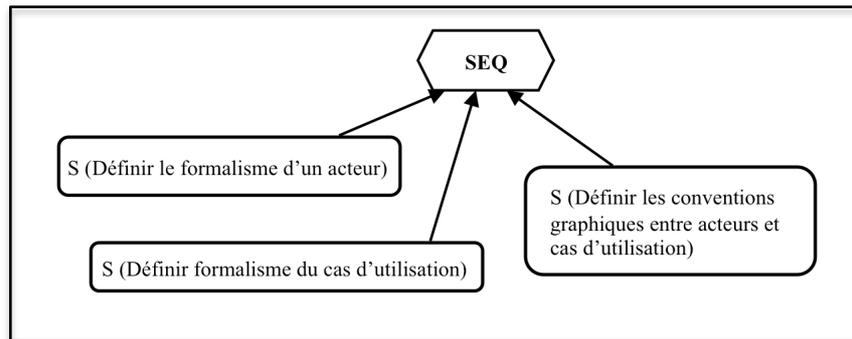


Figure 6.16 – Scénario composite utilisant l’opérateur de séquence

6.3.5.1.3 Graphe de parcours

Le graphe de parcours permet de représenter l’ensemble des parcours possibles fournis par un service. Dans ce graphe, les nœuds non terminaux sont les scénarii composites (SEQ, ALT,..) et les nœuds terminaux sont soit des scénarii atomiques soit des scénarii abstraits. Le nœud racine est un nœud de type choix, indiquant que le service fournit un ensemble de parcours alternatifs dont l’un sera choisi au moment de l’exécution. Nous présentons les conventions du graphe de parcours à la figure 6.17.

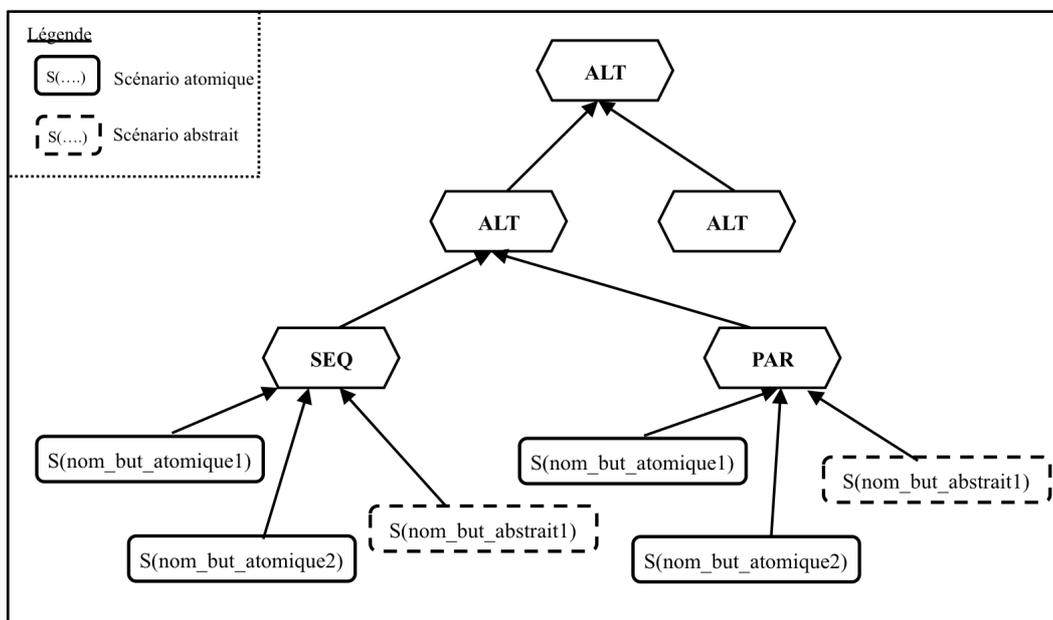


Figure 6.17 – Représentation graphique d’un graphe de parcours

Correspondance entre le graphe ET/OU et le graphe de parcours

Le graphe de décomposition de but (Graphe ET/OU) et le graphe de parcours ne sont pas complètement indépendants l'un de l'autre, cependant ils ne se déduisent pas l'un à partir de l'autre. La figure 6.17 montre sur la partie gauche un graphe ET/OU obtenu en décomposant un but. Rappelons que ce graphe exprime toutes les décompositions du but. La partie droite de la figure montre de manière partielle le graphe de parcours correspondant. Ce graphe ne « développe » qu'une décomposition du graphe de ET/OU. En effet la décomposition « spécifier une démarche de construction du diagramme de classes par l'exposé » à elle seule engendre plusieurs parcours car elle contient des alternatives et des structures.

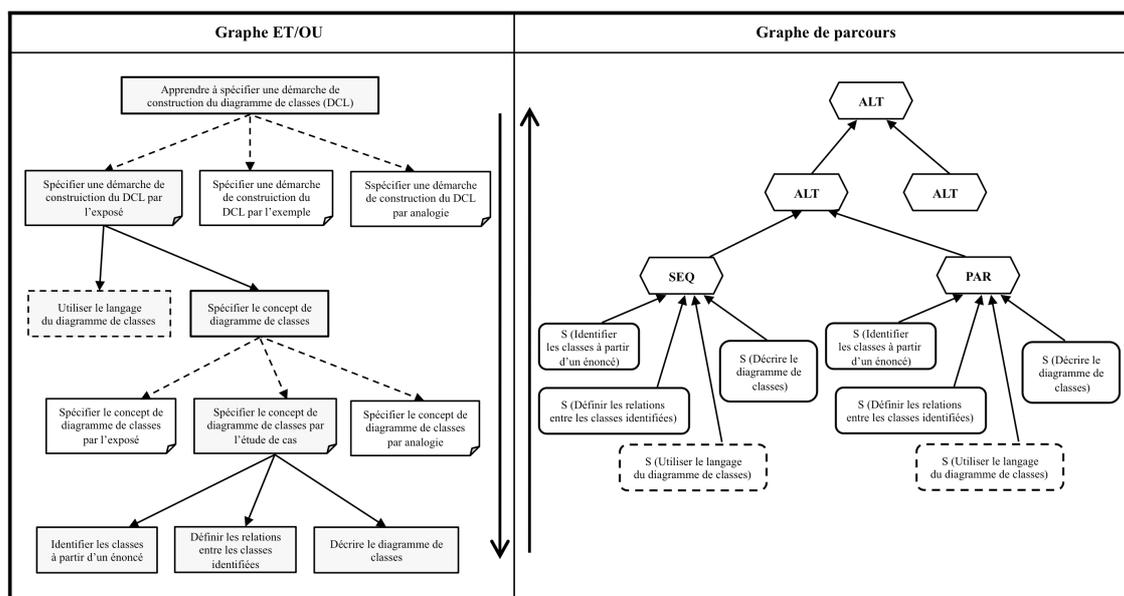


Figure 6.18 – Correspondance entre le graphe ET/OU et le graphe de parcours

Les parcours sont identifiés à partir du graphe de décomposition ET/OU. Chaque structure apparaissant dans la décomposition du but (graphe ET/OU) engendre la création d'un nœud « ALT » puisque une structure peut être réalisée en ordonnant ses éléments de différentes manières. Les buts simples du graphe ET/OU engendre chacun la définition d'un scénario atomique et d'un diagramme d'activités correspondant. Par ailleurs il est important de noter que le graphe ET/OU exprime différentes décompositions d'un même but et que le graphe de parcours exprime des parcours par composition de scénarii. La

« lecture » du graphe ET/OU et la « lecture » du graphe de parcours sont donc fondamentalement différentes.

6.3.5.2 Représentation graphique de la partie comportement

La partie comportement définit un ensemble de parcours disponibles dans le service. Elle est décrite par:

- i) Un graphe de parcours qui abstrait tous les parcours offerts par le service, ce graphe définit des parcours en composant des scénarii ;
- ii) Un diagramme d'activités pour chaque scénario atomique figurant dans le graphe de parcours.

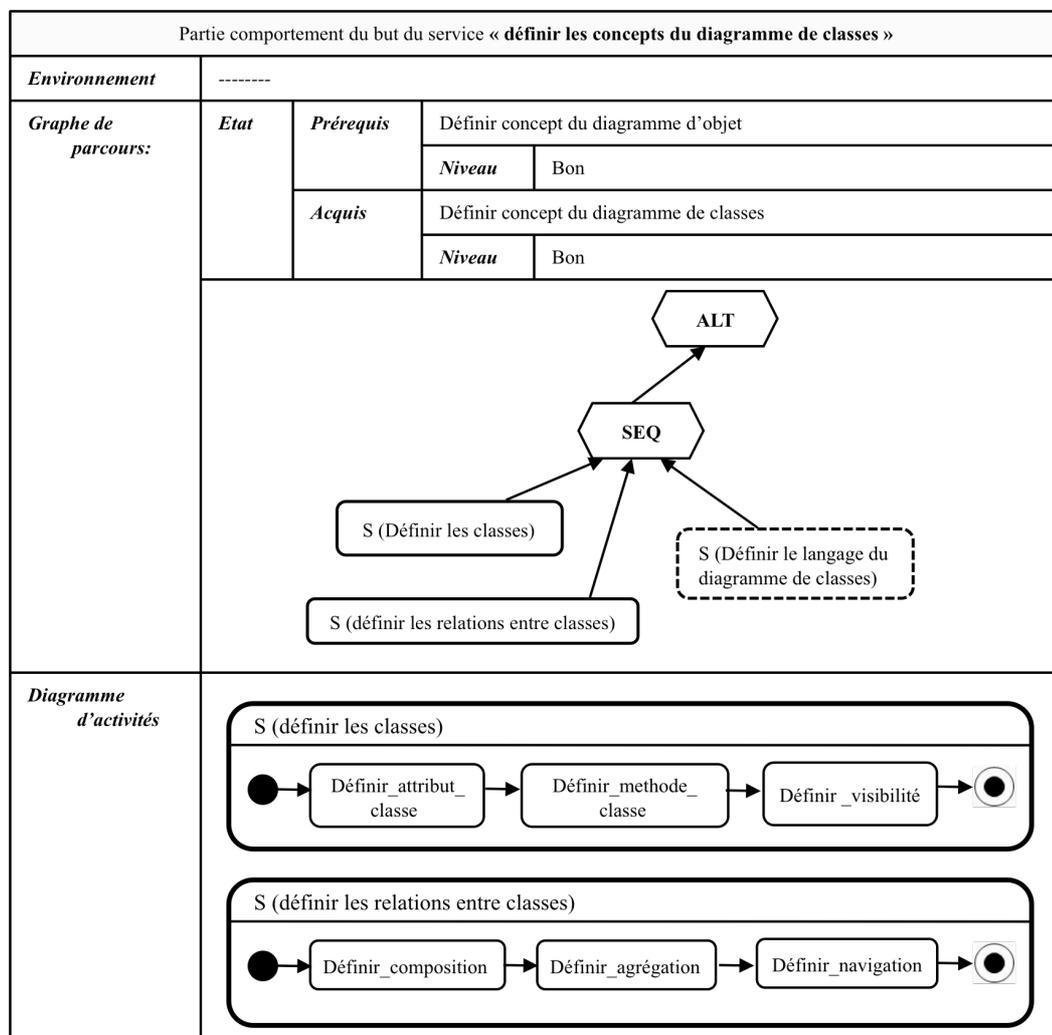


Figure 6.19 – Représentation de la partie comportement du service « définir les concepts du diagramme de classes »

6.3.6 Synthèse des concepts du modèle de service

Le tableau ci-dessous fournit une synthèse des concepts du modèle. Pour les trois parties composant la description d'un service, le tableau décrit l'objectif, les concepts du modèle utilisés et les représentations mises en œuvre.

	Objectif	Concepts du modèle	Représentation
Profil	Décrire la finalité du service	But; contexte d'utilisation; propriétés non fonctionnelles.	Termes structurés
Structure	Décrire les décompositions (ou plans) pour atteindre le but	Décomposition de buts ; buts simples, buts abstraits, buts décomposables, structure descripteur	Graphe ET/OU
Comportement	Décrire les parcours offerts par le service	Parcours ; scénario atomique, scénario abstrait, scénario composite	Graphe de parcours ; Diagramme d'activités.

Figure 6.20 – Tableau de synthèse des concepts du modèle POPS

6.4 Typologie des services pédagogiques.

Le modèle de services présenté dans la section précédente permet de spécifier des services pédagogiques simples ou très complexes en fonction du niveau d'abstraction du but définissant le service. Le modèle de services permet aussi de décrire à la fois des parcours pédagogiques prédéfinis et des parcours pédagogiques très flexibles. Dans cette section, nous présentons deux typologies de services, l'une est fonction de la nature de l'objectif du service et l'autre est basée sur le degré d'adaptation du service. La première met en avant la nature pédagogique des services, la seconde met en avant la nature adaptative des services. Ces deux typologies sont représentées à la figure 6.21.

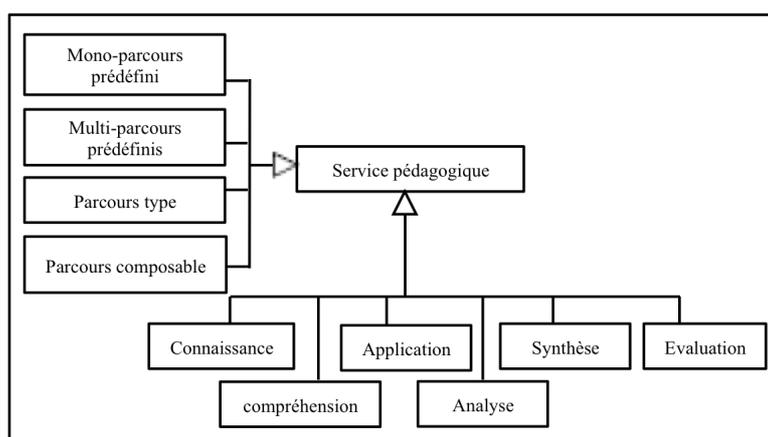


Figure 6.21 – Typologies des services pédagogiques

6.4.1 Typologie basée sur les objectifs des services

Cette typologie des services se base sur la classification des objectifs pédagogiques définie dans [Bloom, 1975]. Cette typologie propose six niveaux d'objectifs qui sont utilisés pour définir six types de services. Dans cette typologie, les services sont caractérisés en fonction du « résultat » qu'ils permettent d'obtenir ou du but qu'ils permettent d'atteindre. Dans notre contexte, les résultats s'expriment en termes d'acquisition de connaissances, de maîtrise de ces connaissances, de compétences, de capacités à analyser, à synthétiser et à évaluer.

Les services « connaissance ». Ces services proposent des fragments de parcours pour acquérir des connaissances. Dans le cadre de l'apprentissage de la méthode UML, ces services permettent d'acquérir les concepts de base de la méthode (concept de cas d'utilisation, de classe, ...). Ces services fournissent essentiellement des définitions de concepts.

Par exemple, le service « apprendre à définir le concept de cas d'utilisation » est un service qui permet l'acquisition des connaissances sur les concepts de cas d'utilisation, d'acteur, de relation « extend », « include »...

Les services « compréhension ». Ces services proposent des explications pour aider à comprendre et à maîtriser les définitions des concepts et les démarches. Ces services peuvent fournir des exemples d'illustrations, des analogies...

Par exemple, le service « expliquer le diagramme de cas d'utilisation par un exemple » est un service qui fournit un exemple de diagramme de cas d'utilisation et des commentaires.

Les services « application ». Ces services proposent des fragments de démarche pour aider à appliquer les concepts sur des situations particulières. Dans le cadre de l'apprentissage de la méthode UML, ces services montrent comment mettre en pratique les concepts acquis au travers de services de connaissances et de services de compréhension. Ces services fournissent par exemple une démarche pour construire un diagramme de cas d'utilisation. Ils fournissent aussi des « guidelines » ou des règles de bonnes pratiques pour appliquer les concepts de la méthode.

Par exemple, le service « fournir la capacité à appliquer la démarche de construction d'un diagramme de cas d'utilisation » est un service qui montre sur un exemple la construction pas à pas du diagramme de cas d'utilisation. Ce bout de démarche peut indiquer par exemple qu'il faut identifier les acteurs, que pour chaque acteur il faut identifier les cas d'utilisation...

Les services « analyse ». Ces services proposent des démarches pour développer des capacités d'analyse. Dans le cadre de l'apprentissage de la méthode UML, ces services fournissent des cas et des démarches pour les aborder.

Par exemple, le service « fournir la capacité à analyser un problème de conception de site web » est un service qui va proposer à l'apprenant une démarche et des modèles pour développer ce type de système d'information. Bien sûr ce type de service se base sur des services de type connaissance, compréhension et application.

Les services « synthèse ». Ces services proposent des parcours pédagogiques pour développer des capacités d'abstraction chez l'apprenant. Dans le cadre de l'apprentissage de la méthode UML, ces services peuvent aider à produire des « patterns de conception » c'est-à-dire des solutions type pour des problèmes récurrents de conception.

Par exemple, le service « apprendre à développer un pattern de conception pour décrire une structure générique d'objet complexe » décrit une démarche pour générer une structure générique à partir de plusieurs structures particulières d'objets complexes.

Les services « évaluation ». Ces services proposent des fragments de parcours pour apprendre à « faire le choix » en terme de solutions de conception et ce en fonction du contexte. Ces services pédagogiques permettent à l'apprenant de développer des capacités à pouvoir comparer des solutions ou des démarches. Dans le cadre de l'apprentissage de la méthode UML, ces services montrent comment faire le choix entre plusieurs possibilités de solutions.

Par exemple, le service « apprendre à évaluer les techniques de spécification des cas d'utilisation » explique que dans UML on peut spécifier les cas d'utilisation par des scénarii écrits en langage naturel, ou en langage semi-structuré ou encore avec des diagrammes de séquence. Le service devrait indiquer quel mode de spécification utilisé en fonction de situations types.

6.4.2 Typologie basée sur le degré de variabilité des services.

Le modèle de services offre différents mécanismes pour introduire de la flexibilité dans la spécification des parcours. Cette flexibilité permet au moment de l'utilisation des services de fournir aux apprenants des parcours personnalisés. Nous proposons dans cette section une typologie des services basée sur le degré de variabilité. Nous distinguons les services de type « mono-parcours prédéfini », les services de type « multi-parcours prédéfinis », les services de type « parcours type » et les services de type « parcours composable ».

6.4.2.1 Les services « mono-parcours prédéfini »

Les services de ce type ne proposent qu'un seul parcours complètement défini. Le but associé à ce type de service est soit simple (cas_a) soit il possède une seule décomposition possible définie au moment de la conception (cas_b). Cette décomposition ne fait apparaître que des buts simples associés chacun à un scénario atomique. L'agencement et l'ordonnancement est unique. Le graphe de parcours de ce type de service se réduit à un seul scénario atomique (cas_a) ou à une seule composition (ALT, SEQ...) de scénarii atomiques (cas_b). Ce service comporte soit un seul diagramme d'activités (cas_a) soit autant de diagrammes d'activités que de buts simples figurant dans la décomposition (cas_b).

Par exemple, le service « définir les concepts du diagramme de classes » a une seule décomposition possible ; le graphe de parcours est composé d'un seul scénario atomique dont les trois sous-butts sont simples: « apprendre à spécifier les classes », « apprendre à spécifier les relations entre classes », et « apprendre à représenter un diagramme de classes ». Ces trois buts simples sont associés à des scénarii atomiques (et donc chacun a un diagramme d'activités) dont la composition est prédéfinie par une séquence.

6.4.2.2 Les services « multi-parcours prédéfinis ».

Un service « multi-parcours prédéfini » est un service qui fournit plusieurs parcours mais la composition en scénarii de chacun est connue au moment de la conception du service. Ce type de service est associé à un but décomposable n'ayant qu'une seule décomposition, cependant cette décomposition peut engendrer différents parcours correspondant à des ordonnancements différents. Le graphe ET/OU définit obligatoirement une décomposition du but. La variabilité se trouve au niveau des parcours proposés par le service. Dans un tel service, le graphe de parcours contient un seul opérateur de choix de parcours situé à la racine du graphe. Il existe autant de diagrammes d'activités que de buts simples du graphe ET/OU.

Par exemple, le service apprendre à « représenter un diagramme de cas d'utilisation » est décrit par une seule décomposition possible ; le graphe de parcours est composé d'un seul scénario atomique dont les trois sous buts sont simples : « apprendre à formaliser un acteur », « apprendre à formaliser un cas d'utilisation » et « apprendre à formaliser les relations entre acteurs et cas d'utilisation ». Ce service fournit un graphe de parcours dans lequel les scénarii peuvent avoir plusieurs ordonnancements possibles pour réaliser le but du service. Ces multi-parcours sont définis au moment de la conception, toutefois au moment de l'exécution, le choix du parcours le plus adapté est guidé par le profil et les préférences de l'apprenant.

6.4.2.3 Les services « parcours type ».

Un service de type « parcours type » est un service pédagogique qui fournit des parcours correspondant à des stratégies d'apprentissage différentes. En général ce type de service est associé à un but ayant plusieurs décompositions possibles et dans lesquelles les buts constituants sont soit simples, soit décomposables. Dans ce type de service, le graphe de

parcours définit des parcours dont les scénarii composants sont complètement connus au moment de la conception du service. Au moment de l'exécution ce type de service engendre des choix en fonction du profil de l'apprenant.

Par exemple pour réaliser le but apprendre à « décrire les scénarii relatifs au cas d'utilisation », il suffit de réaliser un et un seul des sous buts constitutants ; soit le sous but apprendre à « décrire les scénarii de façon textuelle », soit le sous but apprendre à « décrire les scénarii par une représentation graphique ». L'exécution de ses sous-buts va donner lieu à deux parcours types différents pour réaliser le même but.

6.4.2.4 Les services « parcours composables »

Un service de type « parcours composable » est un service pédagogique qui fournit un ou plusieurs parcours pour lesquels la composition en scénarii n'est pas entièrement connue au moment de la conception du service. Ce type de service contient dans sa structure au moins un but abstrait. Dans le graphe de parcours, cela se traduit par l'existence d'un scénario abstrait. Au moment de l'exécution, ce type de service engendre la recherche d'un ou plusieurs autres services. Ces services assurent un fort degré de variabilité car ils permettent de prendre en compte les services disponibles (et ces services peuvent être créés et détruits à tout moment) au moment du traitement d'une requête pour proposer le parcours le plus adapté. Ce sont les services de ce type qui permettent de mettre en œuvre le principe de composition dynamique de services.

Par exemple, le service apprendre à « évaluer la démarche d'expression des besoins sur les cas d'utilisation » contient deux buts abstraits : « définir la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation » et « définir la démarche d'expression des besoins basée sur une approche orientée but ». L'utilisation d'un tel service se traduira par la recherche des « meilleurs » services pour réaliser ces buts abstraits.

6.4.2.5 Synthèse des quatre types de services et leurs correspondances

La figure 6.22 fournit une synthèse des quatre types de service avec des caractéristiques au niveau de leur structure et de leur comportement.

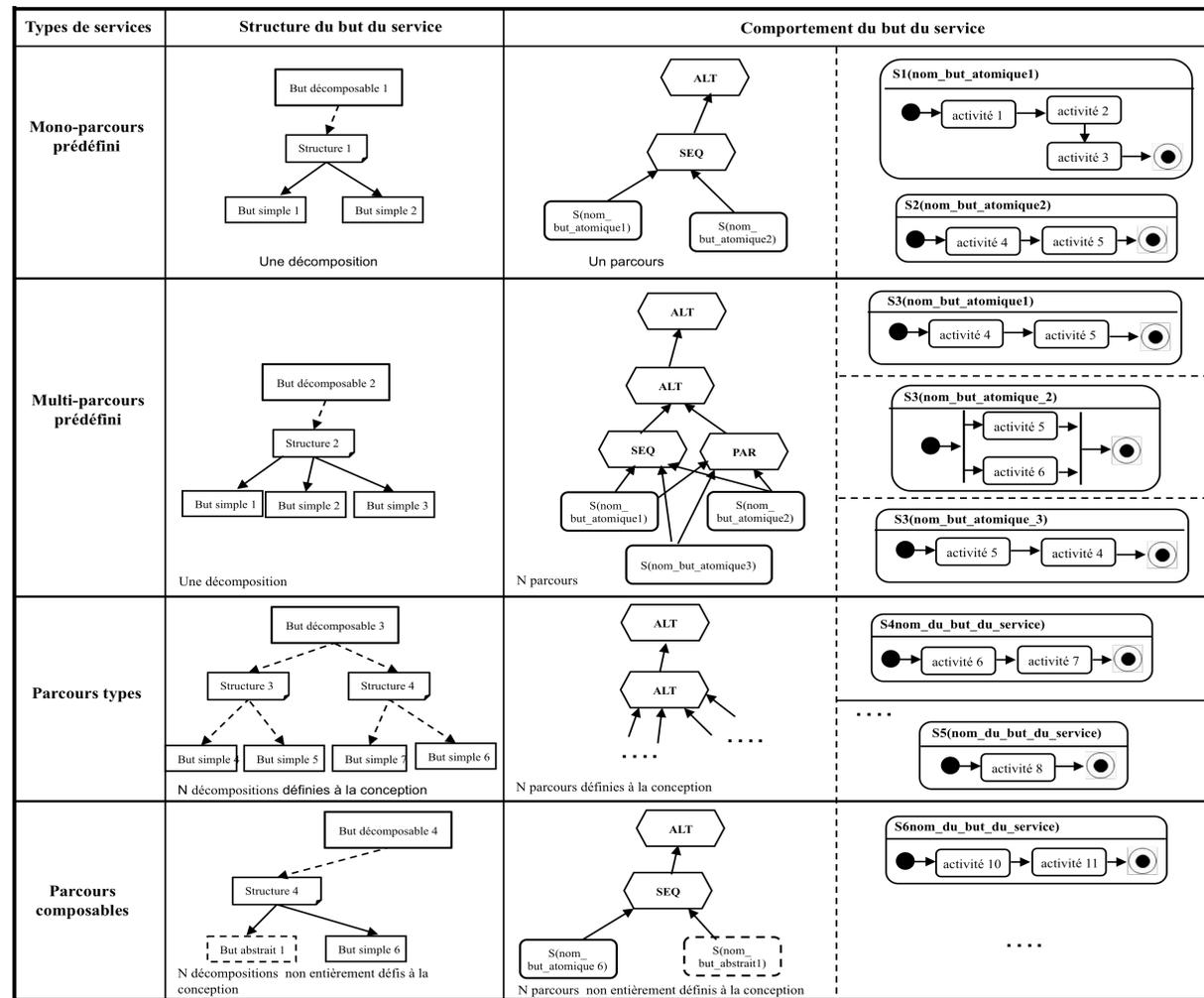


Figure 6.22 – Représentation synthétique des parties « structure » et « comportement » des services en fonction de leur type

6.4.2.6 Niveaux de flexibilité et types de personnalisation

Dans le modèle, le concept phare de la flexibilité est celui de but et de décomposition de but. En effet un but permet d'abstraire un ensemble de plans (décompositions) pour le réaliser. Ainsi raisonner sur les buts autorise à « différer » le choix d'un plan particulier pour les réaliser. La décomposition d'un but en sous-buts comporte deux niveaux de flexibilité :

- i) La décomposition peut ne pas être unique, il existe plusieurs manières différentes (plans) pour atteindre un même but,
- ii) Les sous-buts entrant dans la décomposition d'un but peuvent être opérationnalisés avec des ordonnancements différents.

Dans un service, on peut associer à un même but plusieurs plans et plusieurs parcours pour le réaliser. Le choix d'un plan et le choix d'un parcours se font au moment où l'on cherche à satisfaire une intention d'un apprenant. Ainsi dans POPS, les services sont adaptables.

Le concept de but abstrait et le concept de scénario abstrait introduisent un autre niveau de flexibilité. Ils permettent de concevoir des parcours « à trous », c'est-à-dire des parcours qui ne sont pas complètement définis au moment de la conception. C'est au moment où l'on cherche à satisfaire une intention d'un apprenant que l'on remplace un but abstrait par un service qui permet de l'atteindre, le choix du service se fait en fonction de l'intention de l'apprenant et de la situation d'apprentissage. L'utilisation de buts abstraits permet une construction dynamique et adaptable de parcours pédagogiques.

	<i>Niveau de flexibilité</i>	<i>Type d'adaptation personnalisation</i>	<i>Concepts du modèle de service mis en oeuvre</i>
Service de type “mono parcours prédéfini”	Aucune	Aucune	But simple
Service de type “multi parcours prédéfini”	Une décomposition définie à la conception; Plusieurs parcours définis à la conception.	Par la sélection de parcours	But, décomposition du but en sous-buts, but simple; Scénario atomique, plusieurs compositions différentes des scénarii atomiques.
Service de type “parcours type”	Plusieurs décompositions définies à la conception; Plusieurs parcours définis à la conception.	Par la sélection de décomposition; Par la sélection de parcours.	But, décomposition du but en sous-buts; Scnario composite, scénario atomique.
Service de type “parcours composable”	Décomposition et parcours non entièrement définis à la conception; La construction du parcours dynamique.	Par composition	But, but abstrait, décomposition du but en sous-buts; Scénario composite, scénario atomique et scénario abstrait.

Figure 6.27 : Niveaux de flexibilité et types de personnalisation

6.5 Conclusion

Ce chapitre a présenté le modèle de services pédagogiques. Ce modèle permet de concevoir des services centrés sur la définition de processus pour atteindre des buts. La description d'un service comporte trois parties qui sont complémentaires. La *partie profil* décrit le service à un niveau intentionnel, cette partie met l'accent sur la finalité du service ; elle est exprimée par un but. La *partie structure* décrit des décompositions du but correspondant à différents plans pour l'atteindre. Cette partie est exprimée par un graphe ET/OU de buts. Enfin la *partie comportement* décrit des parcours à un niveau opérationnel ou exécutable par un apprenant. Cette partie est exprimée par un graphe de parcours et des diagrammes d'activités.

En faisant référence aux ontologies du sujet d'enseignement et de la pédagogie, le modèle permet de décrire les services à un niveau sémantique. Des éléments de nature pédagogique relatifs par exemple au style d'apprentissage, au niveau de compétence que le service permet d'atteindre, peuvent être utilisés aux trois niveaux de spécification des services.

Le modèle permet de décrire des services adaptables. A travers les notions de but, de décomposition de buts et de but abstrait, le modèle fournit des mécanismes puissants pour exprimer des processus flexibles permettant la personnalisation au moment de leur utilisation. La flexibilité porte à la fois sur les parcours (plusieurs parcours pour atteindre un même but) et sur la composition des parcours (plusieurs manières de composer les parcours pour atteindre un même but).

La description sémantique et adaptable des services prend tout son intérêt au moment de la construction de parcours personnalisés. Cette construction est traitée dans le chapitre 8.

CHAPITRE 7

LES ONTOLOGIES DANS POPS

« Depuis des temps très anciens, les hommes ont cherché un langage à la fois universel et synthétique, et leurs recherches les ont amenés à découvrir des images, des symboles qui expriment, en les réduisant à l'essentiel, les réalités les plus riches et les plus complexes.

Les images, les symboles parlent ils ont un langage. »

O.M. AIVANHOV

« L'importance d'un artiste se mesure à la qualité de nouveaux signes qu'il aura introduits dans le langage plastique. »

Louis ARAGON

SOMMAIRE

7.1 Introduction	146
7.2 Approche générale des ontologies dans POPS	146
7.2.1 Les types d'ontologie utilisés	146
7.2.2 Les ontologies et leurs relations	147
7.2.3 Langages de description des ontologies dans POPS	149
7.3 Les ontologies du domaine d'enseignement	151
7.3.1 La « méta-ontologie » du domaine d'enseignement (O_dom)	151
7.3.2 L'ontologie du domaine d'enseignement d'UML (O_uml).	152
7.4 Les ontologies relatives à la pédagogie	154
7.4.1 L'ontologie des objectifs (O_obj)	154
7.4.2 L'ontologie des acteurs (O_act).	158
7.4.3 L'ontologie des approches pédagogiques (O_app)	160
7.4.4 L'ontologie des ressources (O_res)	162
7.5 Le rôle des ontologies dans POPS	163
7.5.1 La recherche de services dans un contexte Web	164
7.5.2 La description sémantique des services	164
7.5.3 Réduire la distance entre les besoins des apprenants et les services disponibles	166
7.5.4 Guider et automatiser la recherche et la composition des services	166
7.6 Conclusion	167

7.1 Introduction

Ce chapitre présente les ontologies proposées dans le cadre d'ingénierie pédagogique POPS. L'utilisation des ontologies permet une description sémantique des services pédagogiques. C'est sur la base de cette description que l'on peut envisager une automatisation partielle de la recherche et de la composition des services pour générer des parcours personnalisés. Dans POPS, les ontologies fournissent aussi un vocabulaire commun qui peut être utilisé à la fois par les enseignants lors de conception de services et par les apprenants lors de leurs requêtes pour utiliser les services.

L'approche est basée sur une ontologie de domaine et une ontologie de tâches, la première est relative au domaine du sujet enseigné, la seconde est relative à la pédagogie. Cette dernière permet de définir un ensemble de termes portant sur quatre dimensions de la pédagogie : la dimension « objectif », la dimension « acteur », la dimension « approche pédagogique », et la dimension « ressource ».

Dans ce chapitre, nous introduisons dans *la section 7.2* les types d'ontologies utilisés dans POPS, dans *les sections 7.3 et 7.4*, nous détaillons respectivement l'ontologie du domaine de l'enseignement et l'ontologie de la pédagogie. Dans *la section 7.5*, nous soulignons les apports de leur utilisation dans le contexte de la description des services pédagogiques et de la génération de parcours.

7.2 Approche générale des ontologies dans POPS

7.2.1 Les types d'ontologie utilisés

En référence à la typologie présentée dans le chapitre quatre [Psyché, 2003], l'approche utilise deux types d'ontologies : une ontologie du domaine relative au sujet d'enseignement et une ontologie de tâche relative à la pédagogie. Ces deux ontologies sont basées sur l'idée que dans la description de services et la construction de parcours, nous mettons en œuvre deux types de connaissances :

- i) *La connaissance sur le sujet d'enseignement*, par exemple la connaissance relative à l'enseignement d'un langage de programmation, à l'enseignement d'une méthode de conception, ...

ii) *La connaissance sur les approches pédagogiques*, c'est-à-dire sur la manière d'enseigner, sur les objectifs à atteindre et les ressources pédagogiques à utiliser.

Partant de cette hypothèse, nous avons défini deux types d'ontologie : une ontologie de domaine et une ontologie de tâches. **L'ontologie de domaine** permet de décrire les concepts du sujet enseigné, il existe une ontologie de ce type pour chaque sujet d'enseignement. **L'ontologie de tâche** définit un vocabulaire pour décrire les tâches de l'enseignement. Cette ontologie propose un ensemble de termes pour spécifier les objectifs, les méthodes et les ressources pédagogiques.

Afin de rendre l'approche indépendante du sujet d'enseignement, nous avons défini une **méta-ontologie de domaine**. L'instanciation de cette méta-ontologie permet d'obtenir des ontologies de domaine ciblées sur un sujet d'enseignement particulier. Dans le cadre de ce chapitre, nous donnons une instance particulière, celle relative au sujet d'enseignement du langage UML.

7.2.2 Les ontologies et leurs relations

Nous organisons l'ensemble des ontologies proposées en deux groupes, celles qui relèvent du domaine du sujet d'enseignement et celles qui relèvent de la pédagogie (cf. figure 7.1).

Les ontologies relatives au sujet d'enseignement. Ce groupe d'ontologies contient une méta-ontologie de domaine (O_dom) et des ontologies de sujets d'enseignement particuliers. (O_uml) (ontologie pour l'enseignement du langage UML) et (O_poo) (ontologie pour l'enseignement de la programmation orientée objet) sont deux exemples d'ontologies de sujets d'enseignement. La méta-ontologie est indépendante d'un sujet d'enseignement particulier. Elle permet de définir une structure générale pour décrire tous les sujets d'enseignement. Elle suggère de décrire un sujet d'enseignement en termes d'éléments à enseigner et de relations entre éléments. La méta-ontologie est utilisée pour produire les ontologies relatives aux différents sujets d'enseignement. Par exemple l'ontologie du sujet d'enseignement UML (O_uml) est une instance de la méta-ontologie de domaine.

Les ontologies relatives à la pédagogie. Ce groupe d'ontologies structure les connaissances pédagogiques autour de quatre dimensions :

- ***L'ontologie des objectifs.*** Cette ontologie définit un vocabulaire sur les objectifs pédagogiques et leur niveau. Dans cette ontologie les objectifs pédagogiques sont représentés sous forme de verbes associés à un élément du domaine d'enseignement. L'ontologie fournit une typologie des objectifs basée sur le niveau de compétence qu'ils permettent d'atteindre. Cette ontologie a un rôle central, elle permet de décrire le but des services pédagogiques (cf. chapitre 6) et elle fournit aux apprenants une aide pour formuler leur requête.
- ***L'ontologie des acteurs.*** Elle définit un ensemble de connaissances sur les acteurs de l'enseignement (enseignants, tuteurs, apprenants, ...). Dans cette ontologie, nous nous intéressons dans le cadre de ce travail uniquement aux acteurs de type apprenant. Il s'agit de connaissances correspondant par exemple à des compétences, à des préférences... Cette ontologie est utilisée pour spécifier le profil d'apprenant visé par l'utilisation d'un service.
- ***L'ontologie des approches pédagogiques.*** Elle définit une terminologie commune pour la description des stratégies, des méthodes et des techniques pédagogiques nécessaires à la réalisation des objectifs d'apprentissage. Cette ontologie est notamment utilisée pour décrire les styles d'apprentissage mis en œuvre par les services mais aussi les préférences en matière de style pédagogique des apprenants.
- ***L'ontologie des ressources.*** Elle définit un vocabulaire commun pour la description des contenus pédagogiques mis en œuvre par le processus d'apprentissage. Cette ontologie est utilisée en particulier pour spécifier le contexte des services.

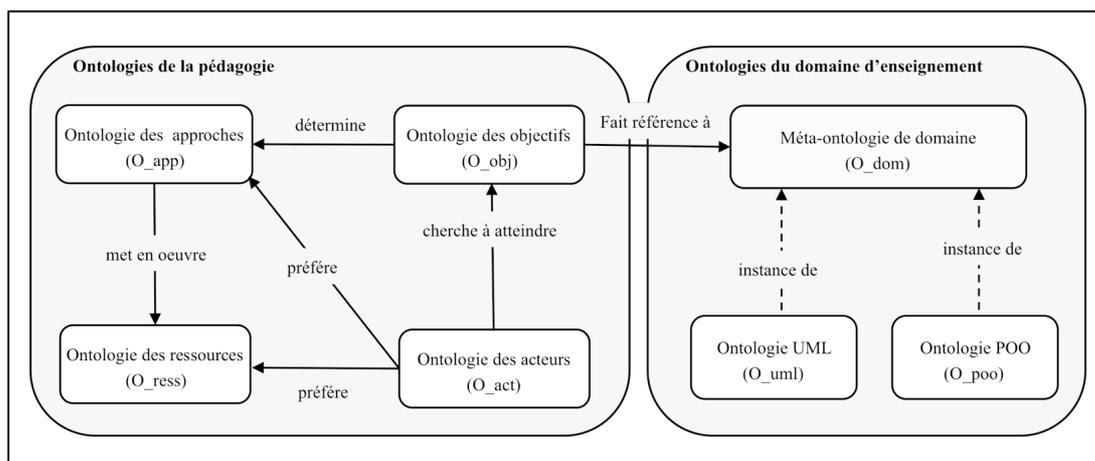


Figure 7.1 – Ontologies et relations entre les ontologies dans POPS.

Les objectifs pédagogiques sont réalisés pour le compte d'acteurs qui sont ici les apprenants. Un objectif pédagogique détermine des approches pédagogiques qui permettent de l'atteindre. Une approche pédagogique met en œuvre des ressources. Ces dépendances entre ontologies se traduisent par des liens d'importation qui permettent à une ontologie d'utiliser les concepts et les instances d'une autre ontologie. Les cinq ontologies interviennent dans la description des services pédagogiques et une même ontologie peut être utilisée à différents niveaux (Profil, organisation et comportement) de la description des services.

7.2.3 Langages de description des ontologies dans POPS

Les ontologies sont élaborées à l'aide du langage OWL [Bechhofer & al., 2004] et [Lacot, 2005]. Le langage OWL définit une ontologie par un ensemble de classes, d'instances et de propriétés :

- **Les classes** représentent les concepts qui composent le domaine représenté. La notion de classe permet de regrouper plusieurs termes relatifs à un même concept. Les termes d'une même classe possèdent des caractéristiques similaires. Les classes peuvent être liées par une relation d'héritage.
- **Les instances** correspondent aux termes d'une classe. Par analogie, la notion d'instance est assimilée à la notion d'objet d'une classe en programmation orientée objet.

- **Les propriétés** permettent, d'une part, d'ajouter des caractéristiques aux instances en définissant des attributs (comme par exemple, les attributs « nom » et « prénom » de type « chaîne de caractère » qui caractérisent les instances de la classe « humain ») et, d'autre part, de définir des relations entre les classes et les instances, des relations entre les classes et des relations entre les instances. Il est possible d'ajouter des précisions sur les relations en indiquant les cardinalités ainsi que leur nature (équivalence, symétrie, ...).

Il faut noter qu'il peut exister des liens entre ontologies. En effet, une ontologie peut utiliser des classes et des instances définies dans une autre ontologie.

Pour représenter graphiquement une ontologie, nous nous basons sur un ensemble de conventions dont certaines ont été proposées dans [Guzélian, 2007].

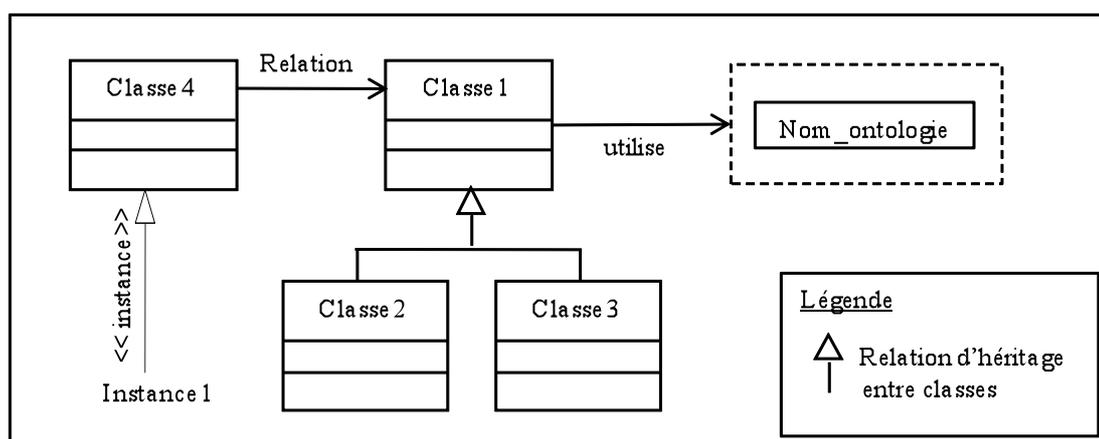


Figure 7.2 – Conventions graphiques utilisées pour visualiser les ontologies [Guzélian, 2007]

Dans les sections suivantes, nous présentons de façon plus détaillée six ontologies : la méta-ontologie du domaine d'enseignement (O_dom) et une de ses instances (O_uml), ainsi que les quatre sous-ontologies de la pédagogie : l'ontologie des objectifs pédagogiques (O_obj), l'ontologie des acteurs (O_act), l'ontologie des approches pédagogiques (O_app) et l'ontologie des ressources (O_res).

7.3 Les ontologies du domaine d'enseignement

Pour assurer une certaine généralité du cadre conceptuel, nous proposons pour décrire le domaine d'enseignement une méta-ontologie à partir de laquelle, on peut générer des ontologies relatives à des sujets particuliers. Nous présentons dans cette section cette méta-ontologie et une de ses instances.

7.3.1 La « méta-ontologie » du domaine d'enseignement (O_dom)

Nous supposons que les domaines d'enseignement sont composés d'éléments et qu'il peut y avoir des relations entre les domaines d'enseignement. Par exemple, le domaine d'enseignement relatif au langage UML est composé des éléments « classe », « cas d'utilisation », ... et ce domaine, du point de vue de l'enseignement, a une dépendance avec le domaine de la programmation objet.

Les éléments d'un domaine d'enseignement sont structurés en trois parties, les concepts d'enseignement, les éléments de langage et les éléments de démarche.

Les relations entre les domaines définissent les liens entre un domaine origine et un domaine cible. Ces relations peuvent être de type proximité, pré requis, composition...

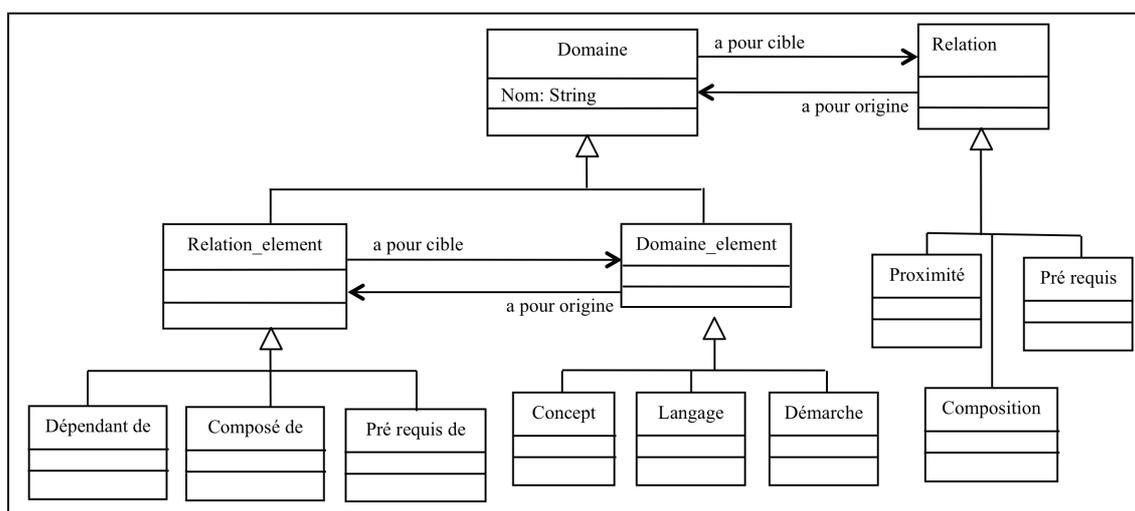


Figure 7.3 – Méta-ontologie du domaine d'enseignement (O_dom)

Il faut noter que la généralité de cette méta-ontologie est tout à fait relative, en effet cette ontologie ne pourrait pas être utilisée pour construire par exemple des instances

d'ontologies pour l'enseignement de la lecture ou de l'écriture. Elle ne s'applique que si le sujet d'enseignement peut être structuré en concepts, langage et démarche.

7.3.2 L'ontologie du domaine d'enseignement d'UML (O_uml).

L'enseignement du langage UML peut être considéré comme un sujet d'enseignement particulier. Sa représentation au moyen d'une ontologie est obtenue par instanciation de la méta-ontologie (cf. figure 7.4).

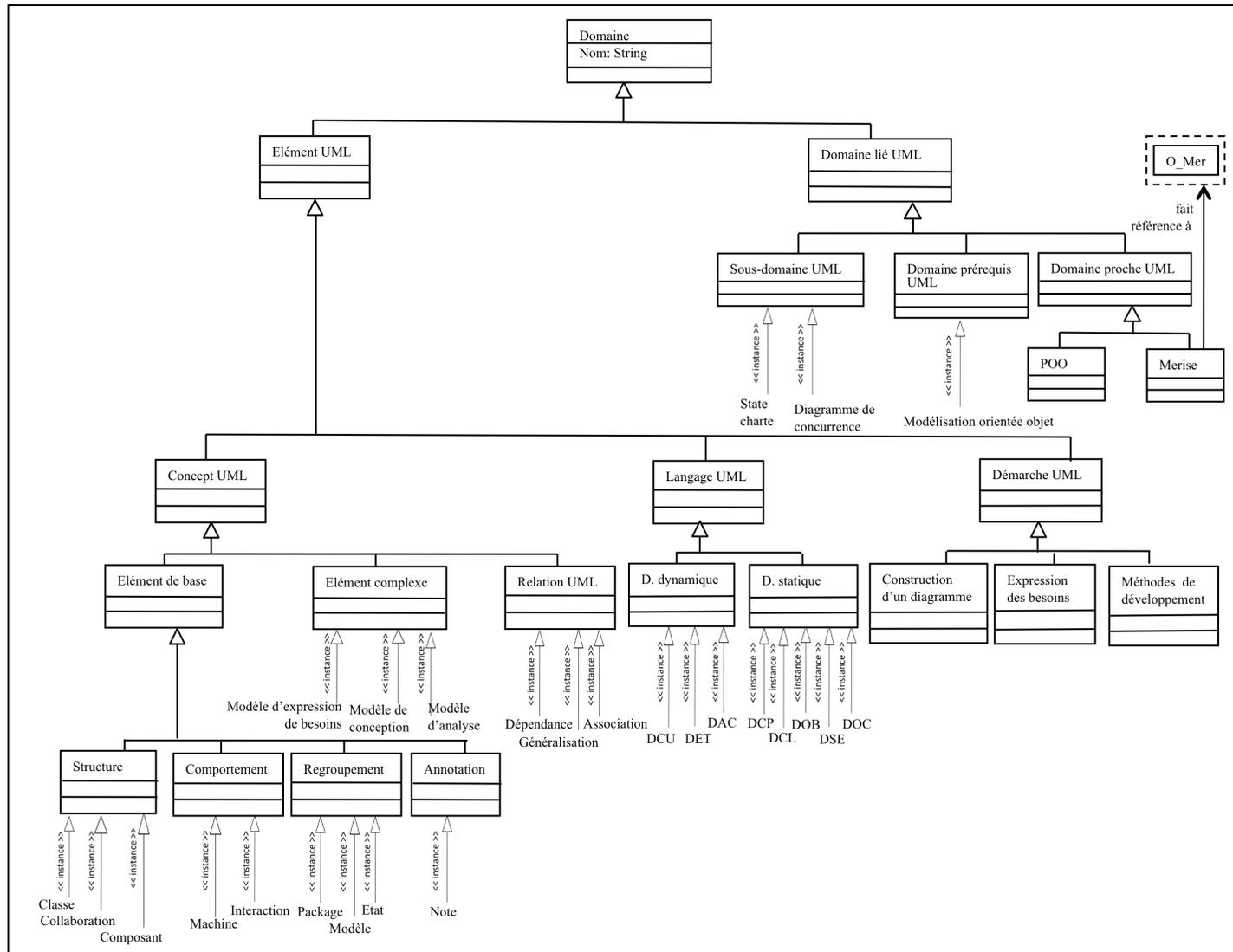


Figure 7.4 – Ontologie simplifiée du domaine d'enseignement UML (O_uml)

7.4 Les ontologies relatives à la pédagogie

Dans les sections suivantes, nous présentons les quatre ontologies relatives au domaine de la pédagogie: l'ontologie des objectifs (O_obj), l'ontologie des acteurs (O_act), l'ontologie des ressources (O_res) et l'ontologie des approches pédagogiques (O_app).

7.4.1 L'ontologie des objectifs (O_obj)

L'ontologie des objectifs fournit une classification des objectifs pédagogiques. Les objectifs sont des buts que les apprenants cherchent à atteindre. L'ontologie des objectifs est appelée (O_obj), elle est représentée sur la figure 7.6 selon les conventions définies à la section 7.2. Un objectif a une nature (qui est son type) et un sujet défini par un élément du domaine d'enseignement ; il est mesurable par un degré de satisfaction. La nature d'un objectif précise son type conformément à la taxonomie de Bloom [Bloom, 1975]. Les six types de cette taxonomie sont organisés en niveaux et sont rappelés sur la figure 7.5. Il s'agit des types « connaissance », « compréhension », « application », « analyse », « synthèse » et « évaluation ». L'organisation en niveaux induit un ordonnancement dans lequel les buts de niveaux supérieurs ne peuvent être atteints que lorsque ceux des niveaux inférieurs ont été réalisés. Entre les classes de buts, nous indiquons ainsi le lien « contribue »

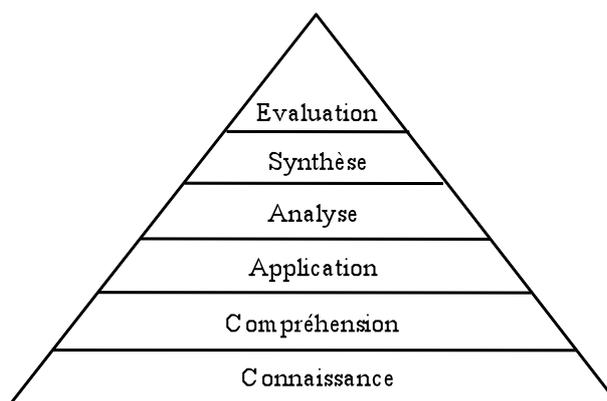


Figure 7.5 – Les niveaux hiérarchiques des objectifs

Cette typologie des objectifs a été utilisée dans le chapitre 6 pour définir une typologie des services pédagogiques.

Chaque type d'objectif est associé à un ensemble de verbes qui peuvent être utilisés pour formuler les objectifs de ce type. Nous définissons ci-dessous les six classes d'objectifs de l'ontologie et nous donnons des exemples d'objectifs définis sur le sujet d'enseignement UML. Notons que dans l'expression des objectifs pédagogiques, l'ensemble des verbes sont implicitement précédés du verbe « apprendre à ».

Les verbes qui relèvent du niveau « connaissance » concernent des activités qui visent à développer des capacités de mémorisation et de restitution des éléments du domaine.

Dans cette classe, figurent par exemple les verbes « définir », « identifier », « décrire »...

Dans le cadre de l'enseignement d'UML, des verbes de cette classe pourraient être utilisés pour définir les buts suivants :

Exemple 7.1. But : définir le concept d'acteur d'un cas d'utilisation.

Exemple 7.2. But : décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes.

Les verbes qui relèvent du niveau « compréhension », visent à développer des capacités pour traduire et pour interpréter de l'information en fonction de ce qui a été appris. Dans cette classe, figurent les verbes « expliquer », « formaliser », « distinguer ». Dans le cadre de l'enseignement d'UML, ces verbes peuvent être utilisés pour décrire les deux buts ci-dessous :

Exemple 7.3. But : expliquer le diagramme de cas d'utilisation.

Exemple 7.4. But : distinguer un diagramme de classes et un diagramme d'objets.

Les verbes, qui relèvent du niveau « application », concernent des activités d'apprentissage centrées sur le transfert des connaissances acquises pour réaliser une tâche ou résoudre un problème. Dans cette classe, figurent les verbes « construire », « représenter », « appliquer ». Dans le cadre de l'enseignement d'UML, ces verbes peuvent être utilisés pour décrire les deux buts ci-dessous.

Exemple 7.5. But : appliquer la démarche de construction d'un diagramme de cas d'utilisation.

Exemple 7.6. But : construire un diagramme d'activités

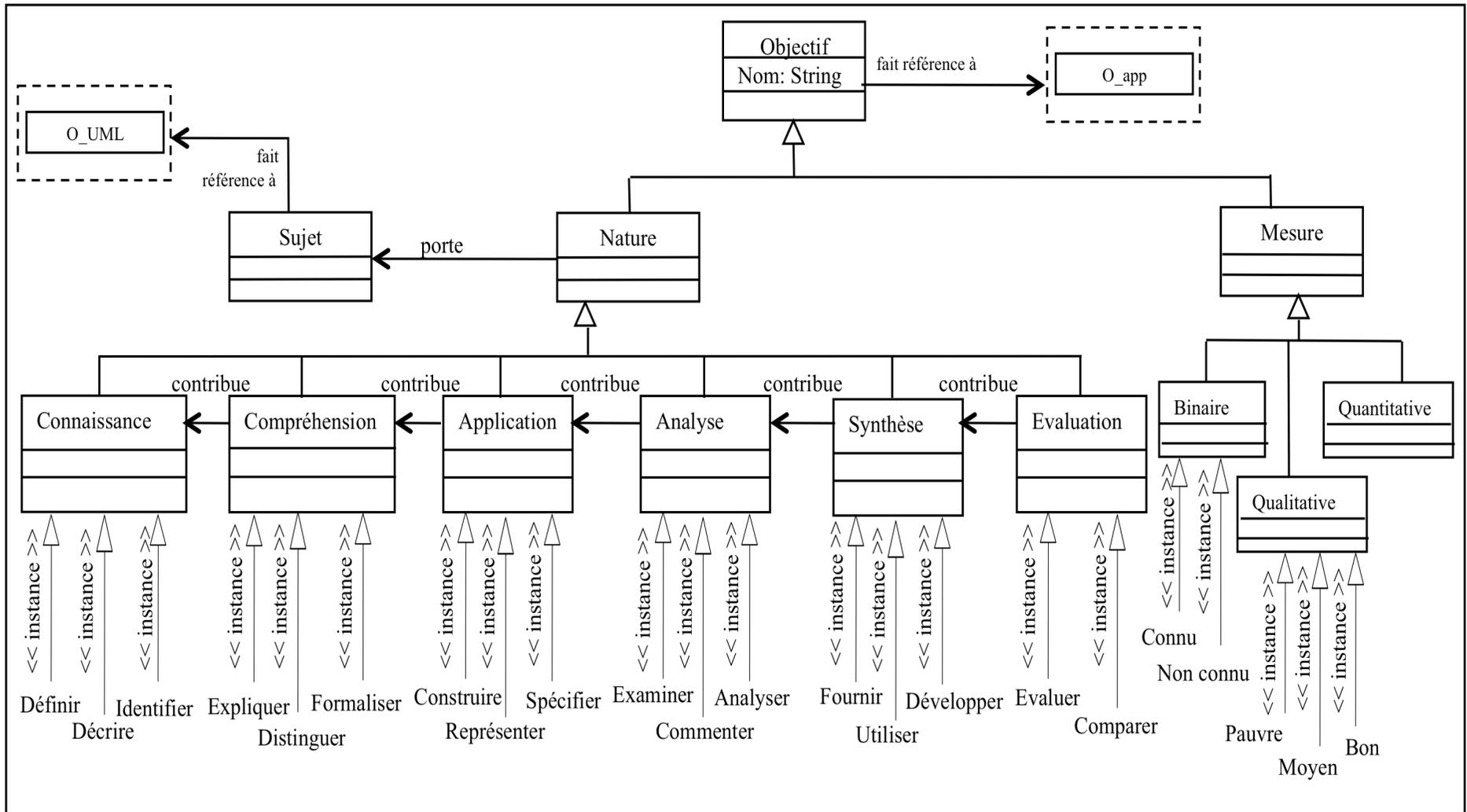


Figure 7.6 – Ontologie des objectifs pédagogique (O_obj)

Les verbes qui relèvent du niveau « analyse », concernent des activités orientées sur la mise en relation des faits et de la structure d'un énoncé ou d'une question. Dans cette classe, figurent les verbes « examiner », « analyser », « interpréter »... Dans le cadre de l'enseignement du langage UML, ces verbes peuvent être utilisés pour formuler les deux buts ci-dessous.

Exemple 7.7. But : Examiner un cas d'utilisation pour identifier des besoins fonctionnels et des besoins non fonctionnels.

Exemple 7.8. But : Analyser un diagramme d'activités pour diagnostiquer un processus métier.

Les verbes, qui relèvent du niveau « synthèse », concernent des activités qui permettent de développer des capacités d'abstraction ou d'utiliser des connaissances issues de plusieurs domaines. Dans cette classe, figurent les verbes « fournir », « utiliser », « configurer »... Dans le cadre de l'enseignement du langage UML, ces verbes peuvent être utilisés pour décrire les deux buts ci-dessous :

Exemple 7.9 But : utiliser un diagramme de classes pour présenter un « pattern » pour la conception d'une structure générique d'objet complexe.

Exemple 7.10 But : utiliser un diagramme état/transition pour compléter un diagramme de classes.

Les verbes, qui relèvent du niveau « évaluation », concernent des activités qui doivent développer chez l'apprenant des capacités à évaluer et à faire des choix en termes de solutions de conception. Dans cette classe, figurent les verbes « évaluer », « estimer », « critiquer », « comparer ». Dans le cadre de l'enseignement du langage UML, ces verbes peuvent être utilisés pour décrire les deux buts ci-dessous :

Exemple 7.11 But : évaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation

Exemple 7.12 But : comparer la spécification des scénarios basée sur le langage naturel avec celle basée sur le diagramme de séquence.

Cette ontologie introduit aussi des connaissances relatives à la mesure du degré de satisfaction d'un objectif. L'ontologie propose plusieurs types de mesure et des valeurs associées.

7.4.2 L'ontologie des acteurs (O_act).

L'ontologie des acteurs (figure 7.7) définit un ensemble de connaissances pour spécifier les différents éléments relatifs à la description des acteurs (apprenant, enseignant, tuteur, référant, ...) impliqués dans l'ingénierie pédagogique. Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons seulement aux apprenants. Cette ontologie est utilisée pour décrire, par exemple dans le contexte d'apprentissage des services, le « public cible » auquel s'adresse le service (cf. Chapitre 7).

L'ontologie propose plusieurs types d'éléments pour définir les différentes caractéristiques des acteurs.

Les compétences, sont des caractéristiques qui se déclinent en deux types, celles dépendantes du domaine enseigné et celle portant sur un autre domaine. Nous considérons que ces deux types de compétence peuvent être exprimés en termes d'objectifs.

Le type d'expérience correspond à la nature des acquis de l'apprenant. L'apprenant peut avoir acquis soit une expérience pratique dans le cadre d'un emploi, d'un stage..., soit une expérience théorique lors de ses études, d'une session de formation...

Le statut définit la situation de l'apprenant au regard de son inscription dans une formation. Les statuts usuels des apprenants sont « formation initiale », « formation continue », « formation en alternance », « Erasmus »... Les apprenants en formation initiale sont des apprenants qui n'ont pas d'expérience professionnelle, ils appartiennent à un cycle d'études dit « normal ». La formation continue définit des apprenants qui ont quitté la formation initiale et intégré la vie professionnelle. Ces connaissances sur les apprenants peuvent être utiles au moment de la personnalisation.

Les préférences des apprenants portent sur les styles d'enseignement et les ressources pédagogiques qu'ils souhaitent utiliser pour réaliser leurs objectifs pédagogiques. Cette classe fait référence, d'une part, à l'ontologie des approches pédagogiques et d'autre part à l'ontologie des ressources pédagogiques.

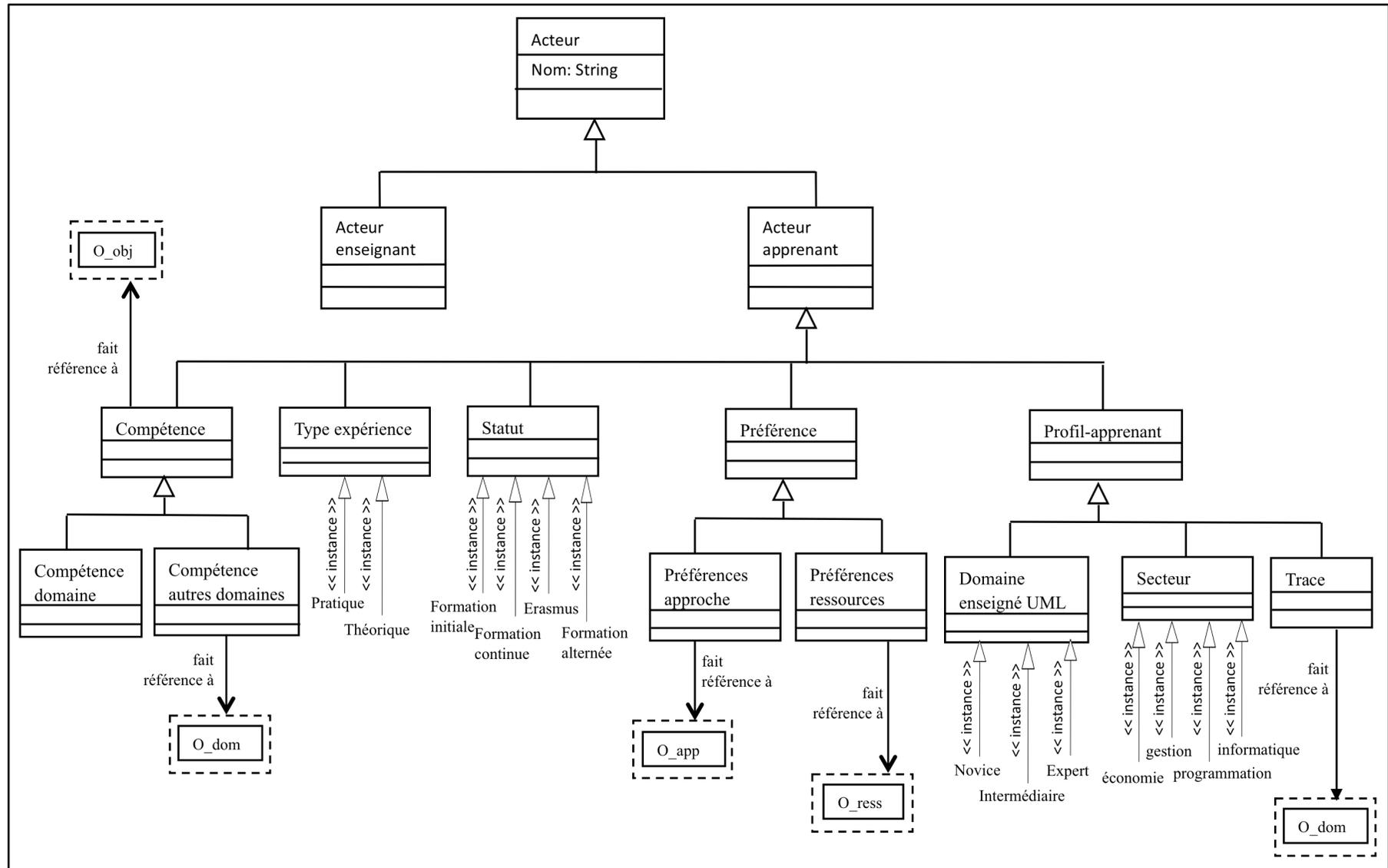


Figure 7.7 – Ontologie des acteurs (O_act)

Le profil apprenant définit les connaissances générales sur l'apprenant au regard du domaine enseigné. Deux types de connaissance ont été retenus, le niveau de connaissance (novice, expert...) et le secteur visé pour utiliser les compétences acquises (la gestion, la programmation, le droit ...). Par exemple, l'enseignement d'UML devrait être différent suivant que l'apprenant n'a aucune connaissance ou est expert dans le domaine enseigné, de même cet enseignement devrait être différent s'il s'adresse à un profil de gestionnaire ou d'informaticien.

7.4.3 L'ontologie des approches pédagogiques (O_app)

L'ontologie des approches pédagogiques définit une terminologie pour représenter les connaissances sur les manières d'enseigner et d'atteindre les objectifs pédagogiques. L'ontologie des approches est utilisée dans les différentes parties de la spécification des services (cf. Chapitre 6). Par exemple, elle intervient pour définir les manières pédagogiques mises en œuvre par les services; elle est aussi utilisée par l'ontologie des acteurs pour définir les préférences des apprenants en matière de style pédagogique.

Cette ontologie définit des classes d'approches pédagogiques. Nous nous inspirons du travail élaboré par le Ministère de l'Apprentissage de la Saskatchewan [Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993] et présenté dans le chapitre 4 pour concevoir cette ontologie.

L'ontologie est structurée en quatre types: les modèles, les stratégies, les méthodes et les techniques. La figure 7.8 représente cette ontologie.

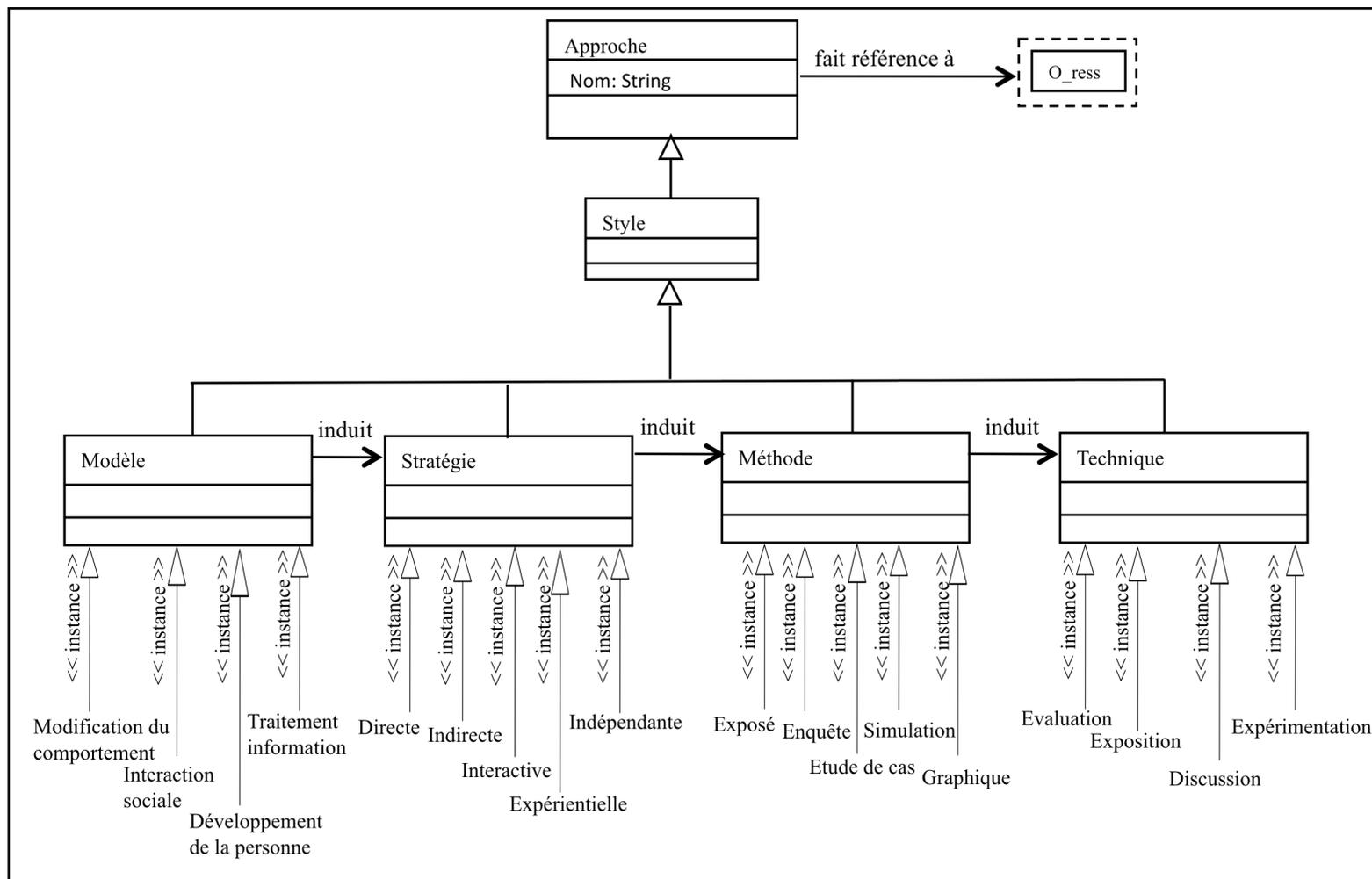


Figure 7.8 – Ontologie des approches pédagogiques (*O_app*)

7.4.4 L'ontologie des ressources (O_res)

Nous utilisons le terme « ressource » pour désigner tout type d'objet d'apprentissage. Une ressource est une entité numérique ou pas qui peut être référencée et utilisée au cours d'une formation. Les ressources correspondent à la fois à des éléments matériels ou logiciels, à des services offerts par les plateformes d'apprentissage (forum, chat, ...), à des contenus (un document expositif, une image,...) ou à des unités d'apprentissage décrivant le déroulement de situations d'apprentissage. L'ontologie des ressources fournit un ensemble de connaissances (figure 7.9) sur les ressources : leur granularité, leur format, le standard dans lequel elles sont spécifiées,

La granularité est définie selon les trois niveaux de structuration proposés par le standard SCORM pour situer le niveau de complexité de la ressource. Ces trois niveaux s'appliquent à la fois à des contenus et à des unités d'apprentissage, ils ont été présentés dans le chapitre 4.

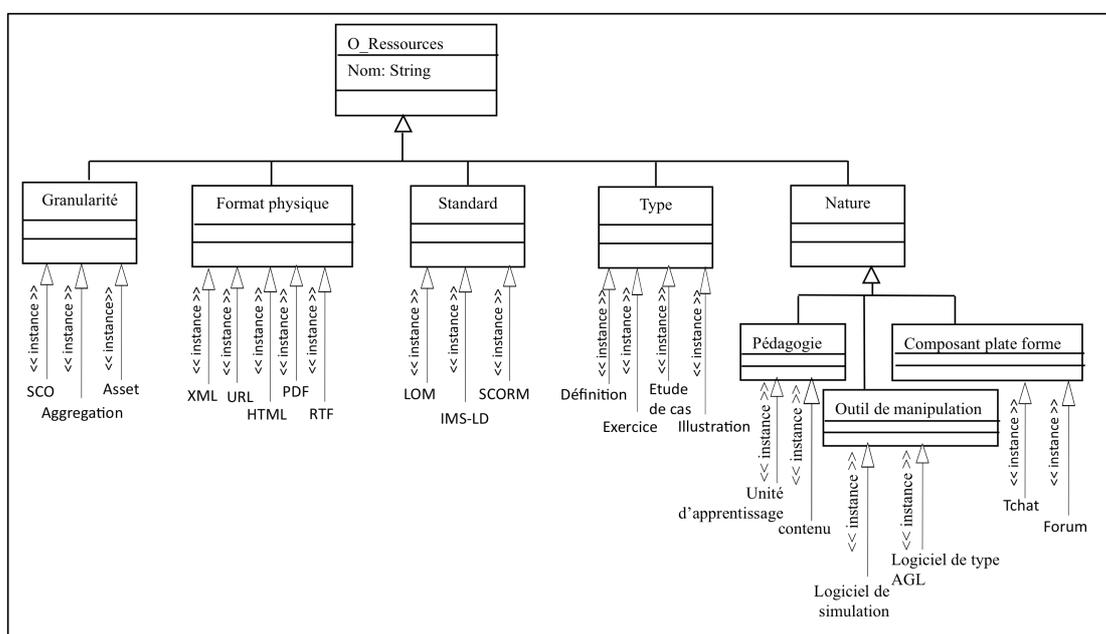


Figure 7.9 – Ontologie des ressources (O_res)

Le format physique correspond au type de fichier dans lequel est stockée la ressource. Il peut être de type word (texte), page web (HTML)...

Les standards définissent les principales normes disponibles pour spécifier des objets d'apprentissage. Les composants pédagogiques ont fait l'objet de nombreuses standardisations à des fins de partage et de réutilisation. Le développement du Web a conduit à développer de nombreux composants pédagogiques conformes à ces standards et qui sont devenues de véritables ressources disponibles et accessibles pour différents usages. Les principaux standards sont le LOM, le SCORM et la norme IMS-LD. Bien sûr ces standards peuvent concerner uniquement la spécification de contenus ou bien la spécification de véritables unités d'apprentissage.

La nature définit le type de la ressource. Les types proposés sont les objets pédagogiques qui contiennent les objets de contenu et les unités d'apprentissage, les outils nécessaires à la manipulation des objets pédagogiques (logiciel) et les composants de plate-forme (chat, forum de discussion).

L'ontologie des ressources est utilisée dans la spécification des services, par exemple elle intervient dans la partie « comportement » pour décrire les unités d'activités et les contenus que devra mettre en œuvre l'apprenant pendant le parcours.

7.5 Le rôle des ontologies dans POPS

Les ontologies sont au cœur de l'approche développée. Elles jouent un rôle essentiel tant au niveau de la conception des services que dans l'utilisation des services par les apprenants.

L'approche est basée sur deux principes :

- **le principe de séparation de la structure des services et du vocabulaire de description des services.** Ce principe est mis en œuvre par la proposition, d'une part, d'un modèle de services qui définit une structure pour décrire les services et d'autre part, des ontologies qui fournissent un vocabulaire pour la description de ces mêmes services ;

- *le principe de séparation entre les connaissances de nature pédagogique et les connaissances relatives au sujet d'enseignement.* Ce principe est mis en œuvre en proposant des ontologies distinctes, les unes relatives à la pédagogie et les autres relatives au domaine d'enseignement. Bien sûr les deux types d'ontologie sont liés dans le sens où l'ontologie de la pédagogie est une ontologie de tâche et l'ontologie du sujet d'enseignement est une ontologie de domaine.

Ces deux principes présentent de nombreux avantages en matière de gestion et de réutilisation de connaissances mais aussi en matière de conception et de réalisation de service. Dans cette section nous présentons les avantages de l'utilisation des différents types d'ontologies.

7.5.1 La recherche de services dans un contexte Web

Dans la mesure où les services peuvent être considérés comme des ressources disponibles sur le web, ils deviennent accessibles par des acteurs très différents en termes de profils et de préférences. Dans ce contexte, les ontologies permettent de proposer à ces acteurs un vocabulaire à la fois « général » et « orienté » sur l'apprentissage d'un sujet pour exprimer leurs besoins et leurs situations d'apprentissage. Par exemple, l'ontologie des acteurs contient un ensemble de termes qui guident la formulation de requêtes dans lesquelles, l'apprenant peut définir ses compétences, ses préférences, ... Cette approche à base d'ontologies est particulièrement adaptée s'il existe une communauté d'apprenants et d'enseignants partageant un intérêt commun pour l'apprentissage d'un sujet d'enseignement. Cette approche est très différente d'une approche de type « recherche par mots clés » où l'internaute n'est pas du tout guidé pour choisir les mots clés de sa requête.

7.5.2 La description sémantique des services

Les ontologies sont considérées comme un vocabulaire à partir duquel les services sont décrits. Dans l'ontologie, les termes de ce vocabulaire sont organisés en classes et reliés avec des liens sémantiques. Ainsi, utilisés dans la description des services, ce vocabulaire apporte un niveau sémantique essentiel que l'on peut par exemple exploiter à des fins de recherche. En fournissant des termes, les ontologies peuvent être considérées comme une aide dans la description des services. Par exemple, l'ontologie des objectifs fournit des

classes de verbes qui peuvent guider la formulation des buts. Les quatre ontologies (l'ontologie des objectifs, l'ontologie de ressources, l'ontologie de la pédagogie, et l'ontologie des acteurs) sont utilisées dans les différentes parties de la description des services pédagogiques. Comme la figure ci-dessous le montre, la même ontologie peut être utilisée à différents niveaux de la description d'un service.

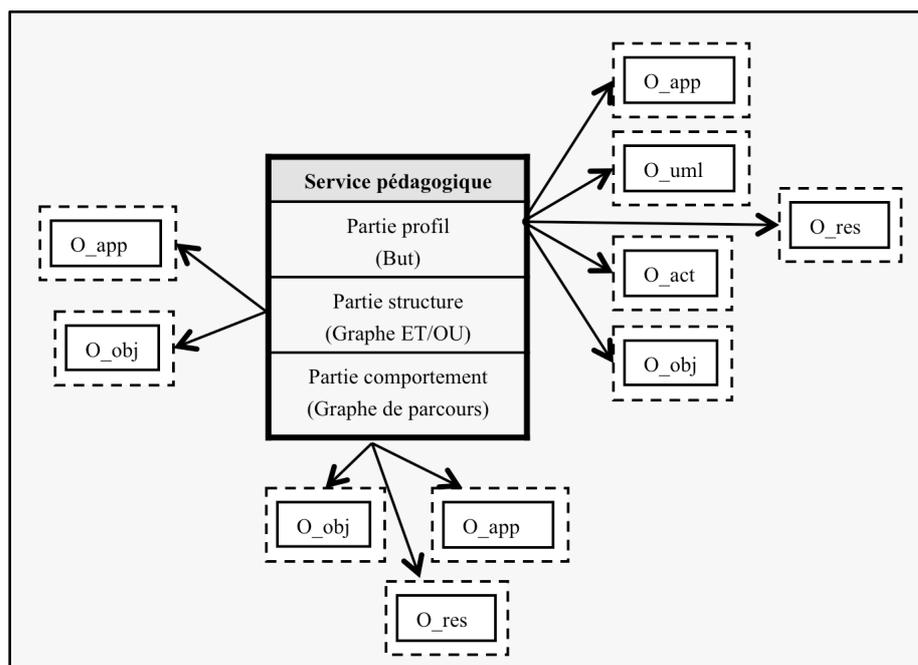


Figure 7.10 – Liens entre les niveaux de description des services et les ontologies

L'ontologie des objectifs est utilisée dans la définition du profil du service pour exprimer le but que le service permet de réaliser. En utilisant un verbe de l'ontologie, pour définir le but d'un service, on associe une connaissance pédagogique au service, puisque ce verbe appartient à une classe et que chaque classe exprime un niveau de compétence. L'ontologie des objectifs est aussi utilisée dans la partie « organisation » pour exprimer la décomposition du but du service en sous-but. Enfin l'ontologie des objectifs permet dans la partie « comportement » d'exprimer les buts opérationnels associés aux activités des scénarios.

L'ontologie des acteurs est utilisée dans la description du contexte d'utilisation d'un service pédagogique. Le « contexte » situé dans la partie « profil » du service peut préciser le profil de l'apprenant auquel le service est proposé.

Dans POPS, *l'ontologie des approches* est utilisée dans la partie « profil » pour indiquer la manière avec laquelle le service est réalisé. Elle intervient aussi dans la partie « structure » pour discriminer les différentes décompositions du but du service. Elle est aussi utilisée dans la partie « comportement » pour définir les techniques mises en œuvre par les activités des parcours.

Dans le cadre de POPS, *l'ontologie des ressources* peut être utilisée pour définir dans le contexte d'utilisation d'un service la nature et les standards des ressources mis en œuvre dans le service.

Les ontologies de la pédagogie permettent d'intégrer dans les services des connaissances de nature pédagogique. Elles permettent donc d'atteindre un niveau de description sémantique de ces services.

7.5.3 Réduire la distance entre les besoins des apprenants et les services disponibles

Les ontologies offre un vocabulaire qui peut être partagé par les enseignants (les fournisseurs de services) et par les apprenants. Du point de vue de l'enseignant, les ontologies sont utilisées pour décrire des services pédagogiques, d'un autre côté, elles aident l'apprenant à formuler ses requêtes. Par exemple l'ontologie des objectifs est utilisée à la fois par l'enseignant pour définir le but des services et par l'apprenant qui recherche des services pour satisfaire ses intentions pédagogiques. De la même manière l'ontologie des acteurs peut être utilisée pour définir le profil d'apprenant auquel le service s'adresse aussi pour formuler la situation d'apprentissage dans laquelle un apprenant cherche à réaliser une intention. Les ontologies permettent ainsi de répondre au problème de la réduction de la distance «sémantique» entre les fournisseurs de services (les enseignants/concepteurs) et les clients de ces services (les apprenants).

7.5.4 Guider et automatiser la recherche et la composition des services

Puisque les mêmes ontologies sont utilisées pour concevoir les services et pour exprimer les besoins des apprenants, la mise en correspondance des requêtes des apprenants avec les

services disponibles dans une base de services est simplifiée. D'une façon générale, les ontologies sont utilisées pendant le processus de recherche/composition de services pédagogiques. Par exemple, les six niveaux de compétences exprimés dans l'ontologie des objectifs peuvent être exploités pour guider le processus de découverte et de sélection de services, par exemple ne rechercher que les services d'un niveau de compétence plus haut que le niveau de compétence défini dans le profil de l'apprenant.

7.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté l'ensemble des ontologies utilisées dans l'approche. La structuration des ontologies a été élaborée selon deux principes : le principe de séparation de la structure des services et du vocabulaire de description des services et le principe de séparation entre les connaissances de nature pédagogique et les connaissances relatives au sujet d'enseignement. L'utilisation d'une méta-ontologie de domaine rend l'approche indépendante d'un sujet d'enseignement.

Le chapitre a aussi mis en évidence les avantages que procure l'utilisation d'ontologies : simplifier la recherche de services dans un contexte web, décrire les services à un niveau sémantique, réduire la distance entre les aspects conception et utilisation de services et simplifier le processus de mise en correspondance des services avec les besoins des apprenants.

Le chapitre suivant présente le processus de construction de parcours, processus dans lequel les ontologies ont aussi un rôle important.

CHAPITRE 8

PROCESSUS DE CONSTRUCTION DE PARCOURS INDIVIDUALISES

« Les individus sont plus importants que n'importe quel processus. Des personnes fiables qui utilisent un processus fiable auront toujours des performances supérieures à celles de personnes fiables qui n'appliquent aucun processus. »

Grady BOOCH

« Quoique j'invente, quoique je fasse, je serai toujours au dessous de la vérité. Il viendra toujours un moment où les créations de la science dépasseront celles de l'imagination. »

Jules VERNE

SOMMAIRE

8.1	Introduction	170
8.2	La composition et l'adaptation dynamique de services.	170
8.2.1	Requête et contexte de requête	171
8.2.2	L'adaptation dynamique	174
8.2.3	La composition dynamique	175
8.3	Principes et organisation du processus de construction de parcours dans POPS.	176
8.3.1	Le processus est itératif et guidé par les buts.	176
8.3.2	L'organisation du processus	177
8.3.3	Le graphe de composition de services (GCS) et le graphe d'exécution de parcours (GEP).	178
8.4	Les activités du processus	184
8.4.1	L'activité de recherche	184
8.4.2	L'activité de sélection	186
8.4.3	L'activité d'adaptation	187
8.4.4	L'activité de composition de services	187
8.4.5	L'activité de génération	188
8.5	Scénario d'illustration du processus de construction de parcours	188
8.5.1	Présentation du scénario d'illustration	189
8.5.2	Première itération	189
8.5.3	Deuxième itération	191
8.5.4	Troisième itération	193
8.6	Conclusion	195

8.1 Introduction

Dans l'approche POPS, nous considérons qu'un parcours pédagogique peut être obtenu en réutilisant des services. Chaque service fournit des parcours pour satisfaire un objectif pédagogique, en composant des services on obtient des parcours complexes répondant aux intentions des apprenants. La sélection et la composition des services sont mises en œuvre dynamiquement, c'est à dire au moment où l'on cherche à satisfaire l'intention d'un apprenant et que l'on connaît la situation d'apprentissage. C'est ce principe de découverte et de composition dynamique qui permet de produire des parcours personnalisés. La construction de parcours par composition de services est essentielle chaque fois que plusieurs services existants sont nécessaires pour la satisfaction d'une intention.

Dans ce chapitre, la construction de parcours est vue comme un processus qui, à partir d'une requête d'un apprenant, génère des parcours pédagogiques en réutilisant des services. Le processus de construction comporte des activités de recherche, de sélection, d'adaptation et de composition ; il s'appuie sur la description sémantique des services et sur les ontologies. Le processus de construction génère, au moment de son exécution, un parcours individualisé qui satisfait un objectif particulier formulé par l'apprenant.

Ce chapitre présente les phases et les mécanismes mis en œuvre durant le processus de construction dans POPS. La *section 8.2* introduit les notions de requête et de contexte, ainsi que les principes d'adaptation et de composition dynamiques de services. La *section 8.3* présente les caractéristiques générales du processus de construction de parcours dans POPS. La *section 8.4* détaille les activités.

8.2 La composition et l'adaptation dynamique de services.

Le processus de construction de parcours met en œuvre deux principes essentiels pour la personnalisation : l'adaptation dynamique et la composition dynamique de services. L'adaptation dynamique permet à un service de changer son comportement en fonction du contexte. La composition dynamique permet d'agréger des services pour répondre à un besoin en prenant en compte le contexte. La notion de contexte fait ici référence à l'apprenant, c'est-à-dire à ses compétences, à ses préférences, ...

De nombreux auteurs [Benslimane & al., 2006], [Sheng & al., 2009] et [Maamar & al., 2007] se sont penchés sur les web services, leur composition et leur adaptation. Ils considèrent que la notion de contexte devient centrale dans les recherches sur les services Web. La nature dynamique d'Internet et des services Web explique ce nouveau centre d'intérêt. Les services Web ont besoin d'adapter leurs opérations afin de répondre au mieux au contexte dans lequel ils sont appelés, par ailleurs, les services en fonction du contexte, doivent pouvoir être retenus ou pas dans une composition de services.

Dans cette section, nous présentons successivement les notions de requête et de contexte ainsi que les principes d'adaptation et de composition dynamiques mis en œuvre dans le processus de construction de parcours.

8.2.1 Requête et contexte de requête

8.2.1.1 Formulation de requête

Le processus de construction de parcours est déclenché chaque fois qu'un apprenant formule un besoin pédagogique ou une requête. Nous définissons une requête comme étant, un but formulé par un apprenant dans un contexte d'apprentissage. Le contexte est composé de deux parties, le contexte de l'apprenant et le contexte de l'environnement. Le contexte de l'apprenant définit les éléments du profil en termes de compétences et de préférences, le contexte de l'environnement exprime des contraintes relatives à la disponibilité de ressources.

Une requête est donc spécifiée par un triplet de la forme :

$Rq (\langle \text{but_requête} \rangle ; \langle \text{contexte_apprenant} \rangle ; \langle \text{contexte_environnement} \rangle)$
--

Où *<but_requête>* est un objectif à atteindre, *<contexte_apprenant>* définit des connaissances relatives à l'apprenant qui formule la requête et *<contexte_environnement>* fournit les connaissances sur l'environnement dans lequel la requête est posée. Ces connaissances peuvent être stockées ou saisies au moment de la formulation de la requête. La figure 8.1 définit un modèle de requête. Les éléments qui composent le contexte permettent de définir le profil de l'apprenant et les contraintes de l'environnement.

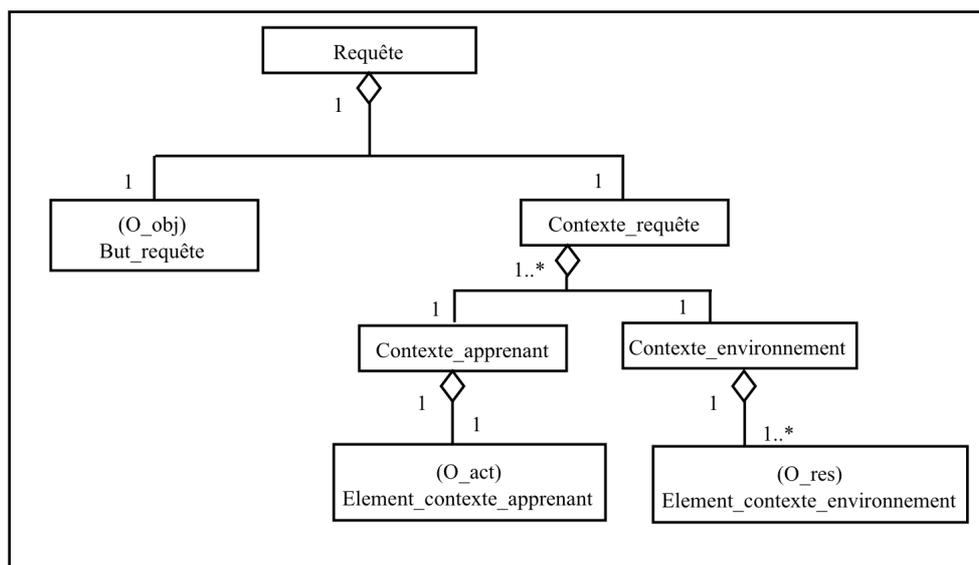


Figure 8.1 – Modèle de requête

Dans POPS, l'écriture des requêtes est guidée par l'utilisation des ontologies. L'ontologie des objectifs pédagogiques (O_obj) est utilisée pour définir le but de la requête et l'ontologie des apprenants (O_act) permet de spécifier le contexte de l'apprenant. L'ontologie des apprenants fait référence aux ontologies des approches (O_app) et des ressources (O_res). Enfin l'ontologie des ressources peut être exploitée pour fournir des contraintes sur les ressources. Les termes utilisés dans les requêtes sont annotés avec les classes définies dans les ontologies. Par exemple l'annotation du terme « LOM » pris dans l'ontologie des ressources sera spécifiée par : $LOM_{(O_res.standard)}$ où $O_res.standard$ désigne la classe « standard » de l'ontologie des ressources (O_res).

Exemple d'écriture de requête:

```

{
    (définir(O_obj.connaissance), classe(O_uuml.structure)) ; LOM(O_res.standard) ;
    (POO(O_act.comp_autre_domaine), Moyen(O_act.comp_autre_domaine.qualitative), Expose(O_act.preference-
    approche.methode)) }
    
```

Cette requête est définie avec :

- Le but « définir » qui est un but de niveau connaissance dans l'ontologie des objectifs ;
- Le sujet de ce but est le concept de base « classe » de l'ontologie de domaine UML ;
- L'environnement est composé de ressources définies dans le standard « LOM » ;
- Le contexte apprenant est composé de deux termes, le premier indique que l'apprenant a des compétences « moyenne » sur un autre domaine qui est la « POO » et le second indique que la préférence de l'apprenant en matière pédagogique est la méthode de l' « exposé ».

8.2.1.2 Traitement d'une requête

Le traitement d'une requête est basé sur une comparaison entre la requête et les services disponibles. Il s'agit de faire correspondre les termes de la requête formulée par l'apprenant et les éléments de description définis dans les différentes parties des services ; c'est ce « matching » qui permet, d'une part, d'identifier le ou les service(s) répondant au besoin de l'apprenant et d'autre part de sélectionner dans les services les parcours adaptés aux préférences des apprenants.

La figure 8.2 montre les éléments utilisés pour établir des correspondances entre la requête formulée par l'apprenant et les descriptions de services disponibles dans la base de services.

La recherche de correspondances utilise les ontologies, celles-ci sont considérées comme un langage partagé entre l'apprenant qui formule des requêtes et le concepteur de services qui spécifie des services et qui les publie. Les règles de mise en correspondance font appel à des fonctions de « matching » sémantiques qui dépendent de la nature de l'élément qui fait l'objet de la correspondance. Dans ce travail, nous considérons que ces fonctions existent et qu'elles peuvent être utilisées pour sélectionner le service le plus adapté, ou le parcours le plus adapté.

Description service	Ontologies		Requête
Profil			
But_service	Nature	Sujet	But_requête
	O_obj	O_dom	
Contexte_service			Contexte_requête
Domaine	O_dom		Contexte_environment
Ressources	O_res		Contexte_environment
Cible	O_act		Contexte_apprenant
Stratégie	O_app		Contexte_environment
Structure_service			
Méthode	O_app, O_act		Contexte_apprenant
Comportement_service			
Ressource	O-res, O_act		Contexte_apprenant
Type	O_app, O-act		Contexte_apprenant

Figure 8.2 – Eléments pour la mise en correspondance de la requête et des services

8.2.2 L'adaptation dynamique

L'adaptation dynamique consiste à utiliser le but et le contexte de la requête d'un apprenant pour lui proposer une solution répondant le mieux à sa demande selon ce contexte.

Dans l'approche POPS nous utilisons une technique de sélection que nous appliquons aux trois niveaux de description d'un service : le niveau « profil », le niveau « structure » et le niveau « comportement ». Au niveau profil, il s'agit de sélectionner les services dont le but est en correspondance avec le but de la requête. Au niveau structure, il s'agit de sélectionner la décomposition du but (ou le plan) qui est en correspondance avec les préférences de l'apprenant. Au niveau comportement, il s'agit de sélectionner le parcours le plus adapté aux compétences de l'apprenant. Dans le cycle de vie d'un service, il est important de noter les moments où l'adaptation intervient :

- Au niveau de la **conception du service**, des connaissances contextuelles sont exprimées dans les différentes parties de description du service, dans le profil par exemple des éléments contextuels sont le domaine et les ressources requises ;
- Au niveau de la **découverte des services**, il s'agit d'utiliser le contexte de la requête pour « filtrer » les services en fonction de leur profil;
- Au niveau de **l'exécution des services**, il s'agit d'utiliser le contexte de la requête pour adapter le comportement du service et fournir le parcours le plus adapté.

8.2.3 La composition dynamique

Les services ont l'avantage d'être composables. La composition des services web a été définie dans [Casati, 2002] comme étant la capacité d'offrir des services à valeur ajoutée en combinant des services existants probablement offerts par différentes organisations. La composition de services a des points communs avec la technologie des « Workflows ». Les deux visent à spécifier un processus complexe en assemblant des entités autonomes.

D'une manière générale, il existe trois types de compositions de services [Yang & al., 2004] :

- o **La composition statique** de services fige les liens définissant l'organisation des services. Dans cette forme de composition, aucune adaptation ne peut être prise en compte au moment où on utilise les services. Par exemple, les modèles de « workflow » sont basés sur ce type de composition. Les liens entre activités sont prédéfinis au sein des processus, ce qui limite les adaptations.
- o Dans **la composition semi-statique**, une structure générale de l'organisation des services est définie mais ce n'est qu'au moment de l'utilisation, que l'on recherche les services dont on a besoin. Cette forme de composition autorise un certain niveau de flexibilité dans le choix des services.
- o Dans **la composition dynamique**, l'organisation des services est construite de manière dynamique (« à la volée ») en fonction de chaque besoin. Les liens entre services résultent de la mise en correspondance entre le besoin et les services pour le satisfaire. Ce type de composition permet une grande flexibilité.

Dans le cadre de ce travail, pour répondre au besoin de personnalisation, la construction de parcours se fait de manière dynamique en composant des services. Partant d'une requête, il

s'agit d'assembler les services qui permettent de satisfaire l'objectif de l'apprenant en tenant compte du contexte. La description sémantique des services, d'une part, et l'orientation but, d'autre part, sont essentielles pour composer les services. Les buts abstraits figurant dans la décomposition du but d'un service, peuvent être au moment de l'utilisation de ce service réalisés par d'autres services. La recherche de ces services se fait dynamiquement en tenant compte de la requête, c'est-à-dire de l'objectif et du contexte définissant la requête. On peut donc dire que la composition est adaptable, en effet le même but formulé dans deux contextes différents peut conduire à différents assemblages de services pour sa réalisation.

Nous présentons dans la section suivante l'organisation générale du processus de construction de parcours individualisés.

8.3 Principes et organisation du processus de construction de parcours dans POPS.

Le processus est mis en œuvre pour chaque requête exprimée par un apprenant. Le résultat du processus est un parcours personnalisé et exécutable. Le processus est composé d'activités de recherche, de sélection, d'adaptation et de composition de services. Il utilise deux structures qui sont le graphe de composition de services (GCS) et le graphe d'exécution de parcours (GEP). Cette section présente les principes et l'organisation du processus ainsi que les deux graphes.

8.3.1 Le processus est itératif et guidé par les buts.

Dans POPS, la construction d'un parcours pédagogique personnalisé est déclenchée par la formulation d'une requête et donc d'un but. Le traitement de la requête consiste à satisfaire ce but. La satisfaction d'un but est réalisée par un service qui fournit une ou plusieurs décompositions du but en sous-buts. Pour chaque sous-but abstrait présent dans les décompositions, il est nécessaire à son tour de le satisfaire en recherchant des services pour le réaliser. Le processus est donc itératif dans le sens où un service sélectionné peut contenir dans ses décompositions des buts abstraits et que satisfaire ces buts abstraits consiste à répéter les activités de recherche, de sélection, d'adaptation et de composition

de services. A chaque itération, le processus enrichit le graphe de composition et affine le graphe d'exécution de parcours.

Chaque itération du processus de construction est conduite par un but que l'on cherche à réaliser. Lors de la première itération, le but correspond à la requête de l'apprenant. Lors des itérations suivantes, les buts proviennent des buts abstraits des services sélectionnés.

8.3.2 L'organisation du processus

Dans POPS, la construction d'un parcours personnalisé est un processus composé d'itérations, chaque itération comporte des activités de recherche, sélection, adaptation et composition. La figure 8.3 schématise l'organisation de ce processus.

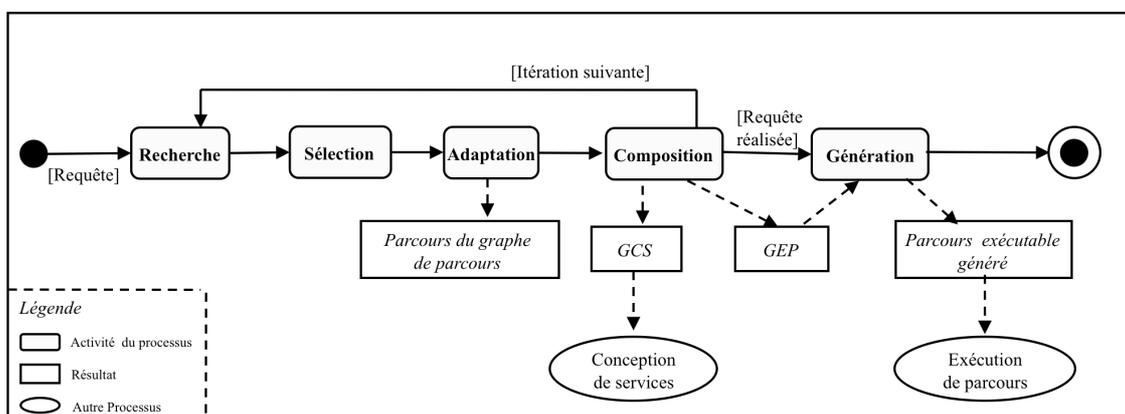


Figure 8.3 - Organisation du processus de construction de parcours

- La recherche consiste à explorer les services sur la base de leur but,
- La sélection consiste à sélectionner le service le plus adapté aux contraintes de l'environnement et au profil de l'apprenant,
- L'adaptation consiste, pour le service sélectionné, à choisir une décomposition dans le graphe ET/OU de ce service,
- La composition consiste pour le service sélectionné et pour la décomposition retenue à choisir un parcours dans le graphe de parcours de ce service. Ce parcours est décrit par une composition de scénarii. La composition met à jour les deux graphes. Si le chemin retenu contient des scénarii abstraits, ceux ci seront réalisés dans l'itération suivante.

La génération consiste à remplacer les scénarii atomiques du GEP par leurs diagrammes d'activités correspondants. En effet le graphe d'exécution de parcours obtenu lorsque la requête a été complètement traitée est un graphe dans lequel tous les scénarii sont atomiques et sont définis par des diagrammes d'activités.

8.3.3 Le graphe de composition de services (GCS) et le graphe d'exécution de parcours (GEP).

Cette section présente les graphes produits et manipulés par le processus de construction de parcours dans POPS. Pour chaque requête d'un apprenant, le processus de construction produit un graphe de composition de services (GCS) et un graphe d'exécution de parcours (GEP). Ces graphes sont donc construits dynamiquement et sont différents d'une requête à une autre.

8.3.3.1 Le graphe de composition de services (GCS).

Le GCS permet de mettre en évidence l'ensemble de tous les services trouvés et sélectionnés par le système durant le processus. Ce graphe est construit progressivement (à chaque itération) pendant l'activité de « composition ». Notons que le graphe de composition décrit des liens entre services mais que ces liens n'existent que pour satisfaire une requête particulière, ils n'existent pas dans la définition des services. Ainsi, un but formulé dans deux contextes différents (c'est dire dans deux requêtes différentes) peut engendrer deux graphes de composition différents.

Nous définissons le graphe de composition de services comme un arbre dont la racine est la requête initiale de l'apprenant. Les autres nœuds représentent des services et les arcs indiquent comment les services doivent être ordonnancés. Le GCS reflète l'ensemble des choix de services effectués durant le processus de construction. La figure 8.4 donne un exemple de graphe de composition.

Ce graphe comporte deux types de nœuds :

- **Les nœuds simples** correspondant à des services (sélectionnés) pour lesquels les parcours choisis contiennent plus de scénario abstrait.

- **Les nœuds de composition** correspondant à une composition de services. Ce type de nœud est utile, chaque fois que plusieurs services sont nécessaires pour réaliser un même but. La manière de composer ces services est choisie au moment où l'on sélectionne le chemin dans le graphe de parcours.

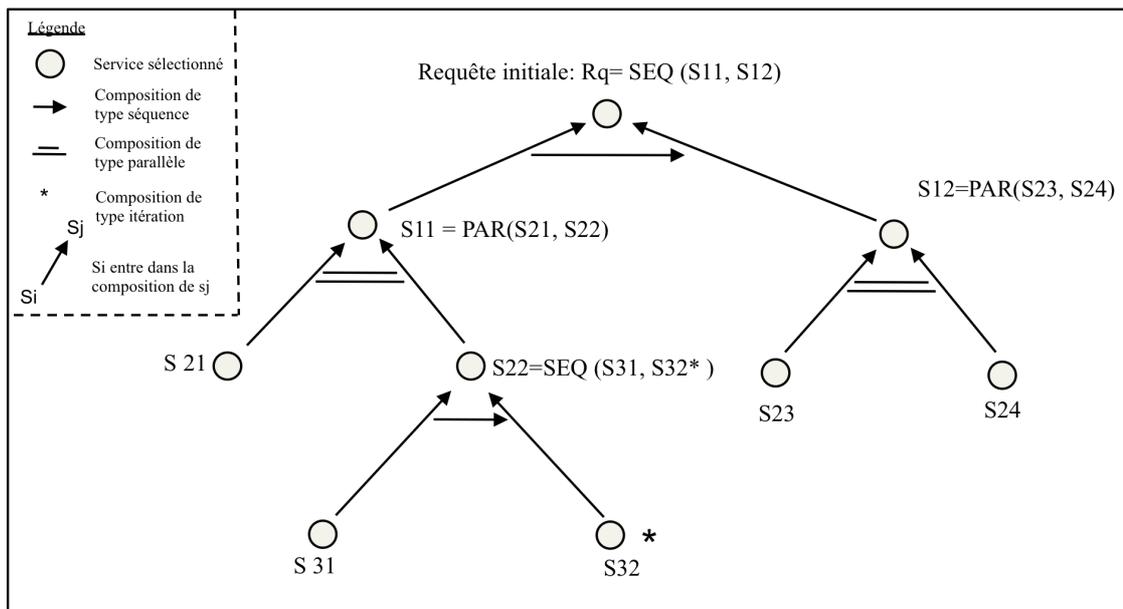


Figure 8.4 – Exemple de graphe de composition de services

Le graphe de composition de services comporte des arcs. Un arc d'un service S_i vers un service S_j exprime que le service S_i est nécessaire à la réalisation du service S_j . Lorsque plusieurs services entrent dans la composition d'un même service, il est nécessaire d'exprimer l'ordre de composition de ces services. Trois formes de compositions peuvent être mises en œuvre :

- **La composition de type « SEQ »**, les services dans ce type de composition sont utilisés de manière séquentielle. Cette forme de composition provient du fait que l'on a sélectionné un chemin dans le graphe de parcours qui contenait des scénarii abstraits issus d'un même scénario composite dont la structure est la séquence.
- **La composition de type « PAR »**, les services entrant dans cette composition sont utilisés en parallèle. Cette forme de composition provient du fait que l'on a

sélectionné un chemin dans le graphe de parcours qui contenait des scénarii abstraits issus d'un même scénario composite dont la structure est la parallèle.

- **La composition de type « ITE »**, elle indique que le même service peut être utilisé de manière itérative pour composer un service. Cette forme de composition provient du fait que l'on a sélectionné un chemin dans le graphe de parcours qui contenait un scénario abstrait issus d'un même scénario composite dont la structure est l'itération.

On peut noter que le graphe GCS traduit toutes les sélections de services durant le traitement de la requête. Un tel graphe exprime des choix effectifs de services. Il ne contient donc plus de structure de type « ALT ».

La figure 8.4 est un graphe de composition de services qui contient par exemple le service S21, qui est un nœud de type composition. Le service S21 est composé de deux services S31 et S32 qui doivent être composés en séquence avec une itération sur le service S32. De la même manière le service S22 apparaît dans le graphe sous la forme d'un nœud de composition. Le service S22 est composé de deux services S23 et S24 qui doivent être composés en parallèle.

Dans ce graphe, les nœuds S21, S31, S32, S23 et S24 sont des nœuds simples, ils correspondent à des services non composés.

Le graphe de composition est construit dynamiquement, il est enrichi au moment de la composition, c'est-à-dire après avoir sélectionné un service et avoir choisi un chemin. La sélection du service permet d'obtenir le nom du nœud et la sélection du parcours permet d'obtenir le type de composition.

8.3.3.2 Le graphe d'exécution de parcours pédagogique (GEP)

Le graphe d'exécution de parcours (GEP) décrit un parcours pédagogique exécutable et personnalisé satisfaisant la requête de l'apprenant. Ce graphe est produit dynamiquement durant le processus de construction. Il est construit par raffinements successifs en remplaçant dans les parcours sélectionnés les scénarii abstraits par des scénarii atomiques.

Ce graphe est une composition de parcours, il contient tous les parcours ayant été sélectionnés dans les différents services retenus pour répondre à la requête. D'un point de vue représentation, il utilise donc les mêmes types de nœuds (scénario atomique, abstrait et composite) et d'arcs (SEQ, PAR, ITE) que le graphe de parcours.

On peut représenter le GEP à plusieurs niveaux de détail :

- Le **niveau 2** est le niveau le plus détaillé, il met en évidence, l'organisation du parcours et les composants de ce parcours. Les composants sont des scénarii, pour les scénarii atomiques, cette représentation montre les diagrammes d'activités correspondants.
- Le **niveau 1** est une abstraction du niveau 2 dans laquelle le détail des scénarii atomiques est caché et les scénarii abstraits sont substitués par des parcours.
- Le **niveau 0** est le plus synthétique, il ne visualise que les sous-parcours qui composent le parcours général.

L'exemple de la figure 8.5 illustre une représentation détaillée de niveau 2, une représentation de niveau 1 et une représentation synthétique de niveau 0 d'un même GEP. Sur cette figure, pour des raisons de lisibilité, on a simplifié le diagramme d'activités correspondant au scénario S(B1).

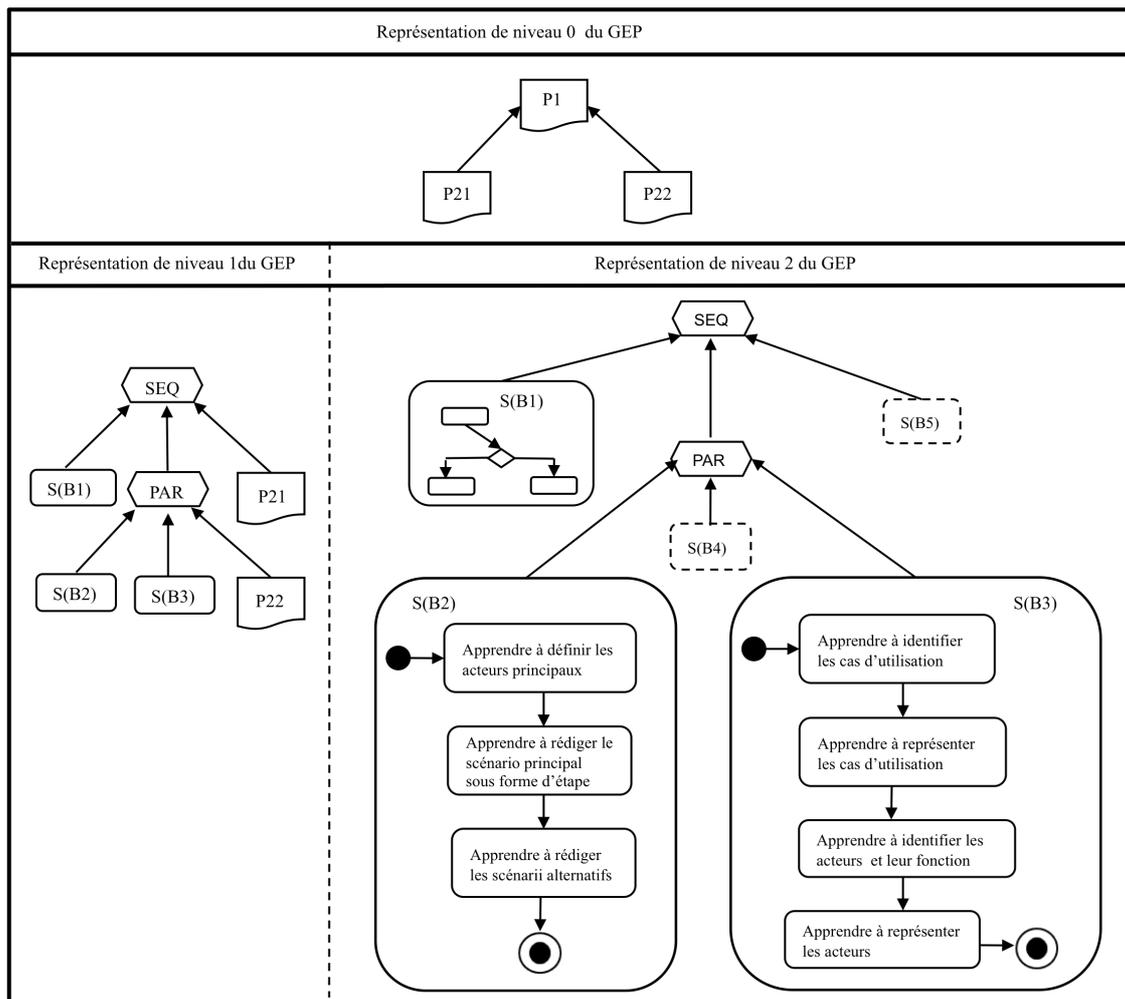


Figure 8.5 – Représentation synthétique et représentation détaillée d'un GEP.

8.3.3.3 Correspondance entre le GCS et le GEP.

Il existe une correspondance, d'une part, entre les structures des deux types de graphes et d'autre part, au niveau de leur évolution à travers les itérations.

Le GCS définit à tout instant l'ensemble des services qui ont été sélectionnés pour répondre à une requête. Ce graphe ne fait apparaître que des services sélectionnés. Le GEP montre les parcours particuliers qui ont été sélectionnés dans les différents services sélectionnés. Ainsi comme le montre le tableau de la figure 8.6, par exemple à une composition séquentielle de services du GCS peuvent correspondre différents parcours du graphe de parcours.

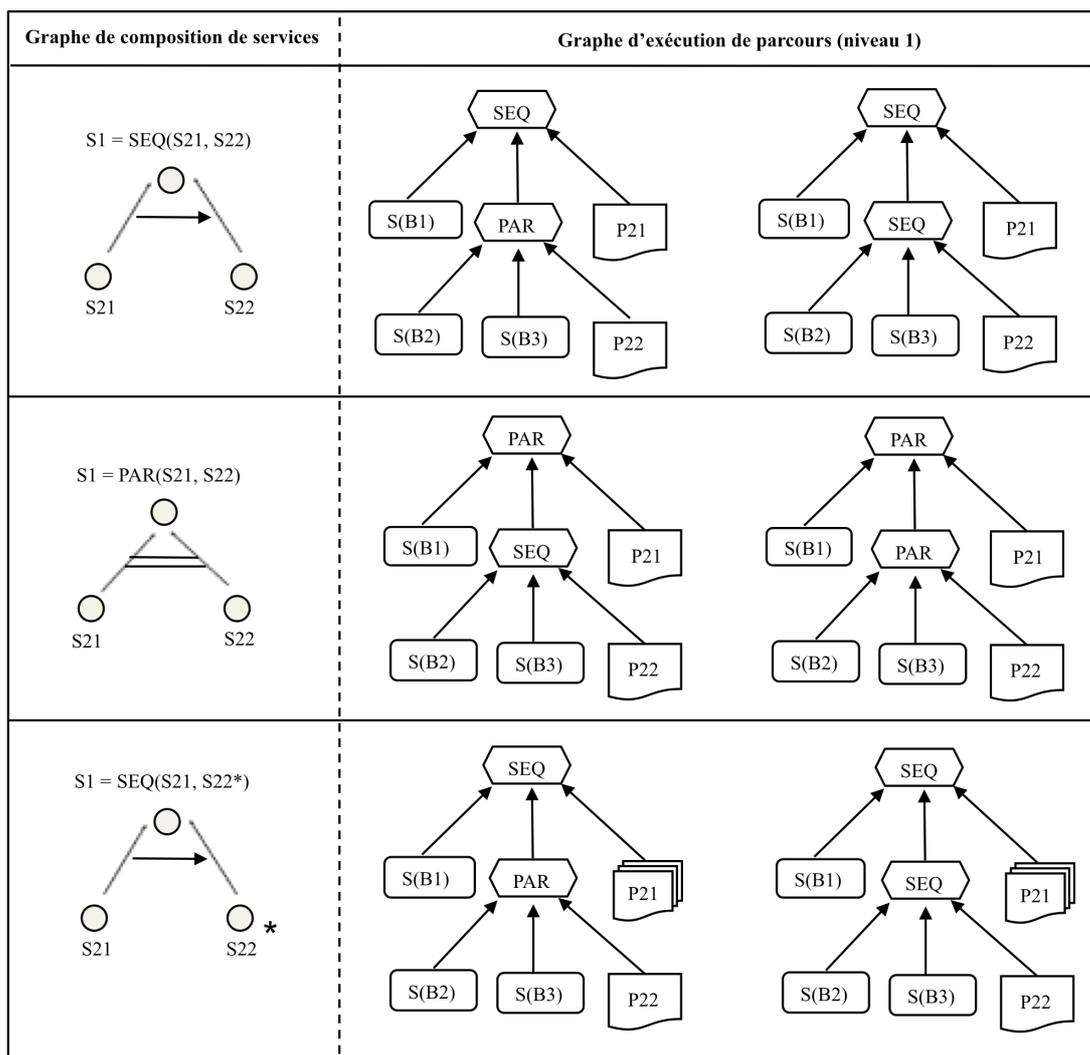


Figure 8.6 – Correspondances de structures entre le GCS et le GEP

L'évolution de ces deux graphes se fait en parallèle et de manière dynamique. La figure ci-dessous montre l'évolution conjointe des deux graphes à travers deux itérations successives.

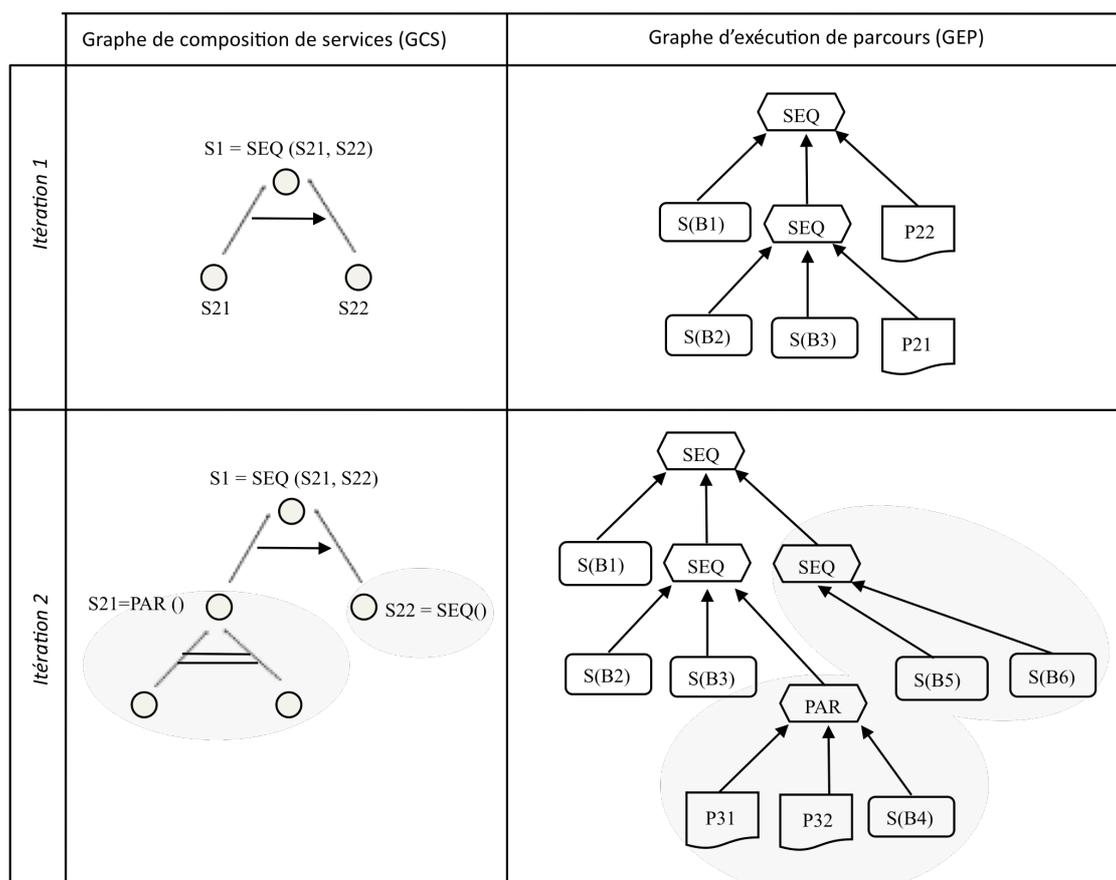


Figure 8.7 – Evolution du GCS et du GEP à travers deux itérations.

8.4 Les activités du processus

Cette section détaille l'ensemble des activités composant une itération. Chaque itération est centrée sur le traitement d'un but.

8.4.1 L'activité de recherche

Elle permet de découvrir les services nécessaires à la réalisation de la requête (première itération) ou des buts abstraits (itérations suivantes). Cette activité est composée de deux sous-activités : la formulation de la requête et la découverte des services.

- Au cours de la première itération, l'apprenant formule une requête. L'ontologie des objectifs est utilisée pour aider à formuler les termes de la requête. D'une part, l'ontologie des buts permet de proposer au concepteur/développeur une liste de verbes possibles en fonction du type de but qu'il vise. Le type de but est

caractérisé par le type de verbe défini dans l'ontologie. D'autre part, l'ontologie des objectifs est utilisée pour vérifier que la requête formulée respecte la structure d'un but c'est-à-dire un verbe et un sujet d'enseignement. Dans tous les cas, le but initial de la première itération correspond au but de la requête formulée par l'apprenant.

- Au cours des itérations suivantes, l'activité de recherche est effectuée à partir d'un ou de plusieurs buts abstraits (issus d'un même service). Les buts abstraits sont des buts à réaliser.

La sous-activité découverte de services est effectuée à partir d'un but (issu d'une requête ou d'un but abstrait). Elle consiste à comparer ce but au but des services définis dans la base de services. Si le but initial ne correspond à aucun service, il est analysé à l'aide de l'ontologie des objectifs et de l'ontologie du sujet d'enseignement.

D'une part, l'ontologie (O_obj) permet de rechercher des services qui possèdent un verbe similaire à celui du but initial. Par exemple, les verbes issus d'une même classe sont considérés comme similaires. D'autre part, l'ontologie du sujet d'enseignement permet d'analyser le sujet du but initial. Si le sujet comporte un élément d'enseignement défini dans l'ontologie O_dom, la sous-activité découverte de services recherche s'il y a des services dont le sujet comporte cet élément d'enseignement et dont le verbe correspond à celui du but initial (ou à un verbe similaire défini dans Lbut).

L'ontologie des objectifs et l'ontologie du sujet d'enseignement permettent donc d'élargir la recherche de services à des termes connexes et à des combinaisons de termes connexes au but initial.

L'activité de recherche a deux issues possibles : soit le but initial est satisfait, soit il ne l'est pas et le processus s'arrête ; dans ce second cas, la requête est considérée comme non satisfaite.

8.4.2 L'activité de sélection

Lorsque le résultat de la découverte est un seul service, la suite du processus consiste uniquement à confirmer le service sélectionné. Toutefois, lorsque le résultat de la recherche est un ensemble de services, le contexte de la partie « Profil » du service est utilisé pour guider la sélection du service. La sélection se fait sur la base de calcul de correspondances entre les termes du contexte des services et ceux du contexte de la requête. On rappelle que l'apprenant dans l'expression de sa requête exprime le contexte lié à l'apprenant et le contexte lié à l'environnement. Il est important de noter ici qu'il s'agit de sélectionner un service qui réponde à l'apprenant et qui satisfasse les contraintes de son environnement.

La figure 8.8 décrit présente un diagramme de séquence montrant l'interaction entre objets, pendant les activités de recherche et de sélection. Dans cette interaction, l'objet « constructeur » contrôle la construction de parcours.

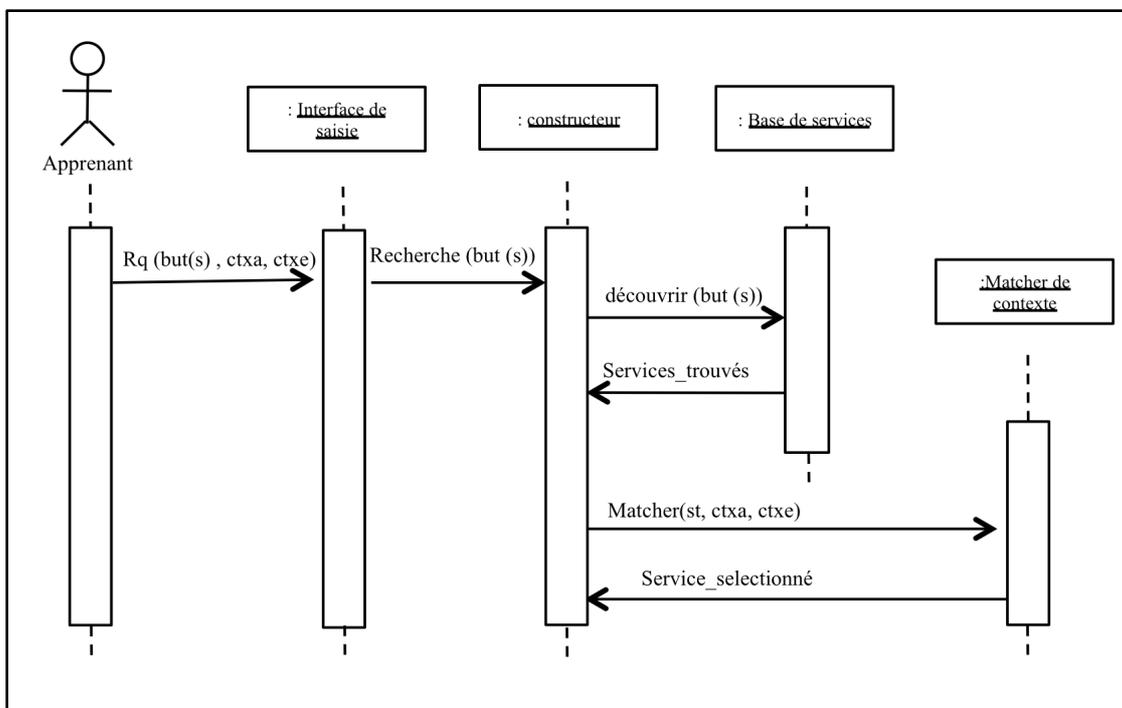


Figure 8.8 – Découverte et sélection de services

8.4.3 L'activité d'adaptation

La phase d'adaptation permet d'adapter au contexte le comportement du service sélectionné. Cette activité n'est mise en œuvre que si le service présente plusieurs décompositions (ou plans) dans son graphe ET/OU et donc plusieurs manières d'atteindre le but. Dans ce cas, l'adaptation consiste à choisir la meilleure décomposition dans le graphe ET/OU en fonction du contexte de l'apprenant.

La sélection de la meilleure décomposition est réalisée sur la base d'un calcul de correspondances entre, d'une part, le descripteur et les approches qui définissent la partie « structure » du service et d'autre part, le contexte de l'apprenant défini dans la requête.

8.4.4 L'activité de composition de services

C'est une étape dans laquelle, on sélectionne le meilleur parcours dans le graphe de parcours du service sélectionné. Le parcours sélectionné peut contenir des scénarii abstraits qui nécessitent l'utilisation d'autres services. Le parcours sélectionné indique le type de composition (SEQ, PAR, ...) entre ces scénarii abstraits. Ce type de composition entre scénarii abstraits induit un type de composition entre les services qui seront sélectionnés pour réaliser les scénarii abstraits. Chaque scénario abstrait est associé à un but abstrait dont la réalisation sera traitée dans l'itération suivante.

La sélection du meilleur parcours se fait sur la mise en correspondance entre d'une part, les pré-requis et les techniques d'apprentissage définis dans la partie comportement des services et d'autre part le contexte utilisateur de la requête.

L'activité de composition modifie les graphes GCS et GEP. Concernant le GCS, les liens entre services sont établis conformément aux liens entre scénarii abstraits définis dans le parcours sélectionné. Chaque scénario abstrait est remplacé par le parcours sélectionné.

La figure 8.9 présente un diagramme de séquence montrant l'interaction entre objets, pendant les activités d'adaptation et de composition.

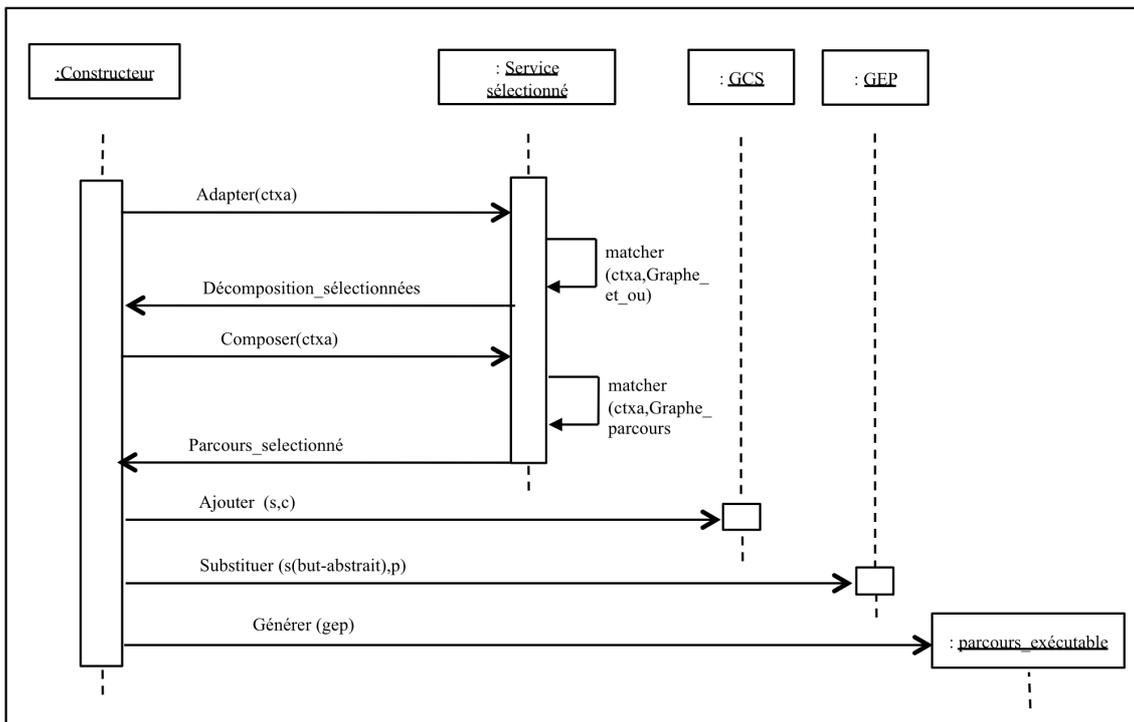


Figure 8.9 – Adaptation et composition de services

8.4.5 L'activité de génération

L'activité de génération est mise en œuvre une seule fois au cours du processus de construction, lorsque la requête a été entièrement traitée. A ce moment là le GCS a pour feuilles uniquement des nœuds de base. Le GEP est composé uniquement de scénarii atomiques. La génération consiste à assembler des diagrammes d'activités en utilisant la séquence, le parallélisme et l'itération.

8.5 Scénario d'illustration du processus de construction de parcours

Cette section illustre le processus de construction sur un exemple. Partant d'une requête formulée par un apprenant, on illustre trois itérations pour lesquelles on donne les états successifs du graphe de parcours et du graphe de composition.

8.5.1 Présentation du scénario d'illustration

Nous considérons un scénario dans lequel un apprenant souhaite obtenir une démarche pour apprendre à définir le modèle des cas d'utilisation en UML. Dans le langage UML, le modèle des cas d'utilisation est une spécification des exigences. Il est composé de diagrammes de cas d'utilisation et de spécifications des scénarii.

Le scénario commence avec la requête initiale suivante: « Définir le modèle des cas d'utilisation ». Dans ce scénario, le processus de construction comporte trois itérations, présentées dans les tableaux des figures 8.11, 8.12 et 8.13. Chaque tableau fournit pour une itération, le but ou les buts qui sont traités, les services découverts et ceux sélectionnés, la décomposition et le parcours sélectionnés, enfin le tableau fournit l'état du GCS et du GEP à l'issue de l'itération.

La requête de départ à la forme suivante:

$\text{Rq} = (\text{Définir}_{(o_obj.connaissance)} \text{ le modèle des cas d'utilisation}_{(O_UML.element_complexe)} ;$ $\text{Expose}_{(O_act.preference_approche.methode)} ; \text{LOM}_{(o_res.standard)})$
--

La requête comporte un objectif défini par un verbe et un sujet. Le contexte de l'apprenant exprime une préférence pour la méthode d'apprentissage par l'exposé et le contexte de l'environnement impose l'utilisation de ressources LOM.

8.5.2 Première itération

A la première itération, le but traité est celui de la requête. L'activité de *recherche* consiste à trouver les services qui ont le même but (où un but similaire) à celui de la requête. Dans l'exemple, deux services sont trouvés (S_1 et S_2). Les règles de correspondances établissent durant *la sélection* que le service S_2 est le meilleur. Ce service a un but décomposable dont les décompositions sont décrites dans le graphe ET/OU de la figure 8.10. *L'adaptation* sélectionne la méthode par l'exposé et *la composition* sélectionne le parcours P_{22} , ce parcours est composé en séquence de trois scénarii abstraits désignés par S(définir les cas d'utilisation), S(définir les scénarii) et S(définir le diagramme des cas d'utilisation). Chaque scénario est associé à un but abstrait qu'il est nécessaire de satisfaire. Ces trois buts abstraits initialisent l'itération 2.

A la fin de cette première itération, le **GCS** a une racine qui est un nœud de composition de nom S_2 et de type séquence. Ce nœud est relié à 3 nœuds, qui sont « inconnus » au niveau de cette itération.

A la fin de cette première itération, le **GEP** montre un parcours composé de trois sous-parcours non entièrement définis dans cette itération.

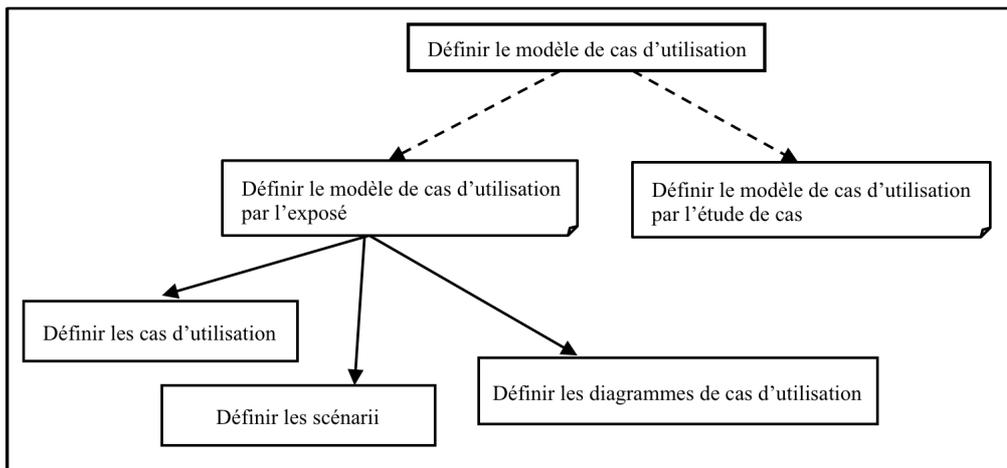


Figure 8.10 – Graphe ET/OU du service S_2

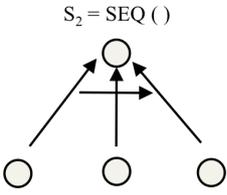
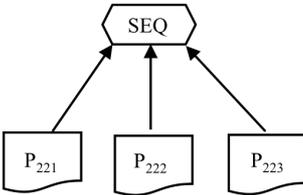
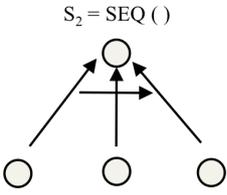
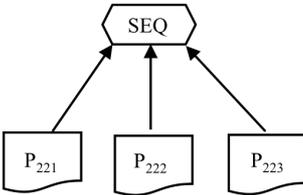
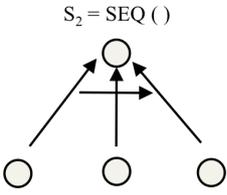
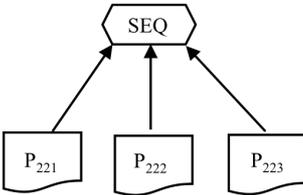
Itération 1					
But	Définir _(o_obj.connaissance) le modèle des cas d'utilisation _(O_UML.element_complexe)				
Recherche	S ₁ : définir le modèle des cas d'utilisation avec des ressources IMS S ₂ : définir le modèle des cas d'utilisation avec des ressources LOM				
Sélection	S ₂ : définir le modèle des cas d'utilisation avec des ressources LOM				
Adaptation	S ₂ Avec : une méthode de type exposé				
Composition	S ₂ selon P ₂₂ : composé en séquence de 3 scénarii abstraits : S ₂₂₁ (définir les cas d'utilisation) et S ₂₂₂ (définir les scénarii) et S ₂₂₃ (définir le diagramme des cas d'utilisation)				
Graphes	<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; border-right: 1px dashed black;"> GCS </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> GEP (niveau 1) </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; border-right: 1px dashed black;">  </td> <td style="text-align: center;">  </td> </tr> </table>	GCS	GEP (niveau 1)		
	GCS	GEP (niveau 1)			
					

Figure 8.11 – Première itération

8.5.3 Deuxième itération

A la deuxième itération, les trois buts traités sont:

- **Définir**_(o_obj.connaissance) **les cas d'utilisation**_(O_UML.structure),
- **Définir**_(o_obj.connaissance) **les scénarii**_(O_UML.structure),
- **Définir**_(o_obj.connaissance) **le diagramme des cas d'utilisation** _(O_UML.D_dynamique).

Il est important de noter que ces trois buts doivent être réalisés dans la même itération car ils contribuent à satisfaire le même but. L'activité de *recherche* consiste à trouver pour chaque but b_i les services qui ont pour but b_i (où un but similaire). Dans l'exemple, les services trouvés sont S₂₁ pour le premier but, S₂₂ pour le deuxième but et S₂₃ pour le troisième but. Les règles de correspondances établissent durant la sélection, pour chaque but, le service qui est le meilleur. Ici *la sélection* n'a aucune incidence car un seul service a été trouvé pour chaque but. Pour chaque service, en fonction de la structure du but (il a ou pas plusieurs décompositions), l'adaptation sélectionne la bonne méthode. On suppose que pour les trois services S₂₁, S₂₂ et S₂₃ sont décomposables et que *l'adaptation* a sélectionné

pour chacun la méthode par l'exposé. **La composition** sélectionne respectivement dans le service S_{21} le parcours P_{213} , dans le service S_{22} le parcours P_{226} et dans le service S_{23} le parcours P_{234} .

- Le parcours P_{213} est composé en séquence d'un scénario abstrait désigné par S(définir les liens entre cas d'utilisation) et d'un scénario atomique désigné par S(définir le concept d'acteur). Le scénario abstrait du parcours P_{213} est associé à un but abstrait qu'il est nécessaire de satisfaire. Ce but initialise l'itération 3.
- Le parcours P_{226} est composé en séquence uniquement de scénarii atomiques.
- Le parcours P_{234} est composé en séquence uniquement de scénarii atomiques.

A la fin de cette deuxième itération, le **GCS** a une racine composée du nœud de composition S_2 de type séquence. Ce nœud est relié à 3 nœuds S_{21} , S_{22} et S_{23} , seul le premier est de type composition, les nœuds composants sont « inconnus » au niveau de cette itération.

A la fin de cette deuxième itération, le **GEP** montre un parcours composé d'un sous-parcours non encore défini et de scénarii atomiques ou composites.

Itération 2	
But	Définir _(o_obj.connaissance) les cas d'utilisation _(O_UML.structure) Définir _(o_obj.connaissance) les scénarios _(O_UML.structure) Définir _(o_obj.connaissance) le diagramme des cas d'utilisation _(O_UML.D_dynamique)
Recherche	S ₂₁ : définir les cas d'utilisation avec des ressources LOM S ₂₂ : définir les scénarios avec des ressources LOM S ₂₃ : définir les diagrammes des cas d'utilisation avec des ressources LOM
Sélection	S ₂₁ : définir les cas d'utilisation avec des ressources LOM S ₂₂ : définir les scénarios avec des ressources LOM S ₂₃ : définir les diagrammes des cas d'utilisation avec des ressources LOM
Adaptation	S ₂₁ : Avec une méthode de type exposé S ₂₂ : Avec un méthode de type exposé S ₂₃ : Avec un méthode de type exposé
Composition	S ₂₁ selon P ₂₁₃ : contient en séquence un scénario abstrait : S ₂₁₃₁ (définir les liens entre CU) et un scénario atomique S ₂₁₃₁ (définir le concept d'acteur) S ₂₂ selon P ₂₂₆ : ne contient que des scénarii atomiques en séquence , S ₂₂₆₁ (définir concept de scénario) et S ₂₂₆₂ (spécifier scénario) S ₂₃ selon P ₂₃₄ : ne contient que des scénarii atomiques en séquence, S ₂₃₄₂ (définir les conventions sur les liens) et S ₂₃₄₁ (définir les conventions sur les liens)
Graphes	GCS
	GEP (niveau 1)

Figure 8.12 – Deuxième itération

8.5.4 Troisième itération

A la troisième itération, le but à traiter est : **Définir**_(o_obj.connaissance) **les liens entre cas d'utilisation**_(O_UML.lrelation_uml).

L'activité de *recherche* consiste à trouver pour ce but les services qui ont dans leur profil ce but (où un but similaire). Dans l'exemple, le service trouvé est S₂₁₁. Les règles de correspondances établissent durant la sélection le service qui est le meilleur. Ici *la sélection* n'a aucune incidence car un seul service a été trouvé. Pour ce service, en fonction de la structure du but (il a ou pas plusieurs décompositions), l'adaptation sélectionne la bonne

méthode. On suppose que le service S_{211} est décomposable et que *l'adaptation* a sélectionné la méthode par l'exposé. *La composition* sélectionne le parcours P_{2114} . Ce parcours est composé en parallèle de trois scénarii atomiques désignés par S(définir le lien extend entre cas d'utilisation), S(définir le lien include entre cas d'utilisation) et S(définir le lien généralise entre cas d'utilisation).

A la fin de cette troisième itération, le **GCS** a une racine composée du nœud de composition S2 de type séquence. Ce nœud est relié à 3 nœuds S_{21} , S_{22} et S_{23} , le premier est de type composition, il est maintenant relié au nœud S_{211} . Ce nœud est un nœud de base. Le traitement de la requête est terminé car tous les nœuds feuilles de cet arbre sont des nœuds de base.

A la fin de cette troisième itération, le **GEP** montre un parcours composé uniquement de scénarii atomiques ou composites. On remarque sur ce graphe l'utilisation d'un scénario composite de type « PAR ». Aucun des scénarii le composant n'est abstrait donc l'exécution de ces parcours ne nécessite l'invocation d'aucun autre service. Ainsi la composition « PAR » n'apparaît pas sur le GCS. En effet le GCS ne contient que les services utilisés pour traiter la requête.

Itération 3	
But	Définir _(o_obj.connaissance) les liens entre cas d'utilisation _(O_UML.lrelation_um)
Recherche	S ₂₁₁ : définir les liens entre cas d'utilisation avec des ressources LOM
Sélection	S ₂₁₁ : définir les liens entre cas d'utilisation avec des ressources LOM
Adaptation	S ₂₁₁ : Avec une méthode de type exposé
Composition	S ₂₁₁ : P ₂₁₁₄ qui contient uniquement des scénarii atomiques en parallèle : S ₂₁₁₄₁ (définir le lien entend entre cas d'utilisation), S ₂₁₁₄₂ (définir le lien include entre cas d'utilisation) et S ₂₁₁₄₂ (définir le lien généralise entre cas d'utilisation)
Graphes	GCS
	GEP (niveau 1)

Figure 8.13 – Troisième itération

8.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit les principes d'adaptation et de composition dynamiques de services sous-jacents à la construction de parcours personnalisés. La mise en œuvre de ces principes dans l'approche POPS est basée sur une approche orientée « but ». L'orientation but des services et les décompositions d'un but au sein d'un service permettent d'adapter le comportement d'un service et donc de fournir un parcours personnalisé. La notion de but abstrait permet de composer un service avec d'autres en tenant compte des services disponibles et du contexte.

La construction de parcours personnalisés est vue comme un processus itératif comportant des activités de découverte/sélection, d'adaptation et de composition de services. Ce processus manipule deux structures : le graphe de composition de services (GCS) et le graphe exécutable de parcours (GEP). Le processus a été illustré sur un scénario à travers plusieurs itérations et pour une requête donnée.

Dans la partie suivante, nous présentons une expérimentation de l'approche POPS dans le cadre du projet d'enseignement à distance e-Mi@ge.

TROISIEME PARTIE

Expérimentation de l'approche

INTRODUCTION

Cette partie comporte deux chapitres. Le ***chapitre 9*** présente une expérimentation de l'approche POPS dans le cadre d'un projet Campus Numérique. Il s'agit d'un projet ayant pour objectif de développer des modules d'enseignement à distance pour la filière de formation MIAGE. Le ***dernier chapitre*** présente les contributions et les perspectives de ce travail.

CHAPITRE 9

EXPERIMENTATION DE L'APPROCHE POPS DANS LE CADRE E-MI@GE

« La différence entre la théorie et la pratique, c'est qu'en théorie, il n'y a pas de différence entre la théorie et la pratique, mais qu'en pratique, il y en a une. »

Jan van DE SNEPSCHEUT

« Que la connaissance commence avec l'expérience ne signifie pas que la connaissance dérive de l'expérience. »

Emmanuel KANT

SOMMAIRE

9.1	Introduction	201
9.2	Présentation du projet	201
9.2.1	Objectifs du projet et démarche	201
9.2.2	Les types d'apprenants	202
9.2.3	Les unités d'enseignement	203
9.3	Le module ACOO	205
9.4	Mise en œuvre de l'approche POPS	205
9.4.1	Conception de services pédagogiques	206
9.4.2	La construction de parcours	207
9.5	Conception et publication des services UML	207
9.5.1	Identification des services UML	207
9.5.2	Définition des décompositions de buts	209
9.5.3	Synthèse	213
9.5.4	Spécification détaillée de services UML	215
9.6	Construction de parcours personnalisés pour le module ACOO	223
9.6.1	Exemples de parcours générés pour une requête simple	224
9.6.2	Exemples de parcours générés pour une requête complexe	227
9.7	Evaluation	230
9.7.1	La conception des services.	230
9.7.2	La formulation des requêtes et la construction des parcours	232
9.8	Conclusion	233

9.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons, d'une part, une expérimentation de l'approche POPS dans le cadre d'un projet Campus Numériques et d'autre part, des éléments méthodologiques pour la conception des services. Le projet a pour objectif de développer des modules d'enseignement à distance pour la filière de formation MIAGE. L'approche POPS a été expérimentée pour un module particulier d'analyse et de conception orientée objet avec le langage UML. La démarche d'expérimentation a consisté d'abord à concevoir et à publier des services pédagogiques et ensuite à composer ces services pour définir des parcours personnalisés.

La section 9.2 présente les objectifs du projet, les types d'apprenants et les modules visés. *La section 9.3* décrit le sujet d'enseignement visé par l'expérimentation ; il s'agit de l'enseignement de l'analyse et de la conception orientée objet avec le langage UML. *La section 9.4* définit la démarche générale de mise en œuvre de l'approche POPS. Les *sections 9.5 et 9.6* proposent respectivement des exemples de services pédagogiques et des exemples de parcours personnalisés. *La section 9.7* fait une évaluation de cette expérimentation.

9.2 Présentation du projet

9.2.1 Objectifs du projet et démarche

Le consortium International E_Mi@ge (IEM), qui regroupe aujourd'hui une trentaine d'universités et d'institutions partenaires, est une université virtuelle issue des appels à propositions de campus numériques du ministère français de l'éducation nationale des années 2000-2003.

Cette université virtuelle propose en formation à distance les enseignements de la filière « Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion des Entreprises (MIAGE) » menant aux diplômes de Licence et de Master. Cette filière, proposée par une vingtaine d'universités françaises habilitées à délivrer les diplômes correspondants, forme des spécialistes en ingénierie des systèmes d'information.

La version « distance » a été créée pour atteindre deux objectifs [Cochard, 2006] :

Objectif 1 : Proposer un dispositif de formation continue pour les informaticiens de gestion en exercice. La population salariée concernée se doit de se former de manière continue aux nouveautés méthodologiques et technologiques de leur métier ; toutefois, étant en exercice dans une entreprise, l'hypothèse de retourner en formation dans des structures traditionnelles est à écarter pour un grand nombre pour des raisons évidentes de disponibilité. Mettre à disposition une offre de formation souple et flexible sur Internet est la solution retenue.

Objectif 2 : Proposer la formation Miage à des étudiants lointains. De plus en plus d'étudiants étrangers souhaitent venir en France pour y suivre des études et obtenir des diplômes maintenant reconnus dans l'Union Européenne. Toutefois, les frais engagés pour une telle opération sont élevés (voyage et surtout hébergement / séjour en France). Il a semblé plus raisonnable de proposer la formation dans le pays d'origine en tentant d'y développer, dans la mesure du possible, une coopération avec des institutions locales.

La démarche a été de procéder à la numérisation des contenus de formation pour obtenir, à terme, un dispositif d'auto-formation basé sur des contenus numériques multimédia et interactifs organisés sous forme de « modules ». Cette formule est en accord aujourd'hui avec la réforme des études universitaires (LMD) basée sur un découpage des formations en unités d'enseignement porteuses de crédits ECTS.

9.2.2 Les types d'apprenants

Les modules doivent pouvoir être utilisés pour réaliser des parcours de formation « sur mesure » adaptés au cas personnel de chaque apprenant.

Les publics de e-Mi@ge peuvent être de formation initiale ou continue.

- **Publics de formation initiale.** Sont considérés comme publics de formation initiale des étudiants n'ayant pas interrompu leurs études depuis le baccalauréat (ou son équivalent), n'ayant pas d'activité salariée, et n'étant pas inscrits comme demandeurs d'emploi.

- **Publics de formation continue.** Ils correspondent à l'objectif 1 du consortium IEM. L'accès de ces publics à la e-Mi@age, en France ou à l'étranger est encouragé. Selon les acquis professionnels de ces publics, des parcours adaptés doivent pouvoir être offerts. En particulier, les procédures légales relatives à la Validation des Acquis de l'Expérience ou de la Validation des Acquis Professionnels peuvent être mises en œuvre.

- **Demandeurs d'emploi.** Ils peuvent bénéficier de la e-Mi@age dans la mesure où il ne s'agit pas d'une poursuite d'études initiales.

- **Publics spéciaux.** La e-Mi@age peut être une solution pour des publics ne pouvant suivre des enseignements traditionnels comme les handicapés moteurs, les prisonniers ou les sportifs de haut niveau pour ne prendre que des exemples courants.

9.2.3 Les unités d'enseignement

Les unités d'enseignement couvrent trois années de formation : L3, M1 et M2. Nous avons plus particulièrement travaillé sur la première année de master (cf. figure 9.1 et figure 9.2). Cette année est composée de 15 modules d'enseignement et d'un module de professionnalisation (stage en entreprise). Dans les 15 modules, 12 sont obligatoires et 3 sont optionnels. Dans la filière MIAGE, les modules sont regroupés en pôles disciplinaires (Mathématiques, Informatique, Systèmes d'information...), avec par pôle et par année de formation des volumes horaires définis dans la charte des MIAGES.

Domaine	Code	Titre
P1 - Mathématiques	C106	Analyse et Fouille de données
	C107	Processus stochastiques et simulation
P2 - Informatique	C214	Réseaux et Protocoles
	C215	Bases de données avancées
	C216	Architecture client-serveur

	C217	Techniques de base de l'intelligence artificielle
	C218	Projets de programmation
<i>P3 – Systèmes d'Information</i>	C305	Méthodes orientées objet d'analyse et de conception
	C306	Ingénierie du logiciel
	C307	Intégration d'applications
	C308	Projets de conception
<i>P4 – Organisation et Gestion</i>	C409	Gestion financière et contrôle de gestion

Figure 9.1 – Modules obligatoires

Domaine	Code	Titre
<i>P4 – Organisation et Gestion</i> <i>1 module à choisir parmi</i>	C410	Jeux d'entreprise
<i>P5 – Expression et Communication</i> <i>2 modules à choisir parmi</i>	C506	Communication en entreprise 3
	C507	Anglais 3
	C508	Espagnol 2
	C510	Etudes et recherches 2
	C512	Français 2

Figure 9.2 – Modules optionnels

Dans le cadre de la première année de master, nous avons travaillé sur le module relatif aux méthodes d'analyse et de conception orientées objet basées sur le langage UML. Dans la suite, nous désignons ce module « ACOO ».

9.3 Le module ACOO

L'objectif du module est de présenter l'évolution des méthodes de conception de systèmes d'information et les impacts de l'approche objet sur ces méthodes. Une place importante est donnée au langage UML, il s'agit de présenter les différents concepts et leur usage dans le développement de systèmes d'information. Enfin une partie centrée sur les processus permet d'appréhender les nouvelles démarches de développement.

Les pré-requis pour aborder ce module sont des connaissances en conception de systèmes d'information et une pratique de l'utilisation d'une méthode de type MERISE. Enfin une bonne connaissance des principes de l'approche orientée objet sont nécessaires. Le module aborde les thèmes suivants :

- La conception de systèmes d'information et ses évolutions ;
- L'analyse et la conception orientée objet ;
- Le langage UML (aspect fonctionnel, statique et comportement).

9.4 Mise en œuvre de l'approche POPS

Cette section présente les phases de mise en œuvre de l'approche pour la définition de services et de parcours dans le cadre de l'apprentissage de l'analyse et la conception avec le langage UML. Nous distinguons deux phases : la phase de conception / publication de services et la phase de construction de parcours par adaptation et composition de services.

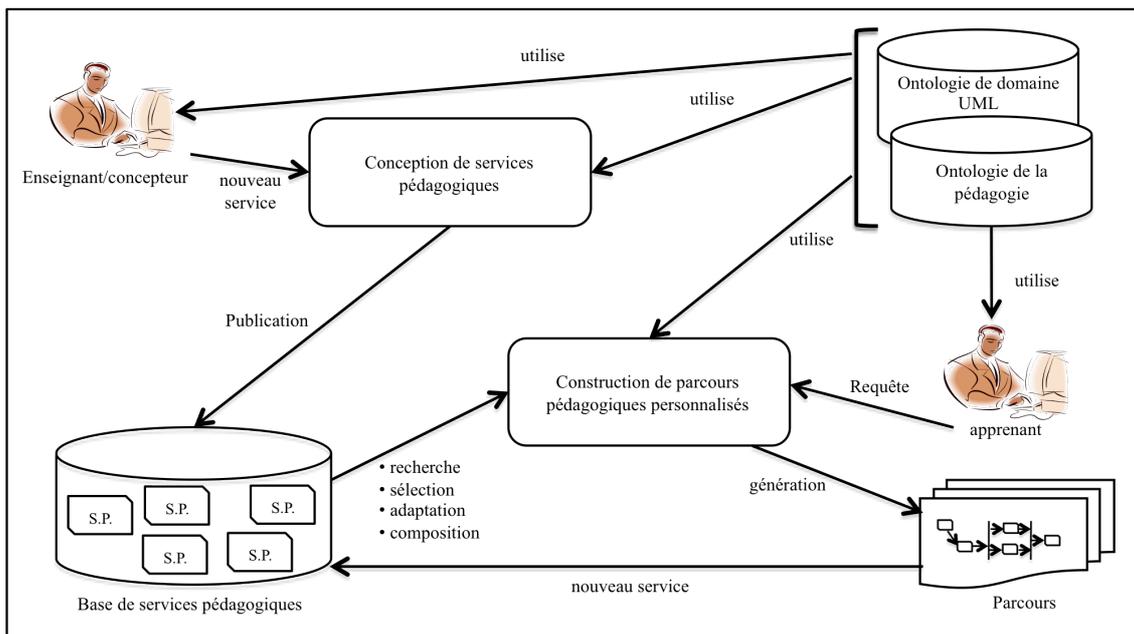


Figure 9.3 – Les phases de mise en œuvre de POPS

9.4.1 Conception de services pédagogiques

La phase de conception est menée par les enseignants/concepteurs qui utilisent l'ontologie de domaine UML et l'ontologie de la pédagogie pour produire des services dédiés à l'apprentissage d'UML. Ces services sont publiés dans une base de services à partir de laquelle on peut générer différents parcours. La base de services s'enrichit au fur et à mesure de l'utilisation de POPS ; en effet tout nouveau parcours produit est une composition de services qui peut être considérée comme un nouveau service pédagogique.

La phase de conception est guidée par les buts pédagogiques. Pour chaque but pédagogique identifié, on définit son graphe ET/OU exprimant toutes les décompositions de ce but. Les éléments méthodologiques qui doivent être pris en compte dans la conception des décompositions sont :

- la notion de but abstrait pour différer une partie de la décomposition du but dans d'autres services ;
- les niveaux d'abstraction proposés par l'ontologie des objectifs pour guider la décomposition;
- les niveaux de complexité des concepts enseignés pour décomposer des buts.

Pour chaque décomposition du but (ou manière de réaliser le but), on identifie les parcours permettant d'opérationnaliser cette décomposition. Ces parcours sont représentés dans le graphe de parcours.

Il est à noter que pour mettre en œuvre POPS, nous supposons que la méta-ontologie de domaine a été instanciée pour le domaine UML.

9.4.2 La construction de parcours

La phase de construction de parcours est mise en œuvre par la découverte, l'adaptation et la composition de services. Cette phase est initiée par une requête de l'apprenant ; celui-ci utilise l'ontologie de domaine et celle de la pédagogie pour formuler sa requête. La recherche/sélection de services est faite à l'aide des ontologies et de la partie profil des services (correspondances de buts). L'adaptation permet de sélectionner la méthode pédagogique la plus adaptée aux préférences et au profil de l'apprenant. La composition permet de sélectionner le meilleur parcours en invoquant d'autres services. La construction de parcours se fait sans intervention de l'apprenant.

9.5 Conception et publication des services UML

9.5.1 Identification des services UML

L'identification des services est basée sur l'identification et la décomposition des buts pédagogiques. La satisfaction de l'ensemble des buts définis doit « couvrir » l'enseignement de l'analyse et de la conception orientée objet avec UML. La recherche de buts est guidée par la typologie des objectifs fournie dans l'ontologie O_obj. On peut noter que si un concepteur de services se limite à définir des buts uniquement de niveau « connaissance », il produit un enseignement très centré sur l'acquisition de connaissances. Au contraire s'il définit des buts dans les niveaux « synthèse » et « évaluation », il développe un enseignement donnant aux étudiants des capacités d'abstraction et des aptitudes à situer UML par rapport à d'autres approches. Les choix de buts ont donc un impact direct sur la « forme » d'enseignement qui sera fournie aux élèves.

Dans cette section, nous donnons le résultat partiel de l'identification des buts pédagogiques dans le cadre de l'enseignement d'UML. Le résultat est organisé selon les six niveaux définis dans l'ontologie des objectifs, à savoir : le niveau « connaissances », le niveau « compréhension », le niveau « application », le niveau « analyse », le niveau « synthèse » et le niveau « évaluation ». Chacun des buts porte un nom et un type lié au niveau de complexité du but. D'un point de vue complexité, les buts ont une ou plusieurs décompositions en sous-buts.

Niveau du but	Nom du but	Type complexe
<i>Connaissance</i>	Définir le concept d'acteur	Une décomposition
	Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes	Plusieurs décompositions
	Définir le langage du diagramme de classes	Une décomposition
	Identifier les types d'associations dans un diagramme de classes	Une décomposition
	Décrire le concept de cas d'utilisation	Plusieurs décompositions
	Définir le langage du diagramme d'activité	Une décomposition
	Décrire les scénarios relatifs à un cas d'utilisation	Plusieurs décompositions
<i>Compréhension</i>	Distinguer un diagramme de classes et un diagramme d'objets	Plusieurs décompositions
	Expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation	Plusieurs décompositions
<i>Application</i>	Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation	Une décomposition
	Construire un diagramme d'activités pour un processus métier	Une décomposition
	Spécifier un cas d'utilisation	Plusieurs décompositions
<i>Analyse</i>	Examiner un cas d'utilisation pour déterminer le besoin fonctionnel et les besoins non fonctionnels.	Plusieurs décompositions

	Analyser un diagramme d'activités pour diagnostiquer un processus métier	Plusieurs décompositions
Synthèse	Utiliser un diagramme de classes pour présenter un « pattern » pour la conception d'une structure générique d'objets complexes	Une décomposition
	Utiliser un diagramme d'état/transition pour compléter un diagramme de classes	Plusieurs décompositions
Evaluation	Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation	Une décomposition
	Comparer la spécification des scénarios basée sur le langage naturel avec celle basée sur le diagramme de séquence.	Plusieurs décompositions

Figure 9.4 – Tableau de buts

9.5.2 Définition des décompositions de buts

Cette phase consiste à identifier pour chaque but, différentes méthodes d'apprentissage. Cette phase est essentielle dans un contexte de personnalisation, en effet les méthodes identifiées au moment de la conception permettent la flexibilité et sont la clé de la personnalisation au moment du traitement d'une requête. Deux notions sont particulièrement utiles dans cette phase : le graphe ET/OU et le concept de but abstrait.

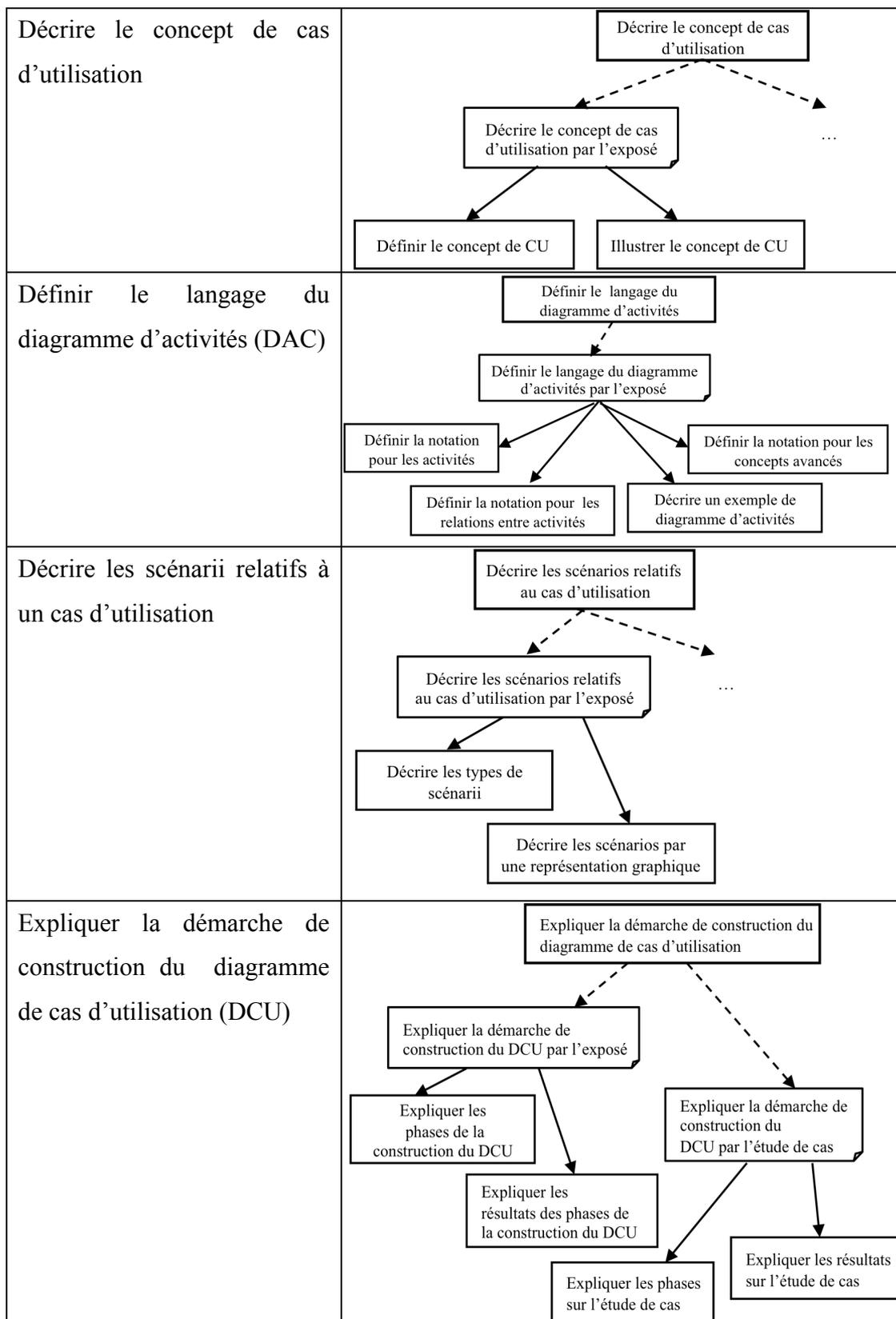
Les méthodes d'apprentissage peuvent être représentées par un **graphe ET/OU**. La démarche consiste à décomposer chaque but en buts de plus en plus simples. La construction de ce graphe doit respecter certaines règles, par exemple la structure OU est définie entre un nœud représentant un but décomposable et des nœuds structures ; ou encore une structure ET doit être définie entre un nœud structure et des nœuds représentants des buts simples, des buts abstraits et des buts décomposables.

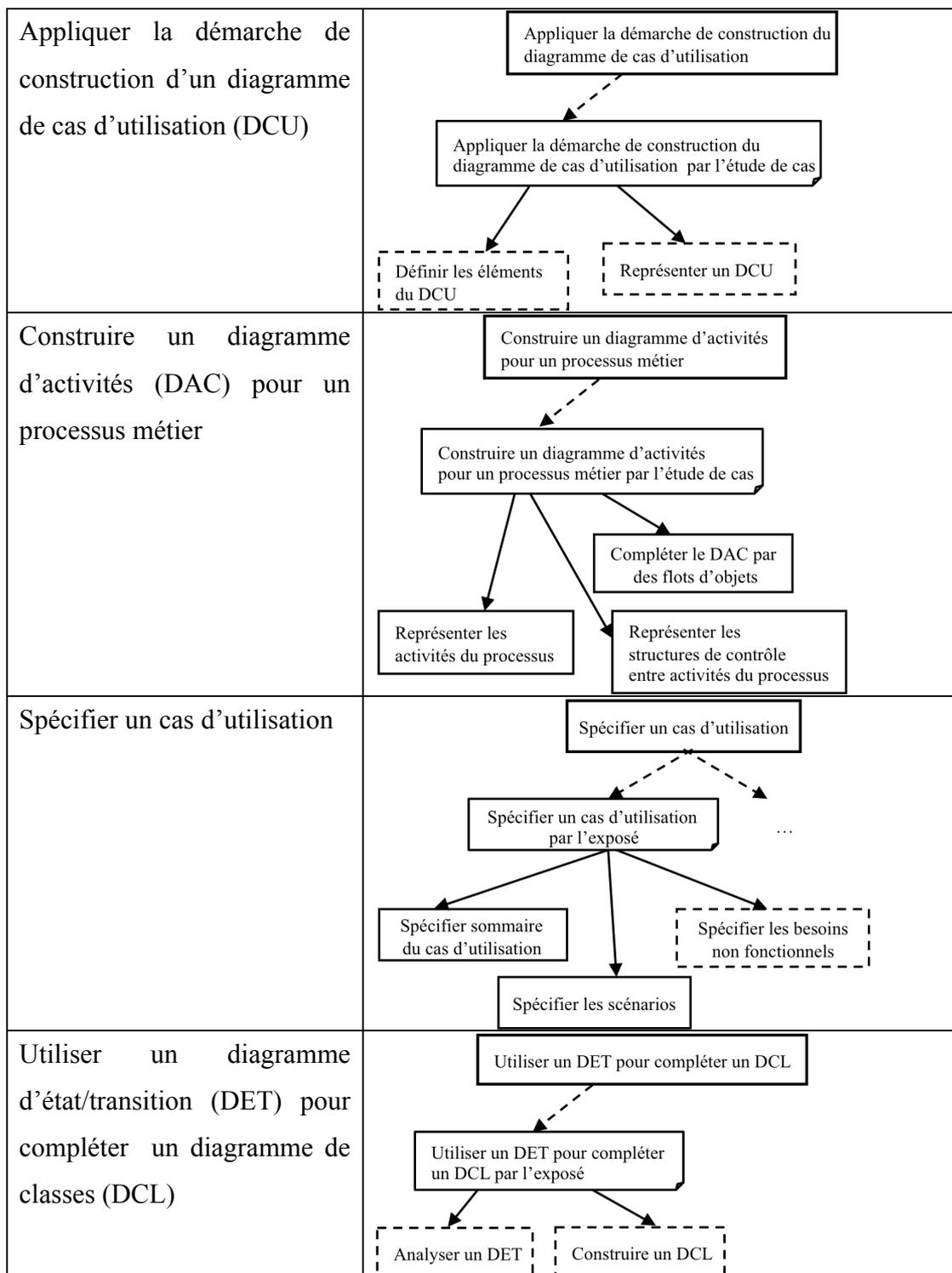
Il est important d'utiliser dans ce processus de décomposition de buts la notion de **but abstrait**. En effet, ce concept est pertinent pour la modularité des services et pour leur « composabilité ». Un but abstrait permet à la conception du graphe ET/OU de faire référence à un but et de fournir sa décomposition dans un autre service. Un but abstrait

permet au moment du traitement d'une requête d'invoquer dans la construction d'un parcours un service, celui qui est le plus adapté au contexte de la requête.

Pour 12 buts parmi les 20 buts spécifiés (les 12 buts sélectionnés sont en « grisé » sur la figure 9.4), le tableau de la figure 9.5 décrit leurs buts constitutifs à l'aide du graphe ET/OU. Ce graphe doit mettre en évidence l'ensemble des décompositions du but, c'est-à-dire les différentes manières de le réaliser. Seul le premier but est simple, il n'a qu'une seule décomposition qui ne contient que des buts simples.

Buts	Graphe ET/OU
Définir le concept d'acteur	<p>The graph for 'Définir le concept d'acteur' shows a top-level goal box 'Définir le concept d'acteur' with a dashed arrow pointing to a sub-goal 'Définir le concept d'acteur par l'exposé'. From this sub-goal, three solid arrows point to 'Décrire le concept d'acteur', 'Identifier les acteurs dans un texte', and another 'Définir le concept d'acteur par l'exposé' box.</p>
Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL)	<p>The graph for 'Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL)' shows a top-level goal box 'Décrire la démarche de construction d'un DCL' with a dashed arrow pointing to a sub-goal 'Décrire la démarche de construction d'un DCL par l'exposé'. From this sub-goal, two solid arrows point to 'Définir les concepts du DCL' (which is enclosed in a dashed box) and 'Décrire les phases de construction du DCL'. There is also an ellipsis '...' to the right of the sub-goal box.</p>
Définir le langage du diagramme de classes	<p>The graph for 'Définir le langage du diagramme de classes' shows a top-level goal box 'Définir le langage du diagramme de classes' with a dashed arrow pointing to a sub-goal 'Définir le langage du diagramme de classes par l'exposé'. From this sub-goal, four solid arrows point to 'Définir la notation pour les classes', 'Définir la notation pour les relations entre classes', 'Définir la notation pour les concepts avancés', and 'Décrire un exemple de diagramme de classes'.</p>





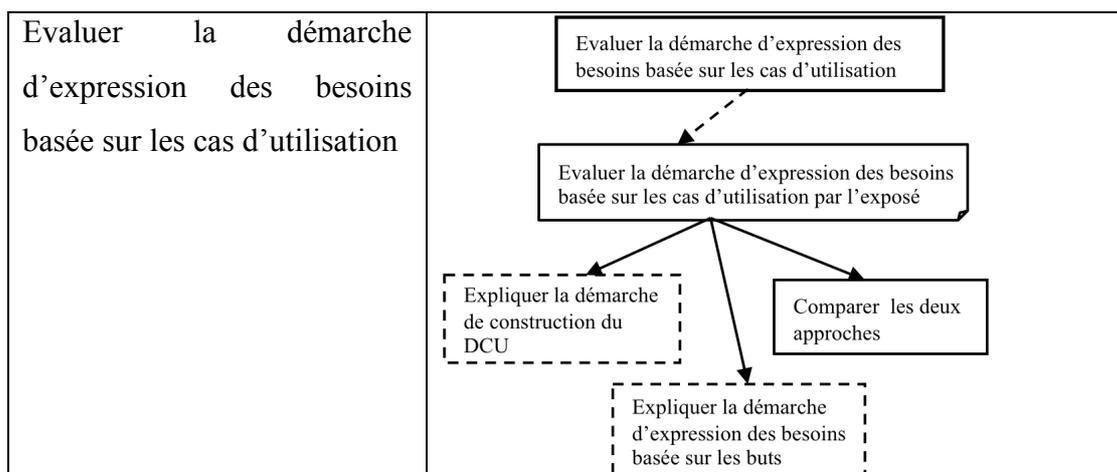


Figure 9.5 – Représentation des buts et de leur décomposition

9.5.3 Synthèse

Le tableau de synthèse de la figure 9.6 résume les 12 buts identifiés en section 9.5.2. Il décrit les types de buts et de parcours correspondant à chacun des services. La « référence annexe » mentionnée permet de renvoyer au détail de chaque service mis en annexe de ce document. Les éléments de profil spécifient les principaux termes utilisés dans la description du profil de chacun des services décrits.

Nom service	But	Référence annexe	Type du but	Type de parcours	Elements du profil
S ₁	Définir le concept d'acteur	A1	Connaissance	Mono parcours prédéfini	Novice, infomatique ; SCORM, SCO
S ₂	Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL)	A2	Connaissance	Parcours composable	Novice, infomatique ; IMS-LD, SCO
S ₃ *	Définir le langage du diagramme de classes	A4	Connaissance	Multi parcours prédéfini	Novice, infomatique; LOM, SCO
S ₄	Décrire le concept de cas d'utilisation	A3	Connaissance	Parcours type	Intermédiaire, infomatique; LOM, agrégation
S ₅	Définir le langage du diagramme d'activités	A5	Connaissance	Multi parcours prédéfini	Intermédiaire, économie; IMS-LD, Asset
S ₆	Décrire les scénarios relatifs à un cas d'utilisation	A9	Connaissance	Parcours type	Novice, gestion; LOM, Asset
S ₇ *	Expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation	A6	Compréhension	Parcours type	Expert, Informatique; IMS-LD, agrégation
S ₈	Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation	A7	Application	Mono parcours prédéfini	Novice, infomatique ; SCORM, Asset
S ₉ *	Construire un diagramme d'activités pour un processus métier	A8	Application	Mono parcours prédéfini	Expert, Gestion; IMS-LD, SCO
S ₁₀	Spécifier un cas d'utilisation	A10	Application	Parcours composable	Intermédiaire, gestion; LOM, agrégation
S ₁₁	Utiliser un diagramme d'état/transition pour compléter un diagramme de classe	A11	Synthèse	Parcours composable	Expert, Gestion; SCORM, agrégation
S ₁₂ *	Evaluer la démarche d'expression des besoins basées sur les cas d'utilisation	A12	Evaluation	Parcours composabe	Expert, Informatique; SCORM, agrégation

Figure 9.6 – Liste des services pédagogiques expérimentés

9.5.4 Spécification détaillée de services UML

Cette section présente la spécification détaillée de quatre services pédagogiques UML : S₃, S₇, S₉, et S₁₂. Ces quatre services sont représentatifs des quatre niveaux de flexibilité que le modèle permet d'exprimer. La spécification détaillée d'un service vise à décrire les parcours offerts par le service.

La démarche consiste à définir pour chaque décomposition du but (c'est-à-dire pour chaque manière de réaliser le but) l'ensemble des parcours permettant d'opérationnaliser la décomposition. Il existe une différence essentielle entre le niveau décomposition (partie structure du service) et le niveau parcours (partie comportement), le premier est exprimé en termes de buts et le second en termes d'activités et de scénarii. Le niveau comportement est donc opérationnel ou exécutable.

Les parcours possibles associés à une décomposition de but sont les différents ordonnancements possibles pour mettre en œuvre cette décomposition. Deux types de représentation sont utilisés dans cette phase : le graphe de parcours et les diagrammes d'activités. Le graphe de parcours est défini en composant des scénarii. Un scénario est en fait un fragment de parcours qui peut être partagé par différents parcours.

9.5.4.1 Spécification détaillée d'un service pédagogique de type « mono parcours prédéfini »

L'exemple de la figure 9.7a et 9.7b illustre un service pédagogique de type mono parcours prédéfini. Le service S₉ est associé au but pédagogique « construire un diagramme d'activités pour un processus métier ». Il est à noter que dans la partie profil, le verbe utilisé pour définir le but du service est de type « application ». Autrement dit, ce service fournit un fragment de démarche pour construire le diagramme d'activités.

Partie profil du but du service « Construire un diagramme d'activités (DAC) pour un processus métier »		
But	Verbe	Construire
	Sujet	Diagramme d'activités
Contexte	Cible	Expert; gestion
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	IMS-LD; SCO
Propriété	Complexité	2
	Durée	30 minutes
	Niveau	Pratique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Construire un diagramme d'activités (DAC)) pour un processus métier »		
Descripteurs	Situation initiale	Construire un DAC pour un processus métier
	Situation finale	Construction de DAC
Structure	<pre> graph TD A[Construire un diagramme d'activités pour un processus métier] -.-> B[Construire un diagramme d'activités pour un processus métier par l'étude de cas] B --> C[Représenter les activités du processus] B --> D[Représenter les structures de contrôle entre activités du processus] B --> E[Compléter le DAC par des flots d'objets] </pre>	

Figure 9.7a –Partie profil et partie structure du service de type mono parcours prédéfini

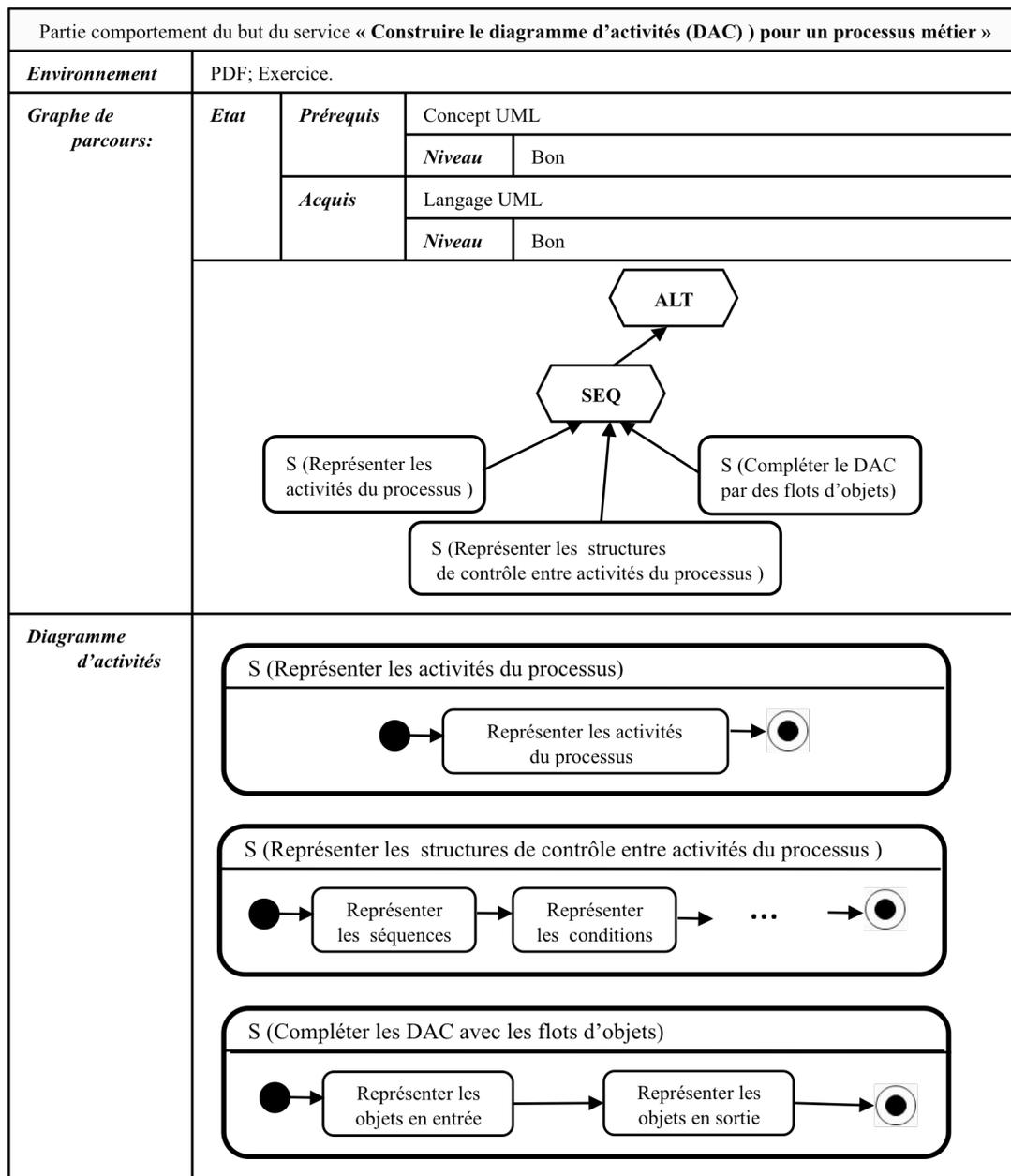


Figure 9.7b –Partie comportement du service de type mono parcours prédéfini

9.5.4.2 Spécification détaillée d'un service pédagogique « multi parcours prédéfini »

L'exemple de la figure 9.8a et 9.8b illustre un service pédagogique de type multi parcours prédéfini. Le service S₃ est associé au but « Définir le langage du diagramme de classes ».

Partie profil du but du service « Définir le langage du diagramme de classes »		
But	Verbe	Définir
	Sujet	Langage du diagramme de classes
Contexte	Cible	Novice; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	LOM; SCO
Propriété	Complexité	1
	Durée	20 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Définir le langage du diagramme de classes (DCL) »		
Descripteurs	Situation initiale	Définir le langage du DCL
	Situation finale	Langage du DCL
Structure	<pre> graph TD A[Définir le langage du diagramme de classes] -.-> B[Définir le langage du diagramme de classes par l'exposé] B --> C[Définir la notation pour les classes] B --> D[Définir la notation pour les relations entre classes] B --> E[Définir la notation pour les concepts avancés] B --> F[Décrire un exemple de diagramme de classes] </pre>	

Figure 9.8a –Partie profil et partie structure du service de type multi parcours prédéfini

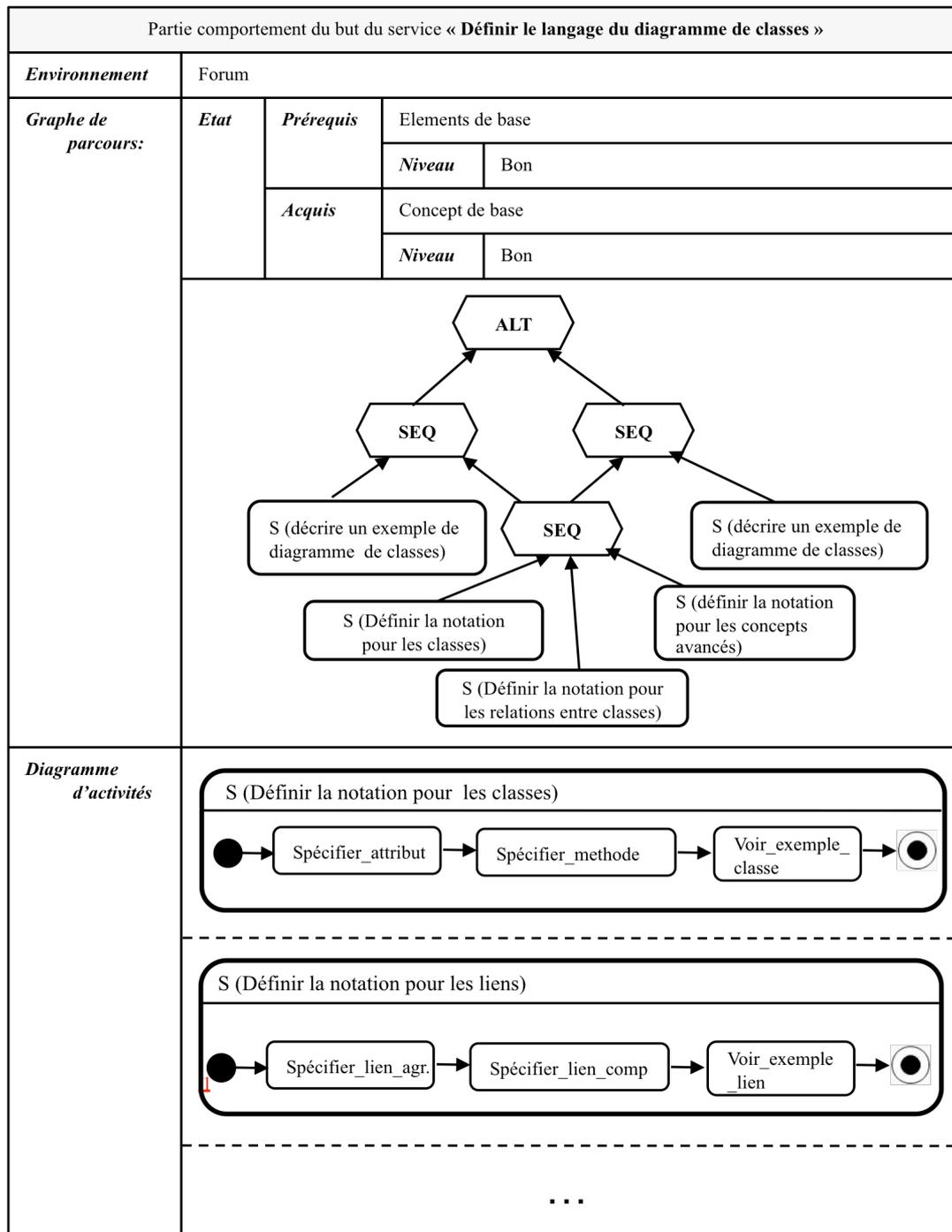


Figure 9.8b –Partie comportement du service de type multi parcours prédéfini

9.5.4.3 Spécification détaillée d'un service pédagogique « parcours type »

L'exemple de la figure 9.9a et 9.9b illustre un service pédagogique de type parcours type. Le service S₇ consiste à « expliquer la démarche de construction du diagramme de cas

d'utilisation ». Il fournit une structure décomposable qui offre deux méthodes d'apprentissage différentes soit « expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation par l'exposé », soit « expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation par l'étude de cas ».

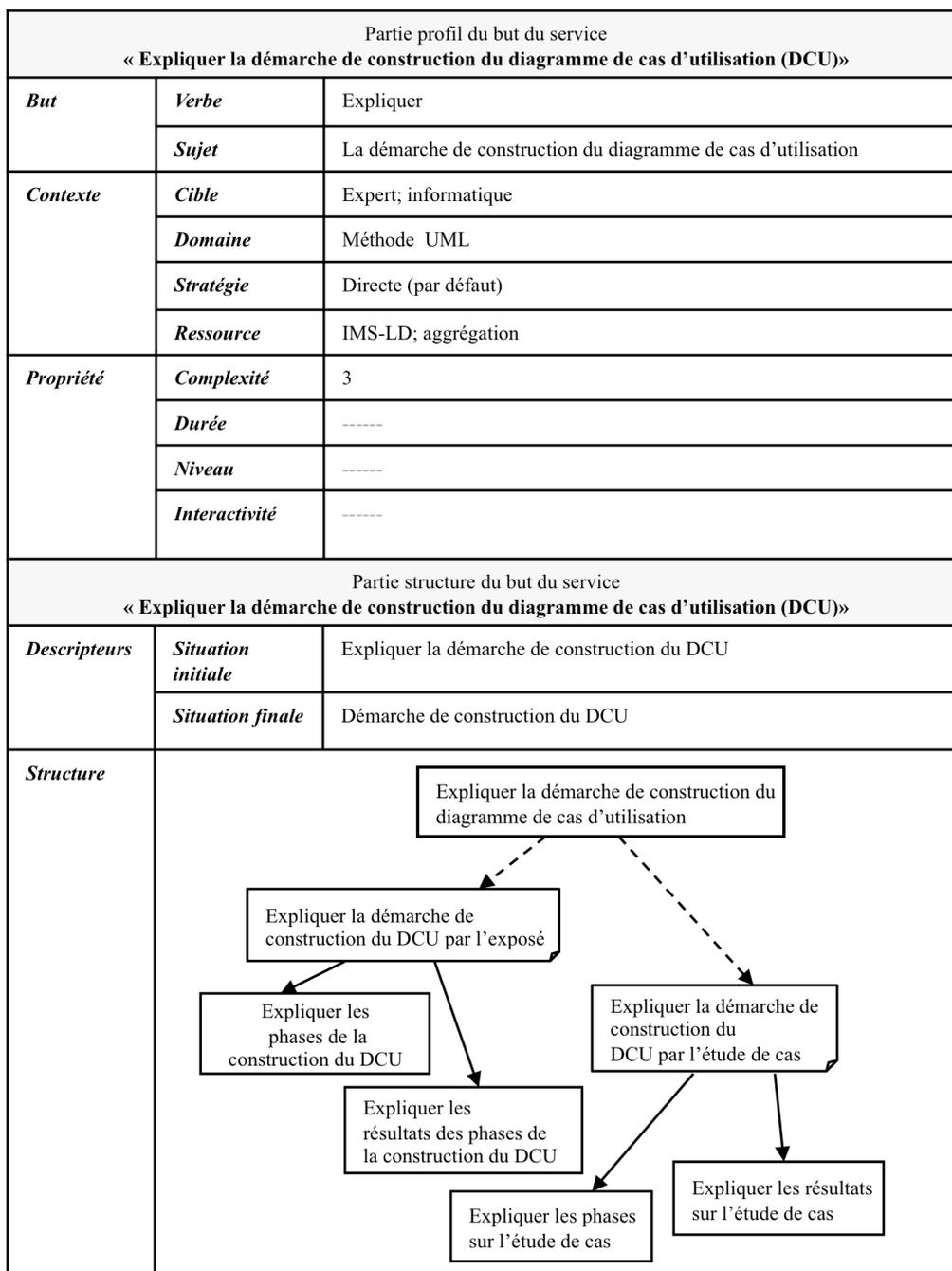


Figure 9.9a –Partie profil et partie structure du service de type parcours type

Ces deux manières sont connues au moment de la conception, elles sont spécifiées au moyen du graphe ET/OU. C'est au moment du traitement d'une requête que l'on choisira une manière ou une autre en fonction du profil de l'apprenant.

Autrement dit, pour réaliser ce but, le service propose deux méthodes qu'il adaptera au profil de l'apprenant.

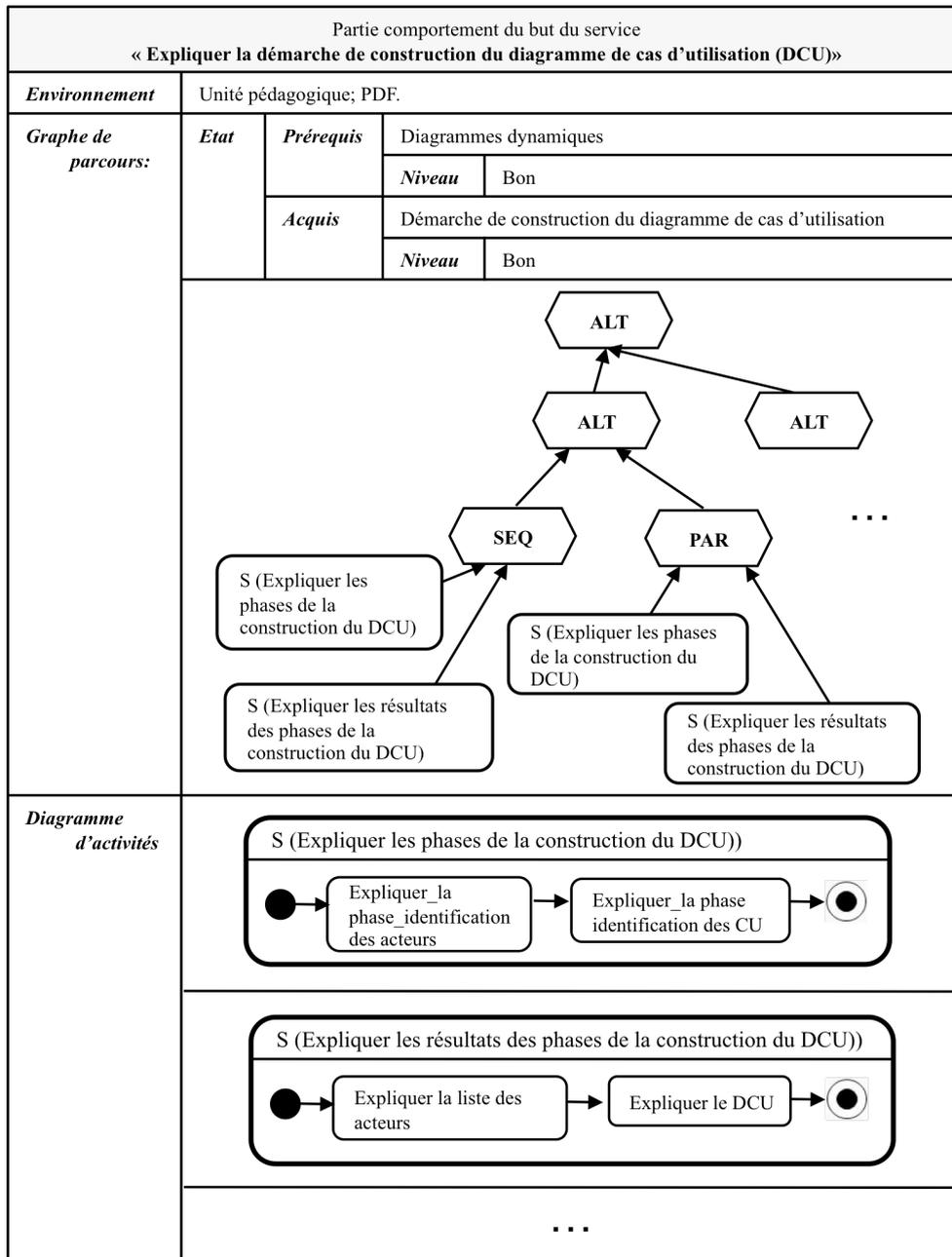


Figure 9.9b –Partie comportement du service de type parcours type

9.5.4.4 Spécification détaillée d'un service pédagogique de type « parcours composable »

L'exemple de la figure 9.10a et 9.10b illustre un service pédagogique de type parcours composable. Le service S₁₂ consiste à apprendre à « évaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation ».

Partie profil du but du service « Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation »		
But	<i>Verbe</i>	Evaluer
	<i>Sujet</i>	Démarche d'expression des besoins
Contexte	<i>Cible</i>	Expert; informatique
	<i>Domaine</i>	Méthode UML
	<i>Stratégie</i>	Directe (par défaut)
	<i>Ressource</i>	SCORM; agrégation
Propriété	<i>Complexité</i>	3
	<i>Durée</i>	120 minutes
	<i>Niveau</i>	Théorique
	<i>Interactivité</i>	-----
Partie structure du but du service « Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation »		
Descripteurs	<i>Situation initiale</i>	Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation
	<i>Situation finale</i>	Démarche d'expression des besoins
Structure	<pre> graph TD A[Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation] -.-> B[Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation par l'exposé] B --> C[Expliquer la démarche de construction du DCU] B --> D[Comparer les deux approches] B --> E[Expliquer la démarche d'expression des besoins basée sur les buts] style C stroke-dasharray: 5 5 style D stroke-dasharray: 5 5 style E stroke-width: 2px </pre>	

Figure 9.10a – Partie profil et partie structure du service de type parcours composable

Ce service contient dans sa structure deux buts abstraits « expliquer la démarche de construction du DCU » et « Expliquer la démarche d'expression des besoins basée sur les buts ». Ceci se traduit par l'existence de deux scénarii abstraits dans le graphe de parcours.

Au moment de l'exécution, ce service va aller chercher dans la base de services disponibles le ou les service(s) correspondants. Ce service va permettre une composition dynamique de scénarii pour construire un parcours personnalisé.

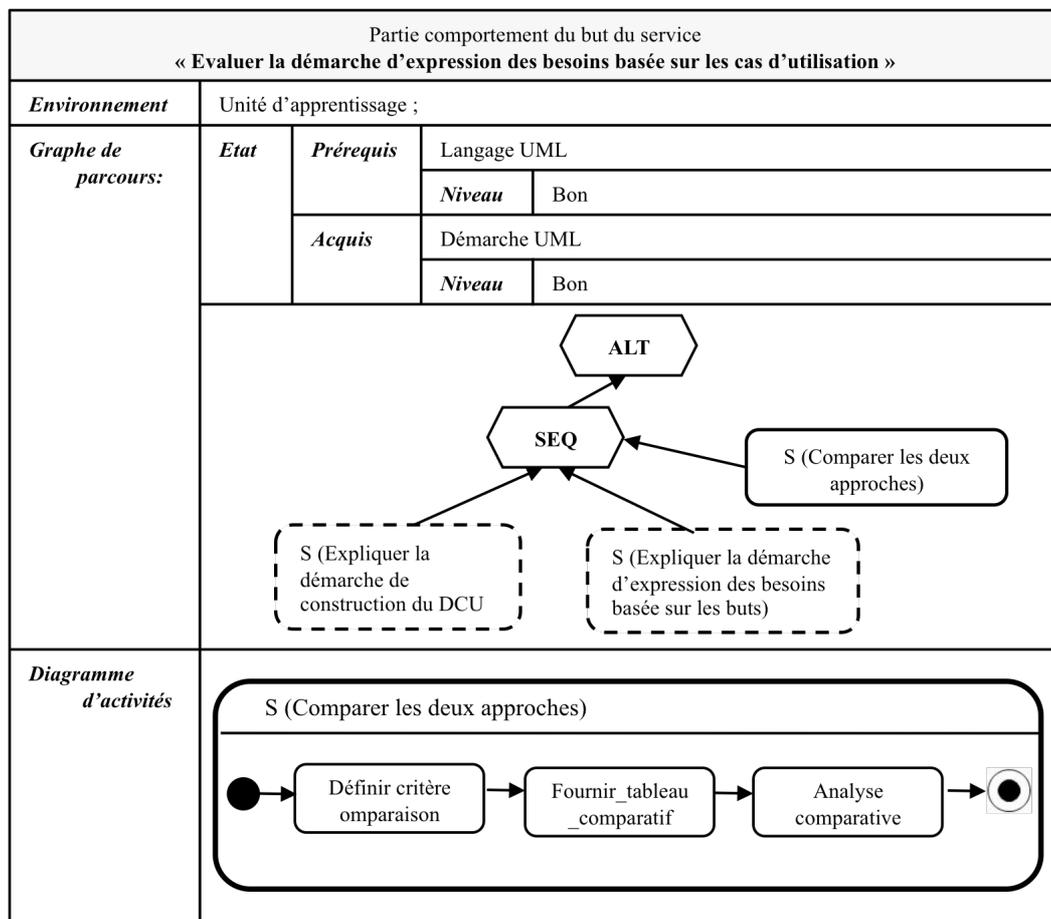


Figure 9.10b –Partie comportement du service de type parcours composable

9.6 Construction de parcours personnalisés pour le module ACOO

La construction d'un parcours consiste à traiter une demande d'un apprenant. Ce traitement vise à satisfaire l'intention de l'apprenant en recherchant, sélectionnant, adaptant et composant des services. La construction d'un parcours est guidée par la satisfaction de buts, elle peut nécessiter plusieurs itérations avant la génération du parcours exécutable. Le

nombre d'itérations est directement dépendant du but et de son niveau de complexité. On donne ci-après quatre parcours générés pour quatre requêtes différentes.

9.6.1 Exemples de parcours générés pour une requête simple

On appelle une requête simple, une requête qui n'utilise qu'un seul service. La requête à traiter dans cet exemple est définie par :

- Le but « décrire » qui est un but de niveau connaissance dans l'ontologie des objectifs ;
- Le sujet de ce but est le concept de base « scénarios relatifs à un cas d'utilisation » de l'ontologie de domaine UML ;
- L'environnement est composé de ressources définies dans le standard « LOM » ;
- Le contexte apprenant est composé de deux termes, le premier indique que l'apprenant a des compétences « novice » sur un autre domaine qui est la « POO » et le second indique que la préférence de l'apprenant en matière de pédagogie est la méthode de l' « exposé ».

On donne ci-dessous deux parcours générés, suivant le niveau (« bon » ou « moyen ») que l'apprenant veut atteindre dans sa maîtrise en UML de la description des scénarii. Ces termes sont indiqués dans le contexte de la requête (contexte apprenant).

- i) L'apprenant souhaite obtenir un « bon » niveau dans la capacité à décrire les scénarii d'un cas d'utilisation;*

L'activité de **recherche/sélection** consiste à trouver pour ce but les services qui ont dans leur profil ce but (où un but similaire). Dans l'exemple de la figure 9.11, le service trouvé est S. Pour ce service, la structure du but a plusieurs décompositions. **L'adaptation** sélectionne toutes les méthodes par l'exposé (partie grisée sur la figure 9.11). **La composition** sélectionne le parcours P, ce parcours tient compte que le niveau souhaité dans la capacité à décrire les scénarii est « bon ». Ce parcours est une composition en séquence de quatre scénarii (partie grisée sur la figure 9.12) :

- Scénario 1 : Comprendre les trois types de scénarii dans un cas d'utilisation (principal, extension et exception) ;

- Scénario 2 : Comprendre la représentation de chaque scénario avec un diagramme de séquence ;
- Scénario 3 : Comprendre la représentation de chaque scénario sous forme textuelle ;
- Scénario 4 : Comprendre la représentation consolidée de l'ensemble des scénarii avec un diagramme d'activités.

La génération consiste à construire un diagramme d'activités qui est l'assemblage en séquence des quatre diagrammes d'activités contenus dans le service S correspondant aux quatre scénarii atomiques composant le parcours sélectionné.

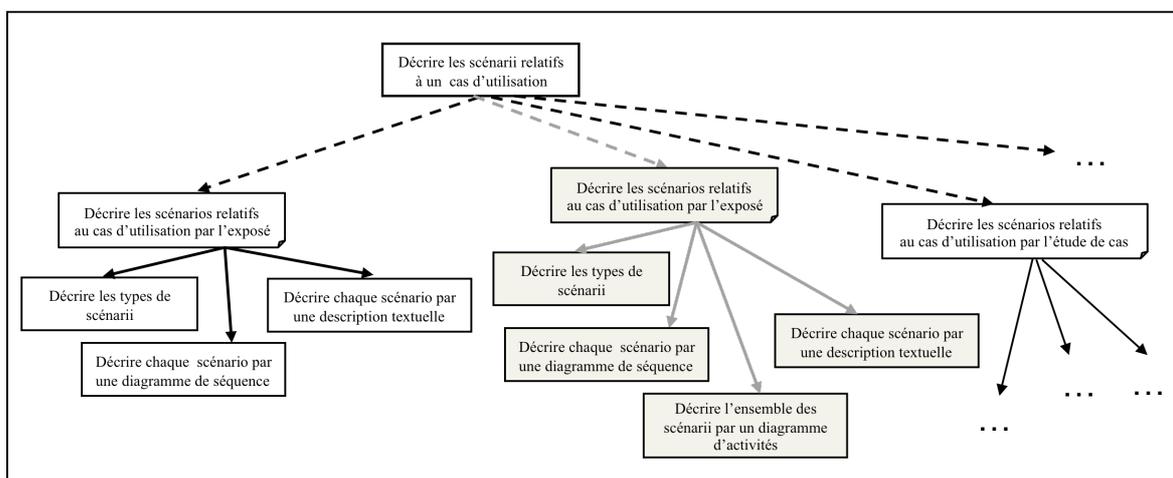


Figure 9.11 – Décompositions sélectionnées pour apprendre à décrire les scénarii d'un même cas d'utilisation

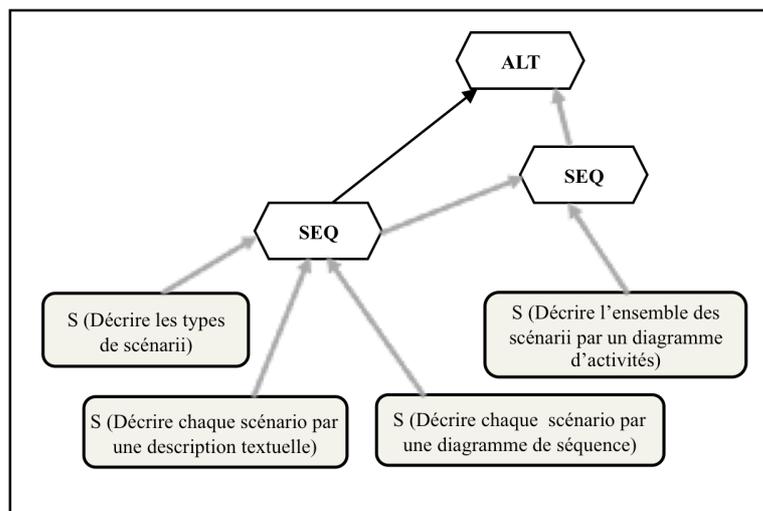


Figure 9.12 – Parcours pour apprendre à décrire des scénarii d'un même cas d'utilisation avec un « bon » niveau

ii) L'apprenant souhaite obtenir un niveau « moyen » dans sa capacité à décrire les scénarii d'un cas d'utilisation;

Si l'apprenant dans sa requête a exprimé qu'il voulait atteindre ce même objectif (décrire les scénarii d'un cas d'utilisation) avec un niveau « moyen », le parcours généré est une composition en séquence de trois scénarii : le scénario 1, le scénario 2 et le scénario 3 (cf. figure 9.13) ; dans ce cas la synthèse des scénarii relatifs à un même cas d'utilisation dans un diagramme d'activités n'est pas proposée.

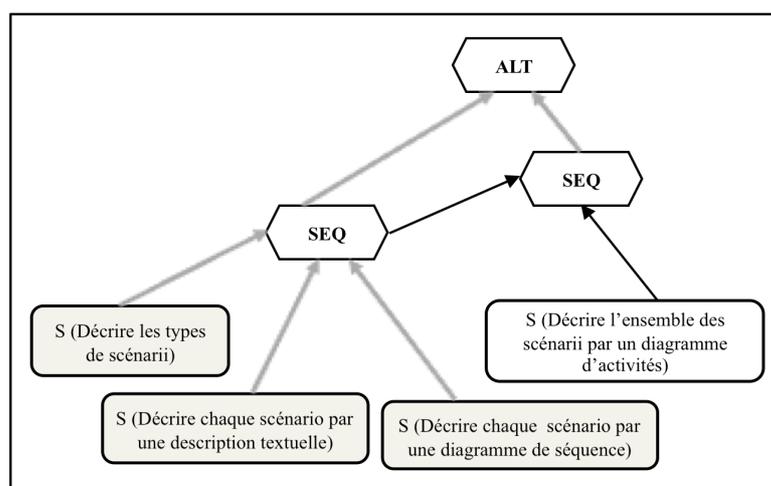


Figure 9.13 – Parcours pour apprendre à décrire des scénarii d'un même cas d'utilisation avec un niveau « moyen »

9.6.2 Exemples de parcours générés pour une requête complexe

La requête à traiter dans cet exemple est définie par :

- Le but « décrire » qui est un but de niveau connaissance dans l'ontologie des objectifs ;
- Le sujet de ce but est le concept de base « démarche de construction du DCL » de l'ontologie de domaine UML ;
- L'environnement est composé de ressources définies dans la nature pédagogie de type « unité pédagogie » ;
- Le contexte apprenant est composé d'un terme qui indique que la préférence de l'apprenant en matière de pédagogie est la méthode de l' « exposé ».

On donne ci-dessous deux parcours générés, suivant que le profil de l'apprenant dans le contexte apprenant indique qu'il a un profil « gestion » ou un profil « informatique ». Ces termes sont indiqués dans le contexte de la requête (contexte apprenant).

i) L'apprenant a un profil « gestion »

L'activité de *recherche/sélection* consiste à trouver pour le but « Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes » les services qui ont dans leur profil ce but (où un but similaire). Dans l'exemple de la figure 9.14, le service trouvé est S. Pour ce service, la structure du but a plusieurs décompositions. *L'adaptation* sélectionne toutes les méthodes par l'exposé (partie grisée sur la figure 9.14), ces méthodes contiennent un but abstrait (représenté en pointillés). *La composition* sélectionne le parcours P (cf. figure 9.15) qui nécessite la recherche d'un service pour satisfaire le but abstrait « Décrire les concepts du diagramme de classes ». La recherche/sélection de services tient compte que le profil est « gestion ». Ainsi le service retenu apprend à décrire les concepts de base du diagramme de classes (cf. figure 9.16). Ce parcours est composé après composition en séquence des scénarii (partie grisée sur la figure 9.16) :

- Scénario 1 : Décrire le concept de classe ;
- Scénario 2 : Décrire le concept d'association entre classes;
- Scénario 3 : Décrire les phases de la construction du diagramme de classes;

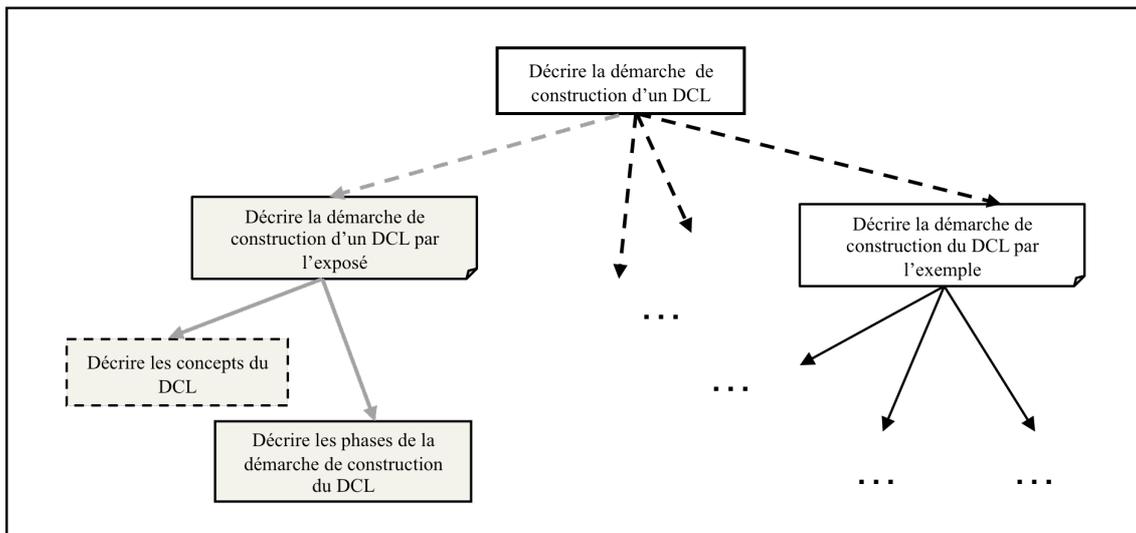


Figure 9.14 – Décompositions sélectionnées pour apprendre à construire un diagramme de classes

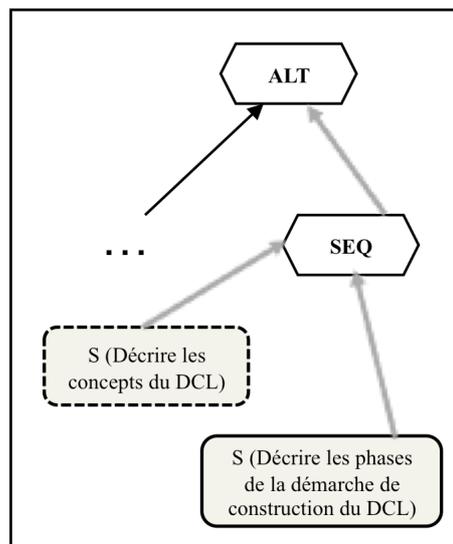


Figure 9.15 – Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes

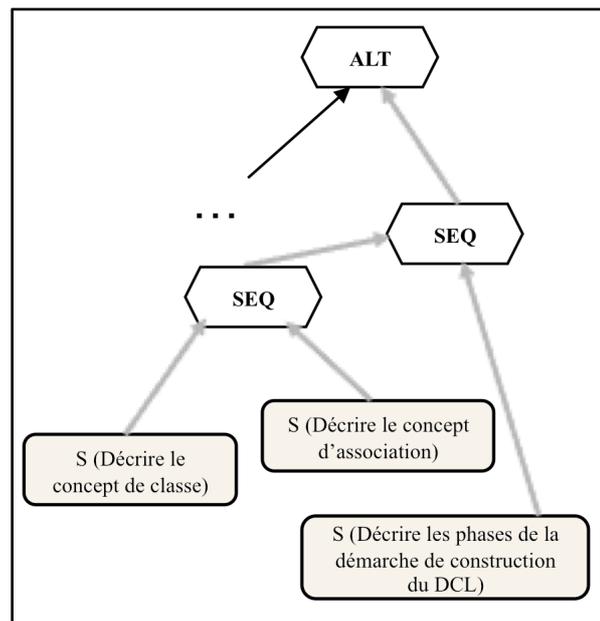


Figure 9.16 – Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes avec le profil « gestion »

La génération consiste à construire un diagramme d'activités qui est l'assemblage en séquence des trois diagrammes d'activités contenus dans le service S correspondant aux trois scénarii atomiques composant le parcours sélectionné.

ii) L'apprenant a un profil « informatique »

Si l'apprenant dans sa requête souhaite atteindre le même objectif avec un profil « informatique », le parcours généré est une composition en séquence de nombreux scénarii (cf. figure 9.17) qui vont lui apprendre à construire un diagramme de classes avec de nombreux concepts (classe, agrégation, composition, classe active).

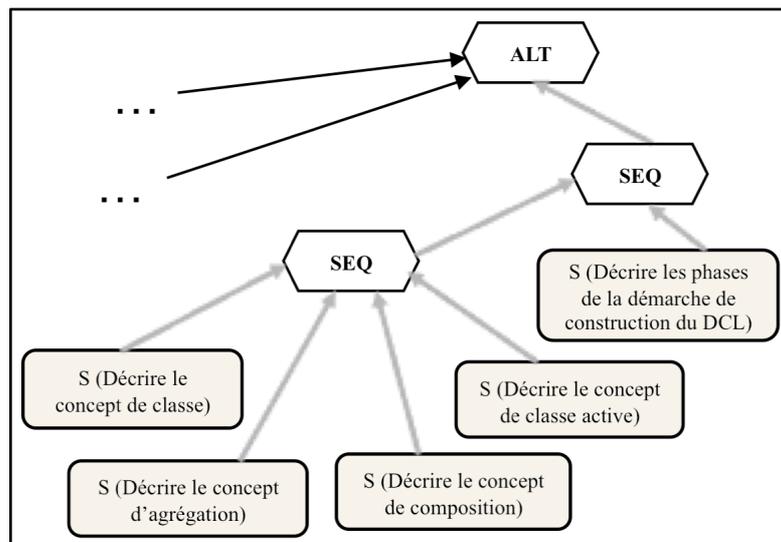


Figure 9.17 – Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes avec le profil « informatique »

9.7 Evaluation

Cette section fournit des éléments d'évaluation de l'approche, suite à l'expérimentation sur le langage UML. Ces éléments portent essentiellement sur la conception des services et la formulation des requêtes. En effet, la construction de parcours est quasi-automatique si, d'une part, la requête est bien formulée et d'autre part, la conception des services « couvre » le sujet d'enseignement ciblé.

9.7.1 La conception des services.

Concernant la conception, quatre difficultés peuvent être mises en évidence, suite à cette expérimentation.

- **Les buts et les décompositions de buts.** La conception des services est largement basée sur la notion de but et de décomposition de but. Il est souvent difficile de « raisonner » sur les buts, deux questions se posent dans ce raisonnement, comment décomposer un but ? Et jusqu'où décomposer un but ? Ces questions restent aujourd'hui ouvertes et les mêmes se posent dans d'autres domaines tels que l'ingénierie des besoins ou la modélisation des processus métiers basée sur les buts métiers ;

- **La couverture du sujet d'enseignement.** Le problème est ici de valider la complétude des services au regard du sujet enseigné. Ce besoin est cependant moins important dans un contexte où les principes de composition et d'adaptation dynamiques autorisent à rajouter des services dans la base de services et que le traitement d'une nouvelle requête d'apprenant peut bénéficier de ces nouveaux services. Il est pertinent à ce niveau de donner la possibilité d'enrichir la base de services avec les compositions de services générées pendant le traitement des requêtes. Ainsi le traitement d'une requête s'apparente à la conception d'un nouveau service.
- **L'expression des éléments pédagogiques.** La description des services pédagogiques nécessite des connaissances du domaine de l'éducation. A ce jour, peu de travaux ont abouti à une formalisation de ces connaissances. Par exemple, les connaissances sur la caractérisation des méthodes pédagogiques restent insuffisantes. Pourtant, de cette formalisation dépendent la qualité des services offerts et le degré de personnalisation des parcours.
- **La confusion entre les connaissances pédagogiques et les connaissances du sujet d'enseignement.** Il est important lorsqu'on conçoit des services pédagogiques avec le modèle POPS d'exprimer la variabilité en termes de méthodes pédagogiques et non en termes de méthodes d'ingénierie si le sujet d'enseignement est par exemple UML. En effet UML propose, parfois des alternatives pour traiter un problème d'ingénierie par exemple, on peut exprimer en UML les scénarii avec des diagrammes de séquences ou avec des descriptions textuelles. Ces deux possibilités ne sont pas des méthodes pédagogiques différentes et ne doivent pas apparaître sous forme de « OU » dans le graphe ET/OU de buts, en effet un enseignement d'UML doit présenter les deux formes de description des scénarii. La variabilité que doit mettre en évidence le graphe ET / OU est une variabilité portant sur les méthodes pédagogiques (par l'exposé, par l'étude de cas...), sur les activités pédagogiques...

Cette expérimentation a permis de faire aussi émerger des besoins sur le plan méthodologique. Certains services pédagogiques présentent des structures récurrentes. Par

exemple, tous les services permettant d'expliquer une démarche de construction d'un modèle ou d'un diagramme ont des descriptions qui se ressemblent. On peut donc imaginer de disposer de **patterns de conception de services** qui pourraient être réutilisés. De tels patterns pourraient offrir des « trames » de graphes ET/OU et de graphes de parcours. De la même manière, des services définis avec le même type d'objectif (par exemple définir ou évaluer, ...) présentent des ressemblances que l'on pourrait abstraire sous forme de patterns. Les types de concepts et les types d'objectifs peuvent donc aider à l'identification de ces patterns.

Par ailleurs, la structuration du sujet d'enseignement peut guider aussi la définition de certains services. Par exemple, la complexité d'un concept du sujet d'enseignement a une relation avec la complexité des objectifs qui sont définis sur ce sujet. Il est donc aussi intéressant d'utiliser la « structure » d'un concept pour concevoir la structure des graphes ET/OU des objectifs associés à ce concept.

9.7.2 La formulation des requêtes et la construction des parcours

Le traitement d'une requête et la qualité (du point de vue de la personnalisation) du parcours généré sont dépendant de la formulation de la requête et des termes qui la composent. Une première aide à la formulation est fournie par les ontologies, mais il apparaît difficile de demander à un apprenant de formuler sa requête une fois pour toute et de manière complète. Aussi il serait opportun d'envisager une formulation de la requête de manière dynamique et guidée. Par exemple, une requête qui ne contiendrait rien sur le profil pourrait conduire à obtenir plusieurs services et les contextes de ces services pourraient être utilisés par l'apprenant pour choisir le service adapté. Ainsi, plutôt qu'un processus complètement automatisé pour la construction de parcours qui contraindrait l'apprenant à formuler sa requête en une seule fois, un processus interactif avec choix de l'apprenant et guidage dans les choix semble plus approprié. Ainsi, le contexte de la requête se construit dynamiquement au fur et à mesure que la requête est traitée.

9.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principaux objectifs du projet d'enseignement à distance e-Mi@ge. Nous avons partiellement appliqué l'approche POPS pour un module d'enseignement relatif à l'analyse et la conception orientée objet avec le langage UML.

Nous avons défini une démarche générale de conception de services pédagogiques conduite par les buts. La démarche suggère à plusieurs niveaux d'exprimer de la variabilité (plusieurs décompositions possibles d'un même but et plusieurs parcours possibles pour une même décomposition). Les modèles de représentation utilisés dans cette phase sont les graphes ET/OU, les graphes de parcours et les diagrammes d'activités. La construction de parcours a été expérimentée pour quatre requêtes dont le traitement a généré des parcours différents en fonction du niveau de compétence souhaité par l'apprenant ou du profil de l'apprenant.

CHAPITRE 10

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

*« Réfléchir, c'est essayer, une fois que l'on a pu contextualiser, de comprendre, de voir
quel peut être le sens, quelles peuvent être les perspectives. »*

Edgar MORIN

*« Ce n'est pas la fin. Ce n'est même pas le commencement de la fin. Mais c'est peut être la
fin du commencement. »*

Winston CHURCHILL

SOMMAIRE

10.1 Principales contributions	236
10.2 Limites des travaux	238
10.3 Perspectives	240

Les travaux de recherche effectués dans cette thèse s'inscrivent dans le domaine de la conception de systèmes pédagogiques. La problématique abordée est celle de la prise en compte des processus d'apprentissage et de leur personnalisation dans la conception de ces systèmes. Nous nous sommes inscrits tout au long du travail dans une perspective d'ingénierie ; nous avons proposé des modèles et des processus pour guider la conception et le développement de ces systèmes.

La solution présentée est basée sur une approche de type service. Un service pédagogique est une forme de composant qui fournit un fragment de processus pour répondre à un certain objectif pédagogique. C'est en adaptant et en composant des services de manière dynamique que l'on peut construire des parcours personnalisés.

10.1 Principales contributions

POPS (Process-Oriented Pedagogic Service) est un cadre conceptuel qui définit un modèle pour décrire les services pédagogiques et un processus de composition de services pour construire des parcours personnalisés. Des ontologies du domaine enseigné et de la pédagogie sont proposées pour, d'une part, décrire les services et d'autre part, en faciliter la recherche et la composition.

Les résultats majeurs de ce travail sont :

- **Un modèle permettant de spécifier les services pédagogiques.**

Le modèle propose un ensemble de concepts pour décrire les services à un niveau sémantique. La description d'un service comporte trois parties qui sont complémentaires, elles décrivent un même processus à trois niveaux d'abstraction différents. La *partie profil* décrit le service à un niveau intentionnel, cette partie met l'accent sur la finalité du service ; elle est exprimée par un but. La *partie structure* décrit des décompositions du but correspondant à différentes manières de l'atteindre. Cette partie est exprimée par un graphe ET/OU de buts. Enfin la *partie comportement* décrit des parcours à un niveau opérationnel ou exécutable par un apprenant. Cette partie est exprimée par un graphe de parcours et des diagrammes d'activités.

Le modèle de services est de type sémantique, il permet de représenter de nombreuses connaissances de type pédagogique. Le modèle permet enfin de décrire des services adaptables au contexte.

La description sémantique et adaptable des services prend tout son intérêt au moment de la construction de parcours personnalisés.

- **Un processus pour la construction de parcours pédagogiques personnalisés.**

Le processus de construction d'un parcours est basé sur les principes de composition et d'adaptation dynamiques de services. La construction d'un parcours se fait, à la demande d'un apprenant et en prenant en compte le contexte de la demande. L'orientation but et les décompositions d'un but au sein d'un service permettent d'adapter son comportement d'un service et donc de fournir un parcours personnalisé. La notion de but abstrait permet de composer un service avec d'autres en tenant compte des services disponibles et du contexte. La construction de parcours personnalisés est vue comme un processus itératif comportant des activités de découverte, de sélection, d'adaptation et de composition de services. Ce processus manipule deux structures : le graphe de composition de services (GCS) et le graphe exécutable de parcours (GEP).

- **Des ontologies relatives au domaine enseigné et au domaine de la pédagogie.**

Le cadre conceptuel POPS propose deux types d'ontologies, une ontologie de domaine pour la représentation du sujet d'enseignement et une ontologie de tâches relative aux connaissances de type pédagogique. L'ontologie de la pédagogie est prédéfinie et l'ontologie du domaine d'enseignement est obtenue en instanciant une méta-ontologie. L'ontologie de la pédagogie est définie selon quatre dimensions : la dimension objectifs, la dimension acteurs, la dimension approches et la dimension ressources.

Ces ontologies offrent une terminologie réutilisable et partageable par ceux qui conçoivent les services pédagogiques (concepteur/enseignant) et par ceux qui les utilisent (apprenants). Ces ontologies permettent aussi d'établir des correspondances entre les besoins des apprenants et les services disponibles.

- **Des mécanismes pour exprimer la flexibilité et permettre la personnalisation.**

A travers les notions de but, de décomposition de buts et de but abstrait, le modèle fournit des mécanismes puissants pour exprimer des processus flexibles permettant la personnalisation au moment du traitement d'une requête. La flexibilité porte à la fois sur les parcours (plusieurs parcours pour atteindre un même but) et sur la composition des parcours (plusieurs manières de composer les parcours pour atteindre un même but).

Cette flexibilité dans la spécification des services est à la base de la personnalisation. Elle autorise au moment du traitement d'une demande d'un apprenant et en fonction du contexte, de sélectionner des services, des décompositions de buts et des parcours.

- **Une expérimentation de l'approche**

Dans le cadre du projet d'enseignement à distance e-Mi@ge, nous avons expérimenté l'approche POPS pour le développement du module d'analyse et de conception orientée-objet avec le langage UML. Nous avons proposé un ensemble de services pédagogiques pour cet enseignement.

10.2 Limites des travaux

Nous avons essentiellement proposé un cadre conceptuel cohérent en adoptant une approche orientée services afin de construire des parcours à la demande basée sur une composition et une adaptation dynamiques des services. La recherche s'est focalisée sur les aspects « modèle de services » et « exploitation de l'orientation but » à la fois pour décrire les services, les découvrir, les adapter et les composer de manière dynamique.

Ce travail présente des limites sur d'autres aspects :

- ***Insuffisance des ontologies***

Les ontologies jouent un rôle central dans cette approche, elles ont été développées avec l'objectif de réduire la distance entre des services disponibles et des besoins d'apprenants. La spécification de ces ontologies reste insuffisante. En particulier, essentiellement basée sur la typologie des objectifs de Blum, l'ontologie des objectifs

devrait prendre en compte des études plus récentes sur les objectifs pédagogiques. Dans un contexte Web, une ontologie riche sur la pédagogie est indispensable si l'on veut créer une véritable communauté de pratique qui pourrait publier des services pédagogiques, les utiliser et les faire évoluer. De même, l'ontologie des acteurs se limite dans notre travail à la représentation des connaissances des apprenants, il est bien sûr tout aussi important de s'intéresser aux enseignants, aux tuteurs, ...

- ***Limites des mécanismes de mises en correspondance Requête / Service***

La recherche de mise en correspondance entre les requêtes et leur contexte, d'une part, et les services d'autre part, est très utile durant le processus de construction. La personnalisation dépend en grande partie des fonctions de correspondances et de leur capacité à prendre en compte la sémantique des termes que l'on met en correspondance. Ce travail ne propose pas de fonctions de ce type.

- ***La spécification des décompositions de buts : dans les services ou dans les ontologies ?***

Dans ce travail on a considéré que pour un but complexe utilisé dans la formulation d'une requête, il existe toujours un service qui fournit une décomposition de ce but. On peut imaginer que dans la pratique ce service n'existe pas, et que l'utilisateur soit contraint de fournir cette décomposition. Alors le processus de construction devrait rechercher les services correspondant aux buts feuilles de la décomposition et les assembler conformément à la décomposition fournie par l'utilisateur. Une manière de simplifier le travail de l'apprenant est de définir certaines décompositions de buts dans l'ontologie des objectifs. En effet, ces décompositions peuvent correspondre à des démarches pédagogiques types que l'on peut partager à travers les ontologies.

10.3 Perspectives

A partir des limites évoquées et dans le cadre de la continuité de ces travaux, nous avons dégagé un ensemble d'axes de recherche.

- ***La proposition d'un méta-modèle de service***

Nos recherches autour du paradigme service ont permis déjà d'élaborer un modèle de service dans le cadre de l'ingénierie des systèmes d'information. Ce modèle a été proposé dans la thèse de G. Guzélian. Il y a un certain nombre d'éléments communs qui nous permettent d'envisager ***un méta-modèle de services*** que l'on pourrait « profiler » pour plusieurs domaines : le domaine de l'ingénierie pédagogique, le domaine de l'ingénierie des systèmes d'information ou encore le domaine de l'ingénierie des processus métier. Nous pensons que l'orientation « but » des services, leur adaptation au contexte et leur composition sont des principes qui s'appliquent à tous ces domaines.

- ***La personnalisation au moment de l'exécution des parcours***

Dans les travaux menés, la personnalisation de parcours est mise en œuvre à chaque demande d'un apprenant. En effet, chaque parcours est élaboré en tenant compte de la demande d'un apprenant et du contexte de la demande. Ainsi deux intentions exprimées dans des contextes différents génèrent des parcours différents. L'exécution consiste à effectuer les activités selon l'ordonnancement défini dans le parcours obtenu. On peut imaginer de rendre ce parcours évolutif, c'est-à-dire de le modifier pendant son exécution. En effet, les résultats de certaines activités pourraient conduire à ne pas exécuter certaines activités prévues ou au contraire à revenir sur d'autres. Il s'agit ***d'un niveau de flexibilité*** des processus d'apprentissage pour lequel des travaux de recherche devraient être engagés.

- ***La définition d'une architecture de construction de parcours à la demande***

D'un point de vue mise œuvre de l'approche, il est envisagé de définir un ensemble de services que l'on pourrait appeler ***services de construction*** et qui

pourraient assurer le déroulement de la construction de parcours. Plusieurs types de service seraient nécessaires : (i) un service de description permettant la description sémantique des services. Ce service pourrait utiliser les ontologies pour la description, (ii) un service de publication pour la mise en ligne des définitions sémantiques des services pédagogiques, (iii) un service de découverte assurant la recherche de services à partir de but, (iv) un service d'adaptation dédié à la recherche de la meilleure méthode pour satisfaire le but et (v) un service de composition construisant le meilleur parcours.

- ***La dimension méthodologie de l'approche service***

Dans l'approche proposée le concept de service est considéré comme un artefact qui a la capacité (i) à répondre à des demandes, (ii) à adapter son comportement au contexte et (iii) à déléguer certaines actions à son environnement (autres services). Nous pensons que l'orientation service peut faire émerger un nouveau paradigme pour la conception de systèmes d'information. En raisonnant « service » on introduit un questionnement sur le pourquoi ? (la finalité) et on fait abstraction du quoi ? Et du comment ? Ce questionnement est essentiel si l'on veut construire des systèmes en alignement avec les attentes des acteurs qui vont les utiliser. La proposition de ***méthodes de conception orientées services***, c'est-à-dire dans lesquelles le raisonnement est guidé par la définition de services pourrait apporter une solution au problème récurrent et difficile de la construction de systèmes adaptés à l'usage que les acteurs veulent en faire.

ANNEXES A

Nom du service : S1

Nom du but : « définir le concept d'acteur »

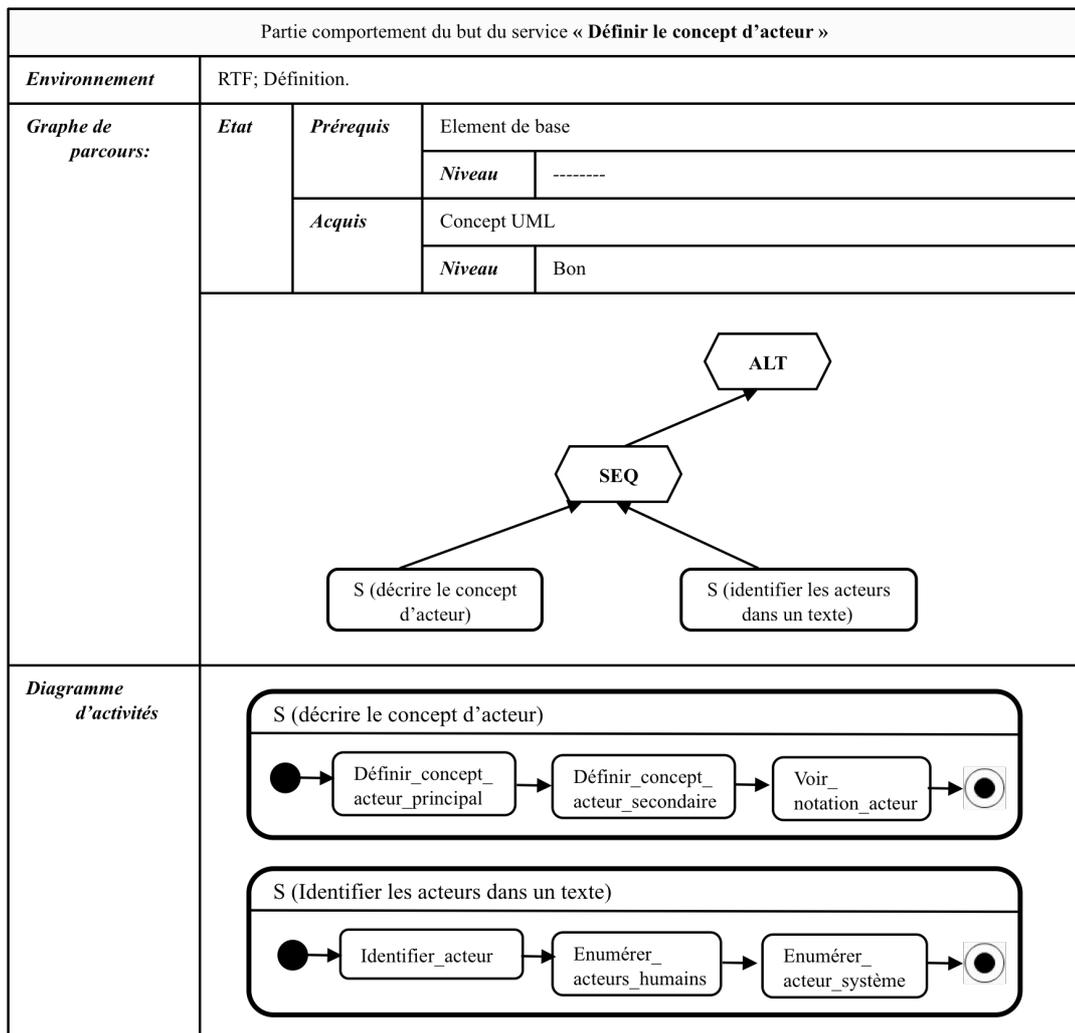
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : mono-parcours prédéfini.

Partie profil et partie structure du service S1

Partie profil du but du service « Définir le concept d'acteur »		
But	Verbe	Définir
	Sujet	Le concept d'acteur
Contexte	Cible	Novice; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	SCORM ; SCO
Propriété	Complexité	1
	Durée	10 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Définir le concept d'acteur »		
Descripteurs	Situation initiale	Définir le concept d'acteur
	Situation finale	Concept d'acteur
Structure	<pre> graph TD A[Définir le concept d'acteur] -.-> B[Définir le concept d'acteur par l'exposé] B --> C[Décrire le concept d'acteur] B --> D[Identifier les acteurs dans un texte] </pre>	

Partie comportement du service S1



Nom du service : S2

Nom du but : « décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL) »

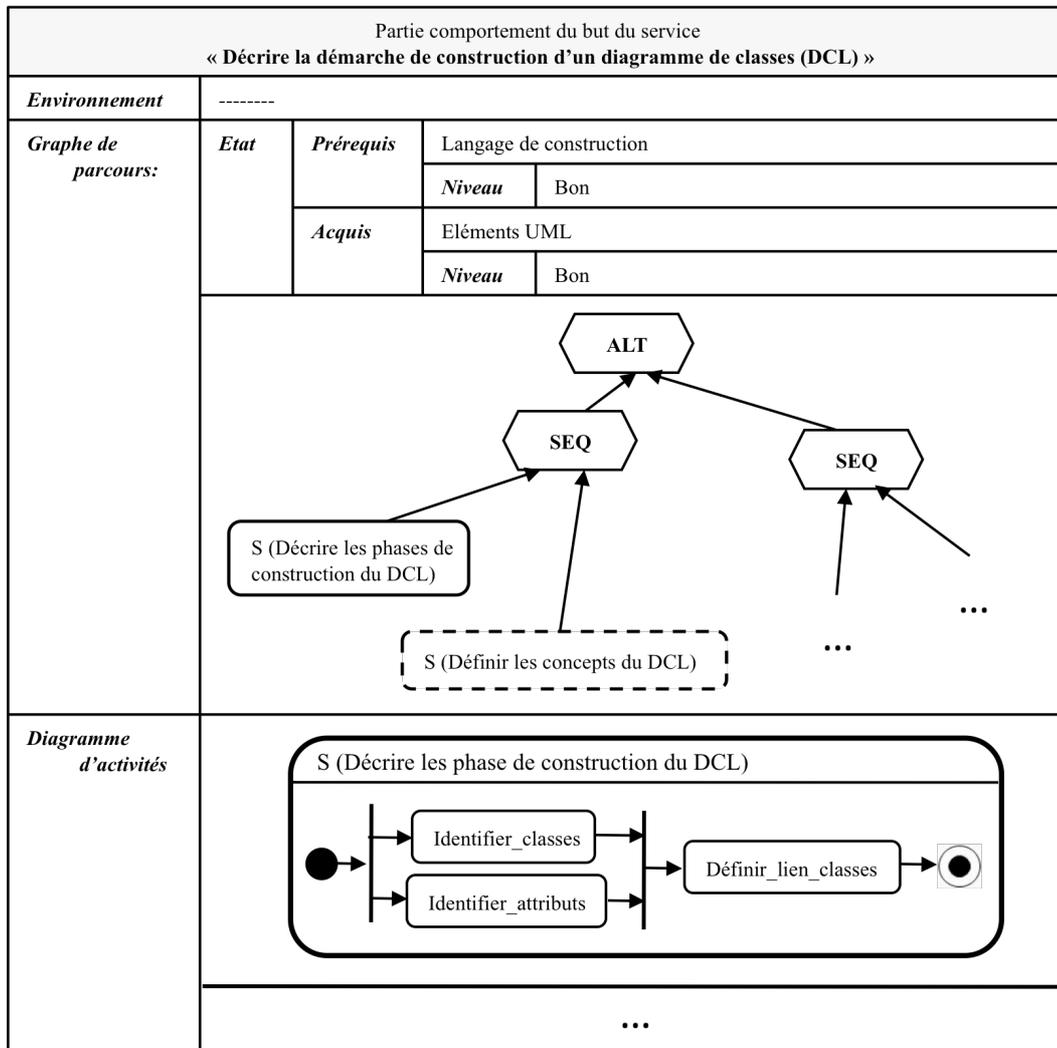
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : parcours composable

Partie profil et partie structure du service S2

Partie profil du but du service « Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL) »		
But	Verbe	Décrire
	Sujet	Démarche de construction de DCL
Contexte	Cible	Novice; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	LOM; Unité pédagogique
Propriété	Complexité	3
	Durée	25 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Décrire la démarche de construction d'un diagramme de classes (DCL) »		
Descripteurs	Situation initiale	Décrire la démarche de construction du DCL
	Situation finale	Démarche de construction du diagramme de classes
Structure	<pre> graph TD A[Décrire la démarche de construction d'un DCL] -.-> B[Décrire la démarche de construction d'un DCL par l'exposé] A -.-> C[...] B --> D[Définir les concepts du DCL] B --> E[Décrire les phases de construction du DCL] style D stroke-dasharray: 5 5 style E stroke-dasharray: 5 5 </pre>	

Partie comportement du service S2



Nom du service : S3

Nom du but : « définir le langage du diagramme de classes (DCL)»

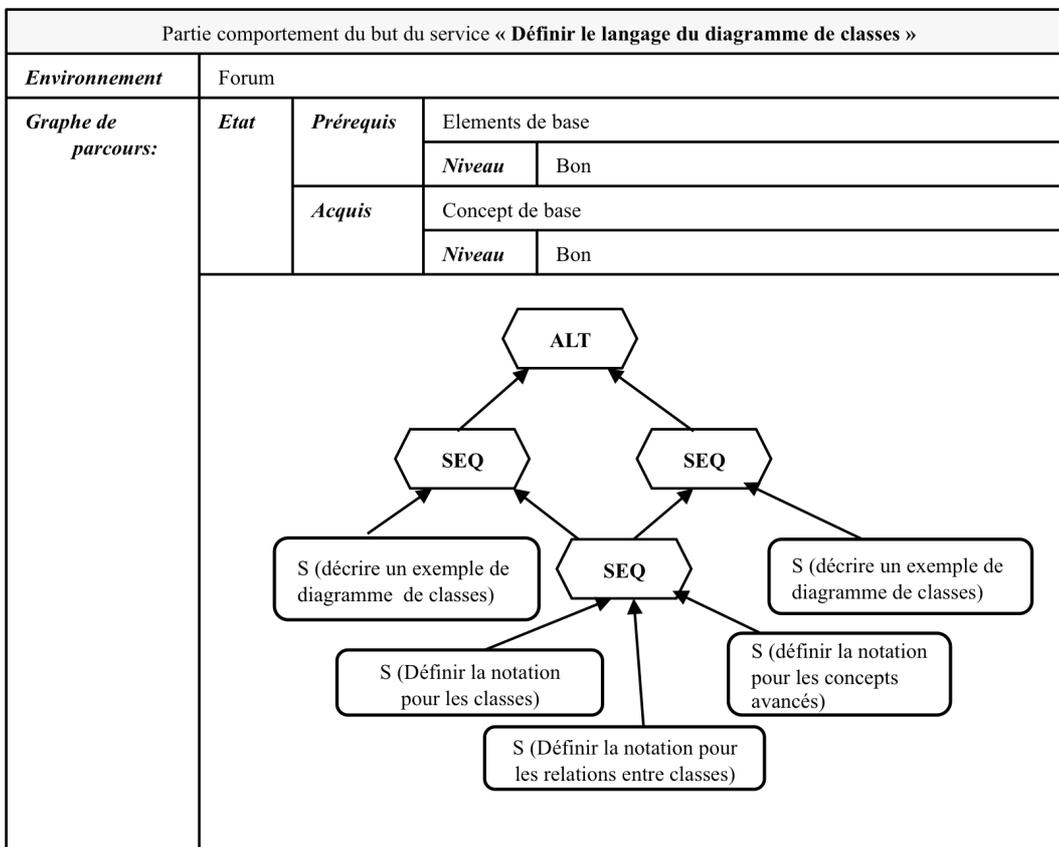
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : multi-parcours prédéfini

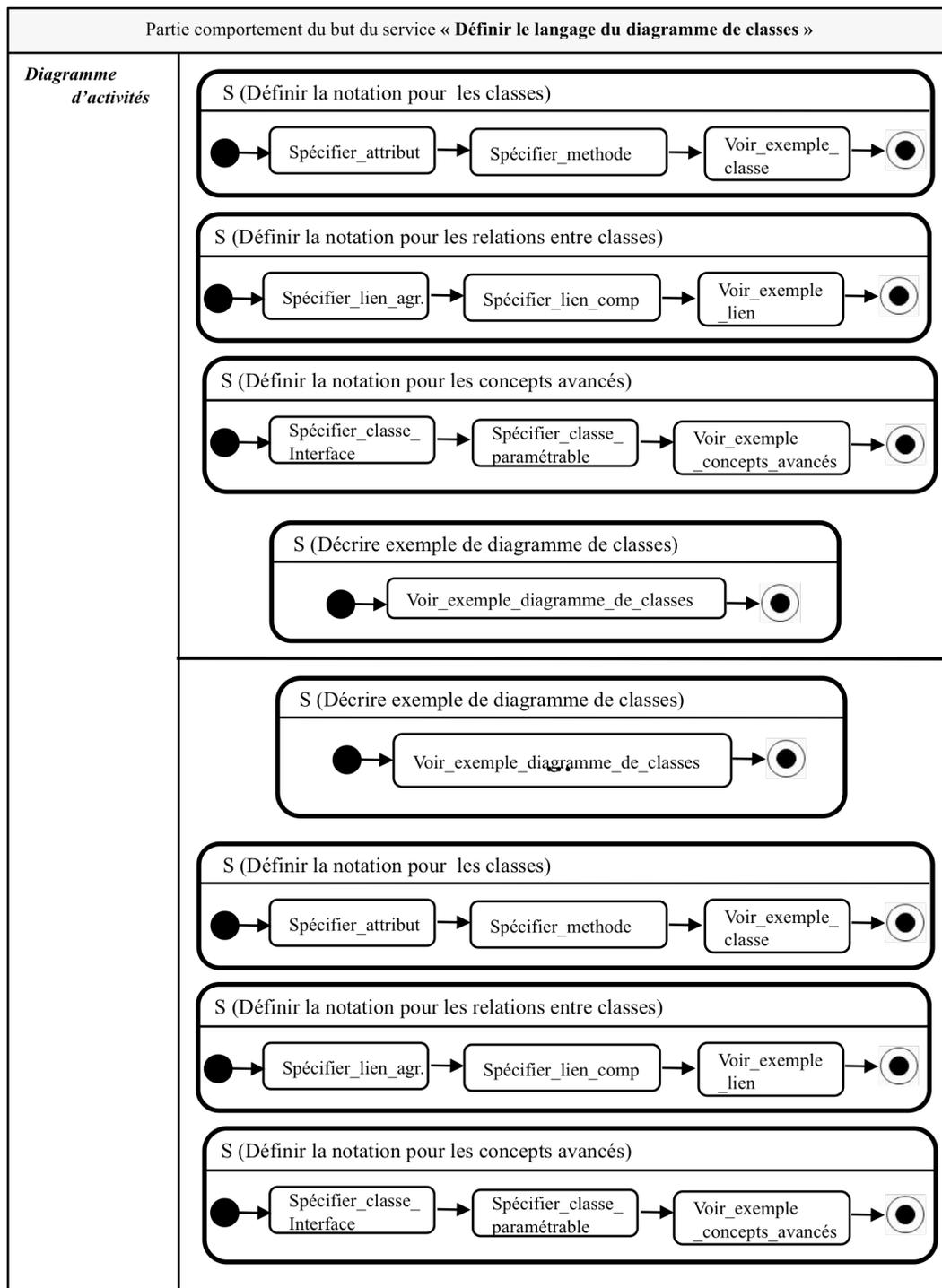
Partie profil et partie structure du service S3

Partie profil du but du service « Définir le langage du diagramme de classes »		
But	Verbe	Définir
	Sujet	Langage du diagramme de classes
Contexte	Cible	Novice; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	LOM; SCO
Propriété	Complexité	1
	Durée	20 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Définir le langage du diagramme de classes (DCL) »		
Descripteurs	Situation initiale	Définir le langage du DCL
	Situation finale	Langage du DCL
Structure	<pre> graph TD A[Définir le langage du diagramme de classes] -.-> B[Définir le langage du diagramme de classes par l'exposé] B --> C[Définir la notation pour les classes] B --> D[Définir la notation pour les relations entre classes] B --> E[Décrire un exemple de diagramme de classes] B --> F[Définir la notation pour les concepts avancés] </pre>	

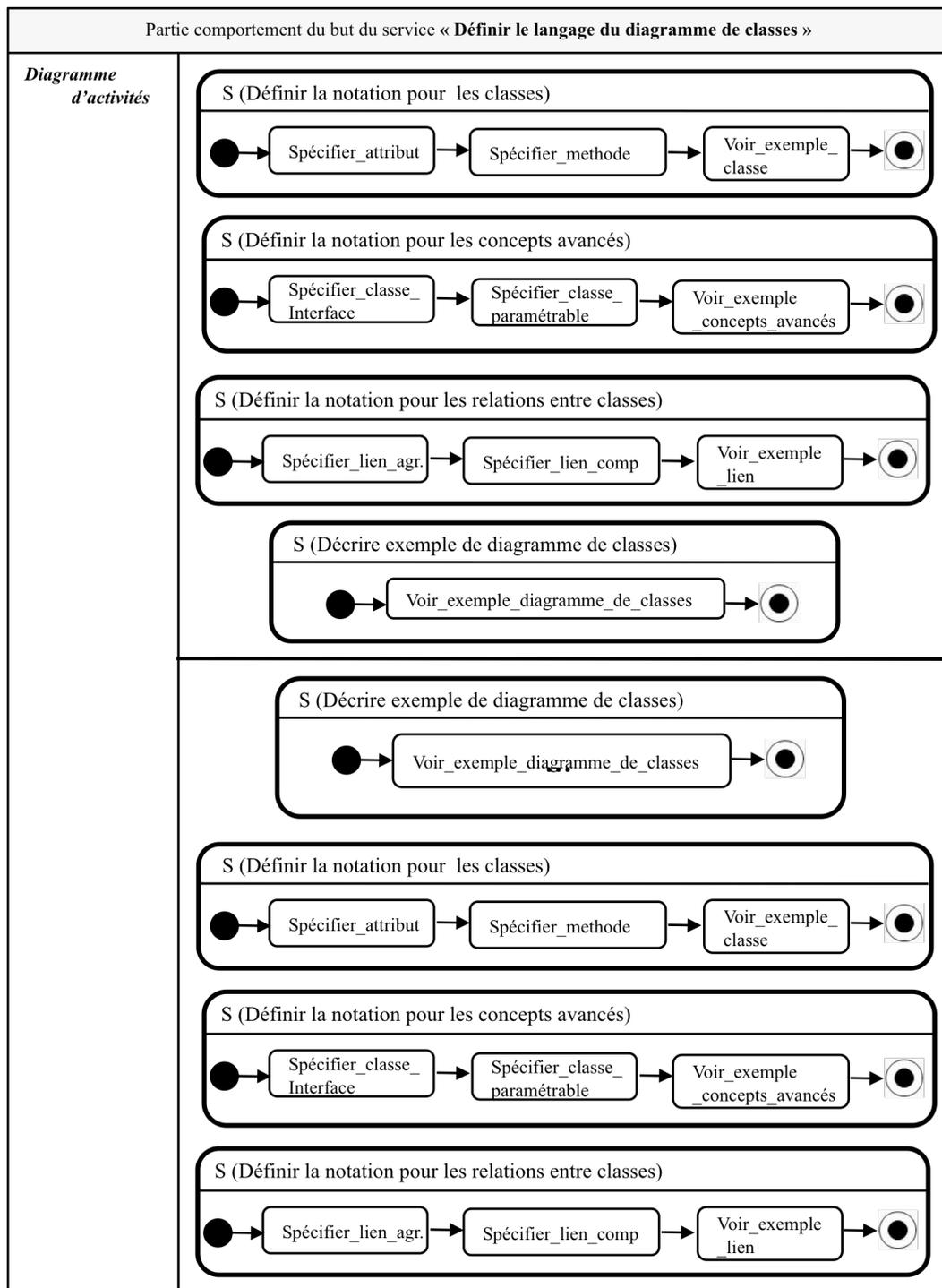
Partie comportement du service S3



Partie comportement du service S3 (suite1)



Partie comportement du service S3 (suite2)



Nom du service : S4

Nom du but : « définir le concept de cas d'utilisation »

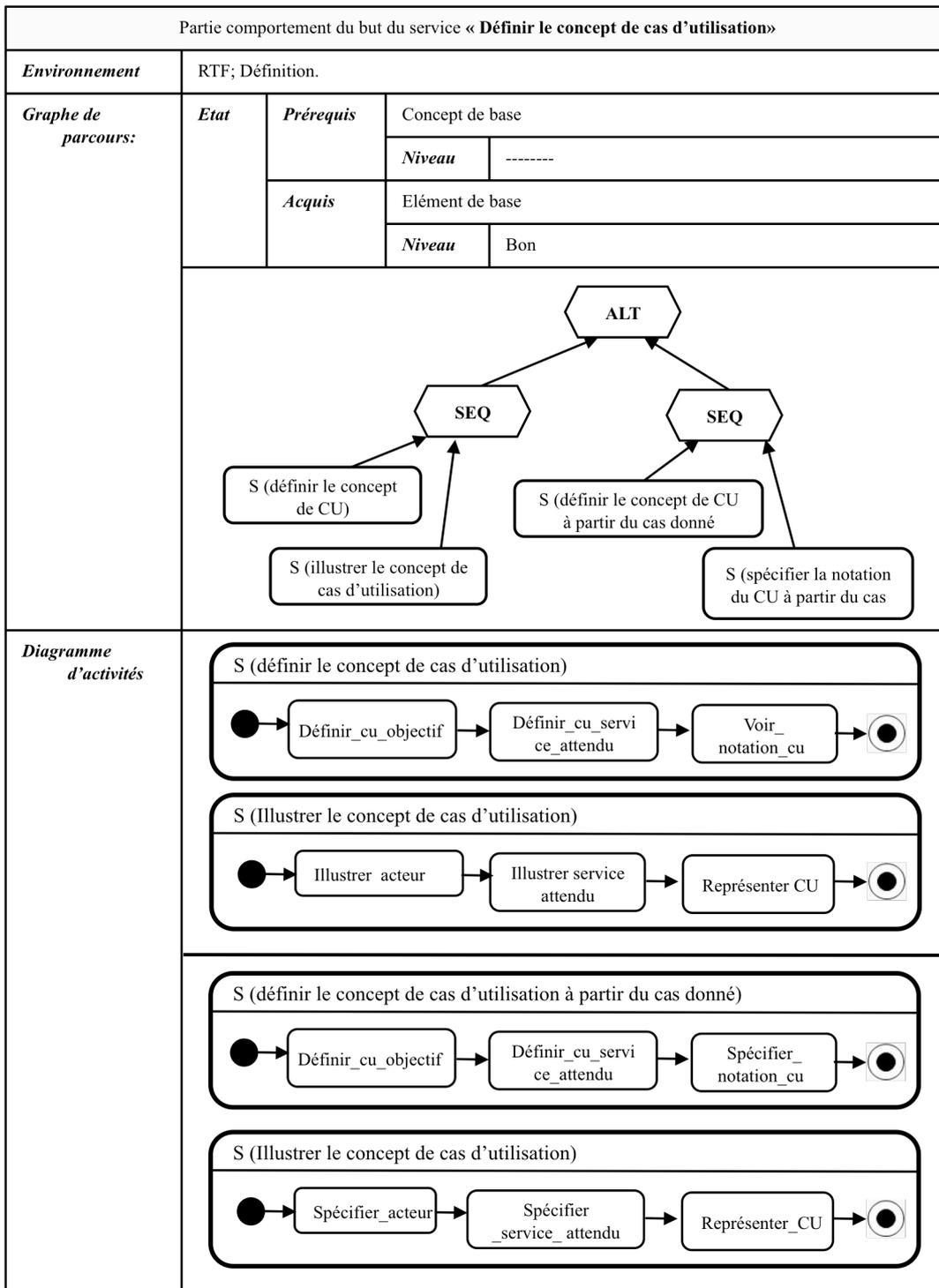
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : parcours type

Partie profil et partie structure du service S4

Partie profil du but du service « Décrire le concept de cas d'utilisation »		
But	Verbe	Décrire
	Sujet	Le concept d'acteur
Contexte	Cible	Novice; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	SCORM ; SCO
Propriété	Complexité	1
	Durée	10 minutes
	Niveau	-----
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Décrire le concept de cas d'utilisation »		
Descripteurs	Situation initiale	Décrire le concept de cas d'utilisation
	Situation finale	Concept de cas d'utilisation
Structure	<pre> graph TD A[Décrire le concept de cas d'utilisation] -.-> B[Décrire le concept de cas d'utilisation par l'exposé] A -.-> C[Décrire le concept de cas d'utilisation par l'étude de cas] B --> D[Définir le concept de CU] B --> E[Illustrer le concept de CU] C --> F[Définir le concept de CU à partir du cas donné] C --> G[Spécifier la notation du CU à partir du cas] </pre>	

Partie comportement du service S4



Nom du service : S5

Nom du but : « définir le langage du diagramme d'activités »

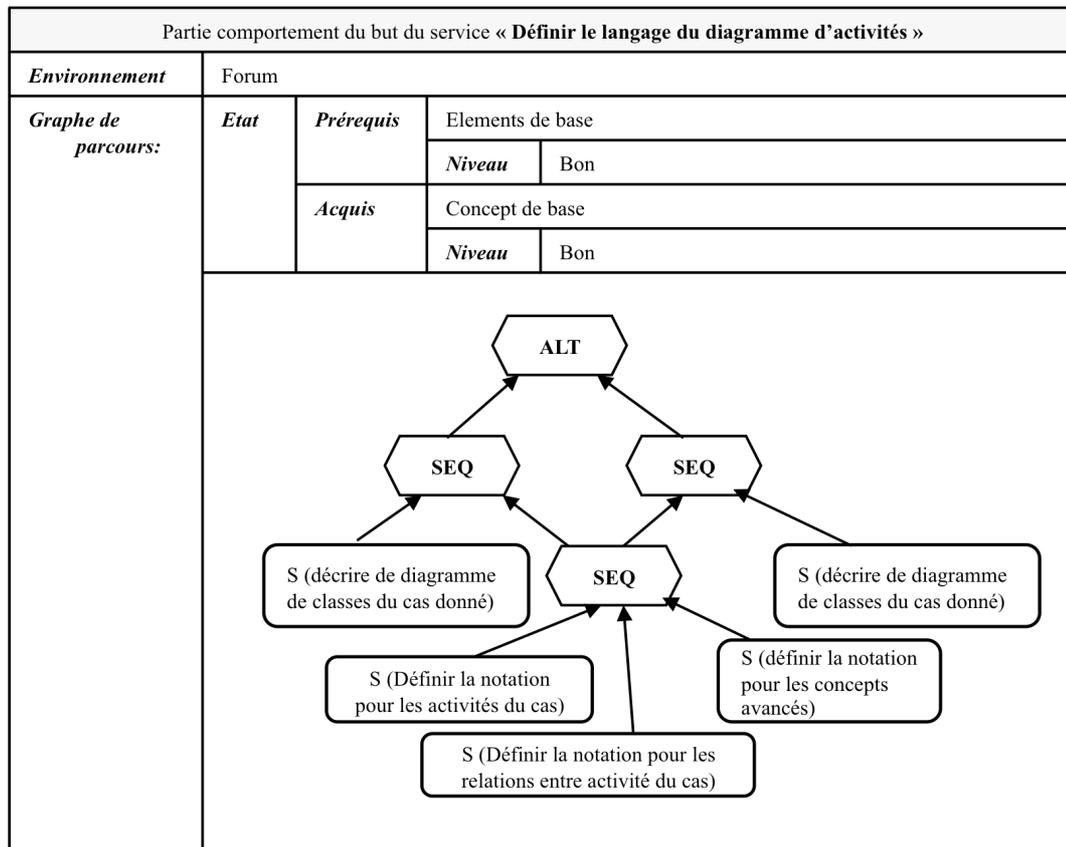
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : multi-parcours prédéfini

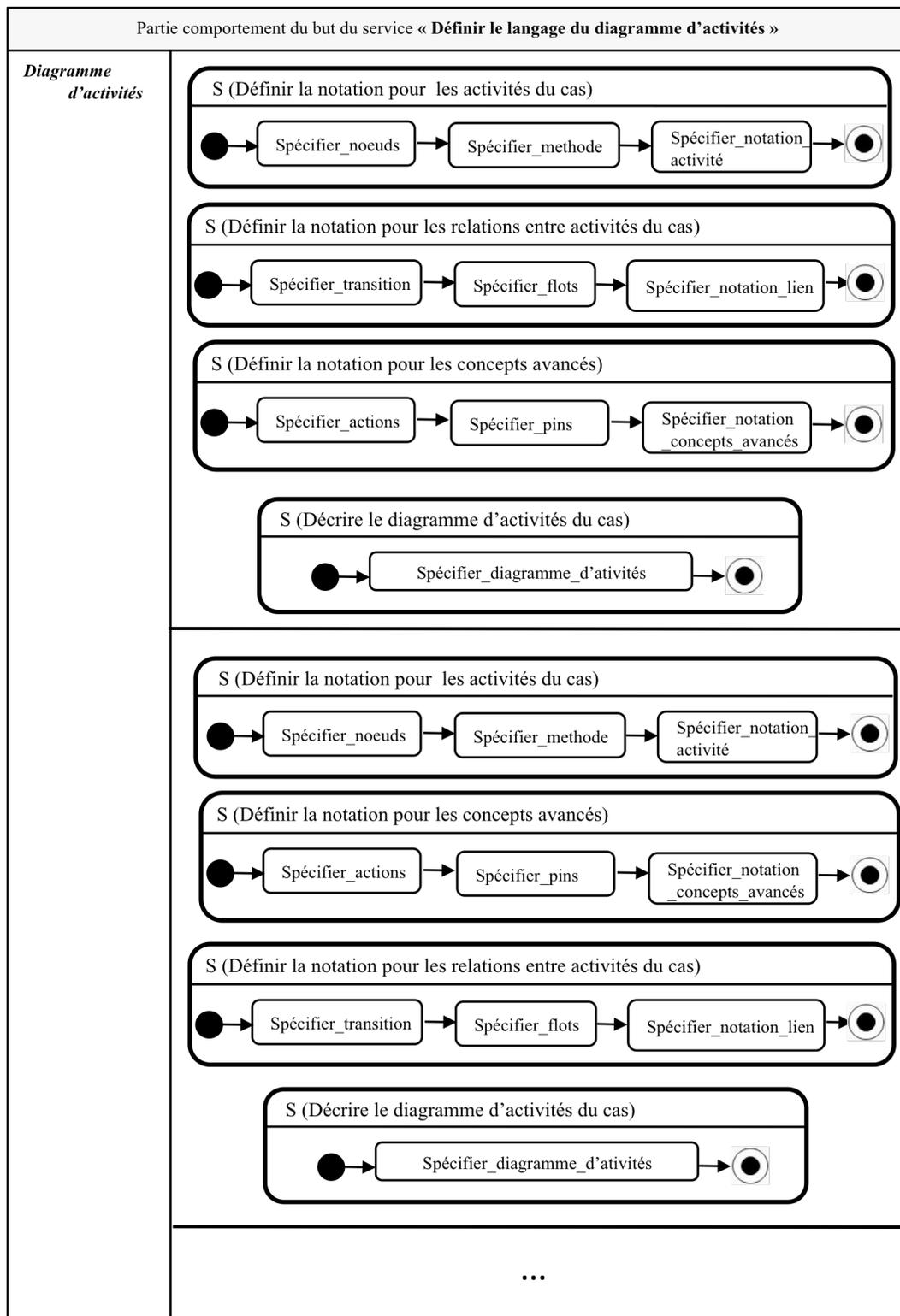
Partie profil et partie structure du service S5

Partie profil du but du service « Définir le langage du diagramme d'activités »		
But	Verbe	Définir
	Sujet	Langage du diagramme d'activités
Contexte	Cible	Expert; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	LOM; SCO
Propriété	Complexité	1
	Durée	20 minutes
	Niveau	Pratique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Définir le langage du diagramme d'activités (DAC) »		
Descripteurs	Situation initiale	Définir le langage du DAC
	Situation finale	Langage du DAC
Structure	<pre> graph TD A[Définir le langage du diagramme d'activités] -.-> B[Définir le diagramme d'activités par l'étude de cas] B --> C[Définir la notation pour les activités du cas] B --> D[Définir la notation pour les concepts avancés du cas] B --> E[Définir la notation pour les relations entre activités du cas] B --> F[Décrire le diagramme d'activités du cas donnée] </pre>	

Partie comportement du service S5



Partie comportement du service S5 (suite)



Nom du service : S6

Nom du but : « décrire les scénarii relatifs à un cas d'utilisation »

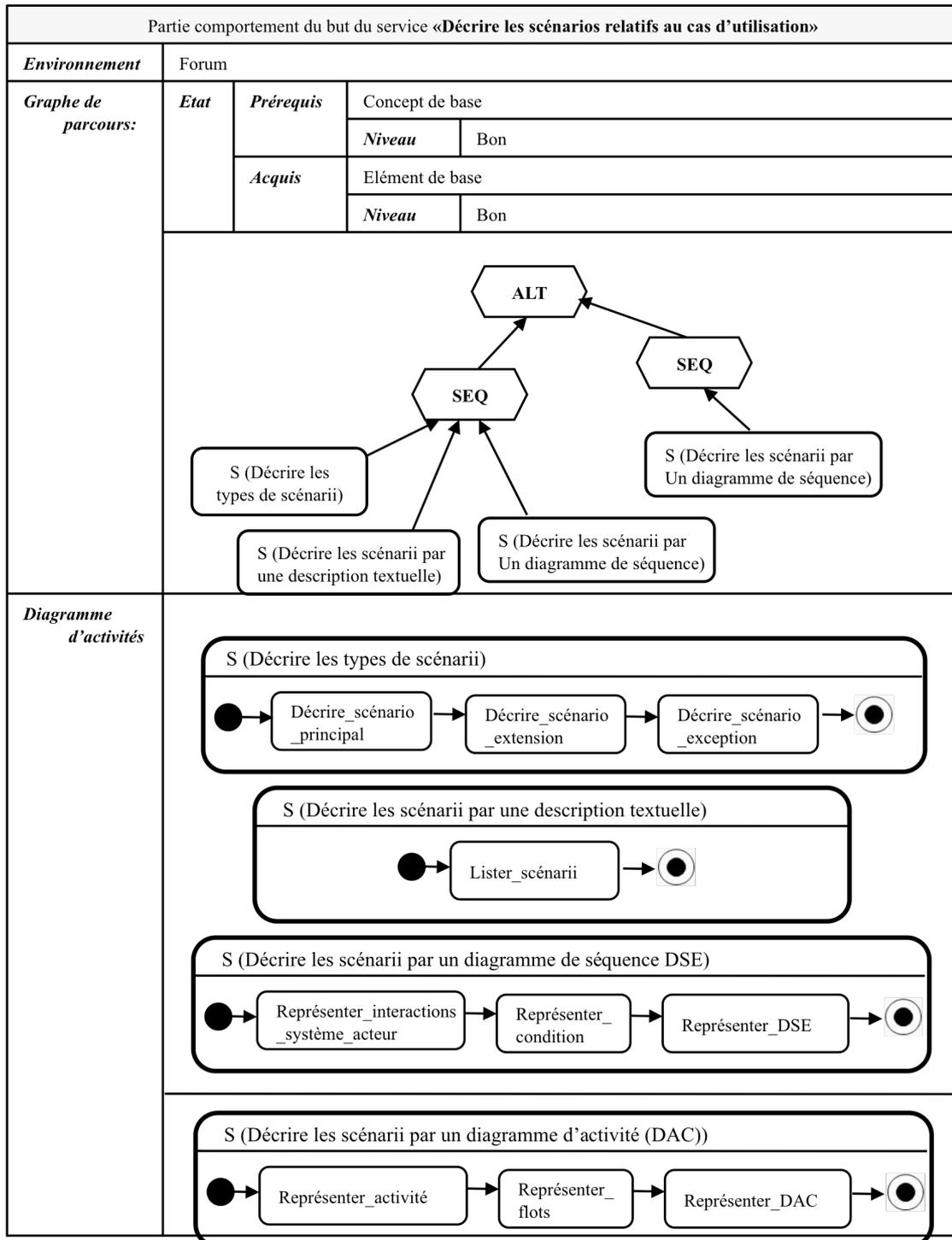
Type du but : connaissance

Type de flexibilité : parcours type

Partie profil et partie structure du service S6

Partie profil du but du service «Décrire les scénarios relatifs à un cas d'utilisation»		
But	Verbe	Décrire
	Sujet	Scénarios relatifs au cas d'utilisation
Contexte	Cible	Novice; gestion
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	HTML ; contenu
Propriété	Complexité	1
	Durée	15 minutes
	Niveau	-----
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service «Décrire les scénarios relatifs à un cas d'utilisation»		
Descripteurs	Situation initiale	Décrire les scénarios relatifs à un cas d'utilisation
	Situation finale	Langage du diagramme de cas d'utilisation et du diagramme de séquence
Structure	<pre> graph TD A[Décrire les scénarii relatifs au cas d'utilisation] -.-> B[Décrire les scénarios relatifs au cas d'utilisation par l'exposé] A -.-> C[Décrire les scénarios relatifs au cas d'utilisation par l'étude de cas] B --> D[Décrire les types de scénarii] B --> E[Décrire les scénarii par une représentation graphique] C --> F[Décrire les scénarii du cas par une représentation graphique] </pre>	

Partie comportement du service S6



Nom du service : S7

Nom du but : « expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation »

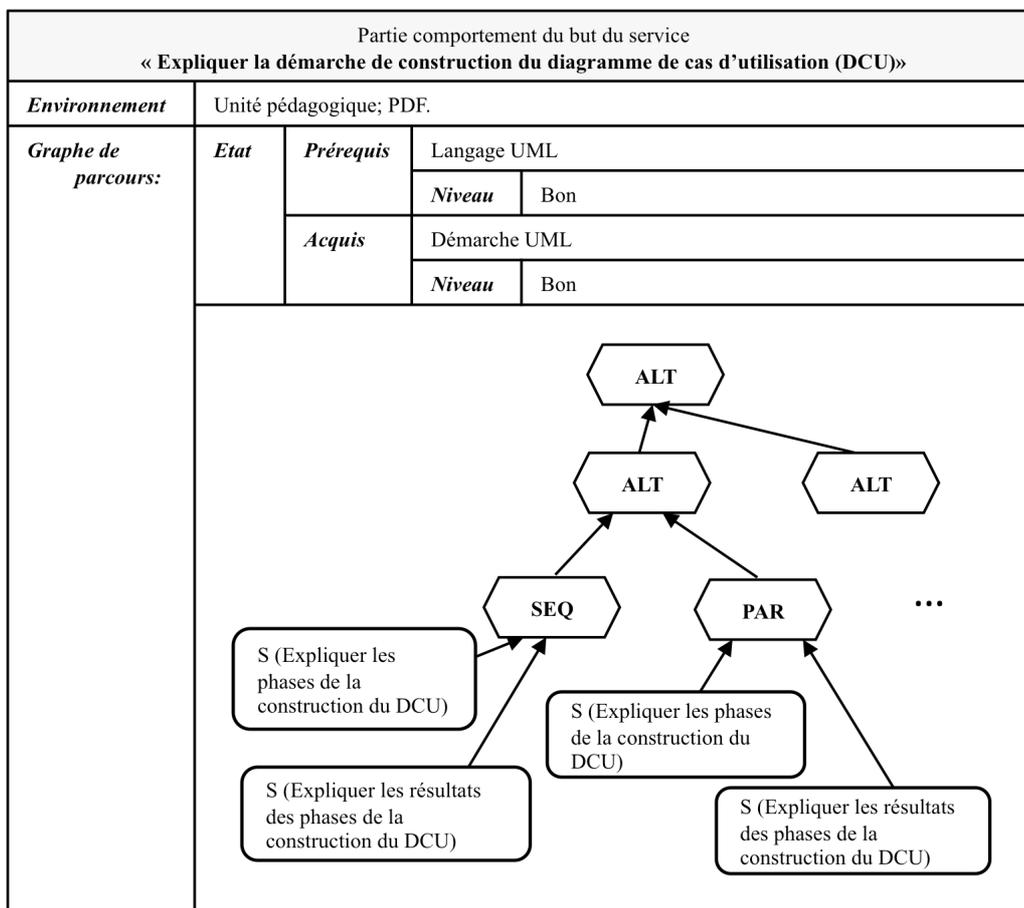
Type du but : compréhension

Type de flexibilité : parcours type

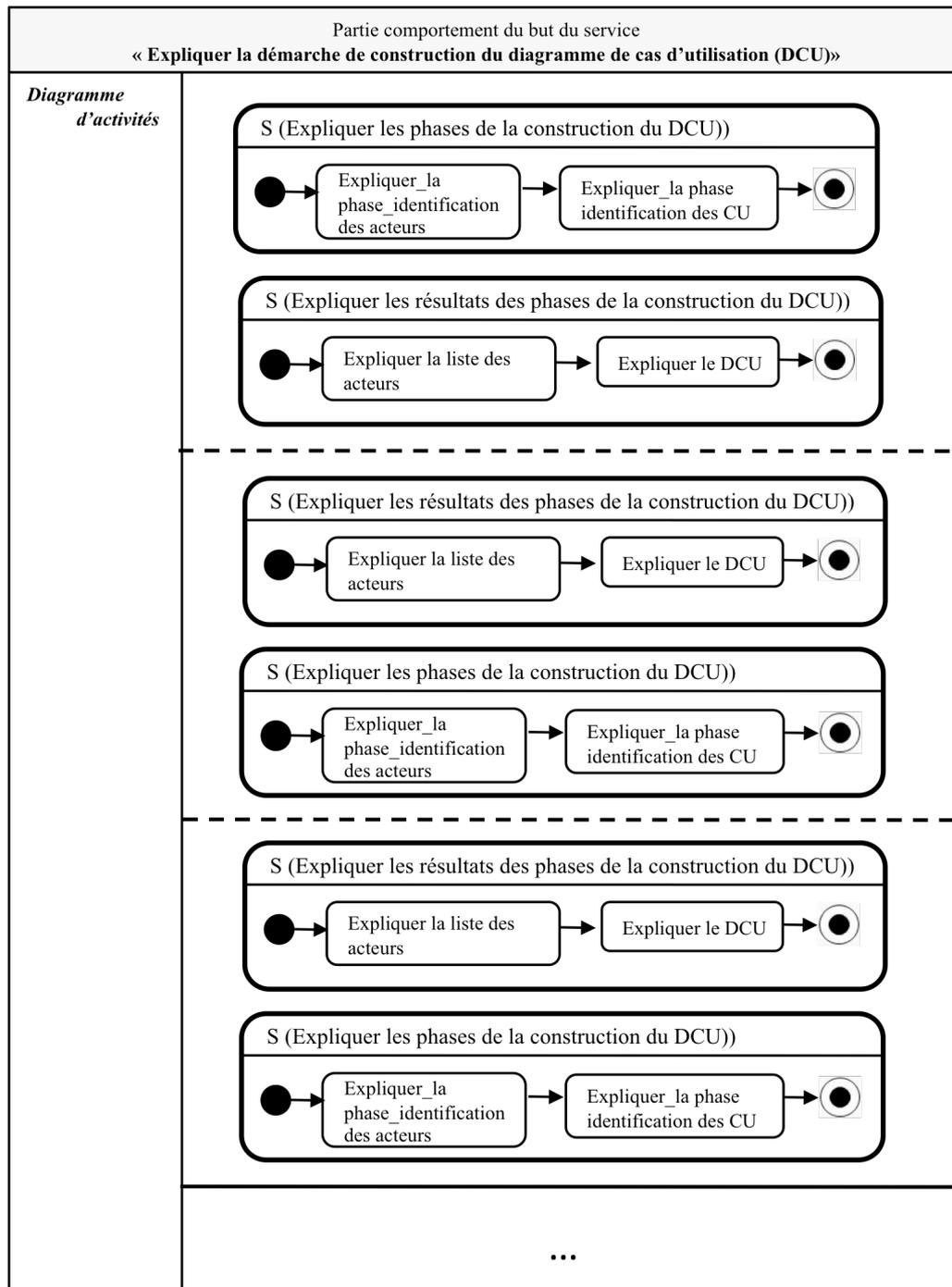
Partie profil et partie structure du service S7

Partie profil du but du service « Expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation (DCU) »		
But	Verbe	Expliquer
	Sujet	La démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation
Contexte	Cible	Expert; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	IMS-LD; agrégation
Propriété	Complexité	3
	Durée	-----
	Niveau	-----
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation (DCU) »		
Descripteurs	Situation initiale	Expliquer la démarche de construction du DCU
	Situation finale	Démarche de construction du DCU
Structure	<pre> graph TD A[Expliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation] -.-> B[Expliquer la démarche de construction du DCU par l'exposé] A -.-> C[Expliquer la démarche de construction du DCU par l'étude de cas] B --> D[Expliquer les phases de la construction du DCU] B --> E[Expliquer les résultats des phases de la construction du DCU] C --> F[Expliquer les phases sur l'étude de cas] C --> G[Expliquer les résultats sur l'étude de cas] </pre>	

Partie comportement du service S7



Partie comportement du service S7 (suite)



Nom du service : S8

Nom du but : « appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation »

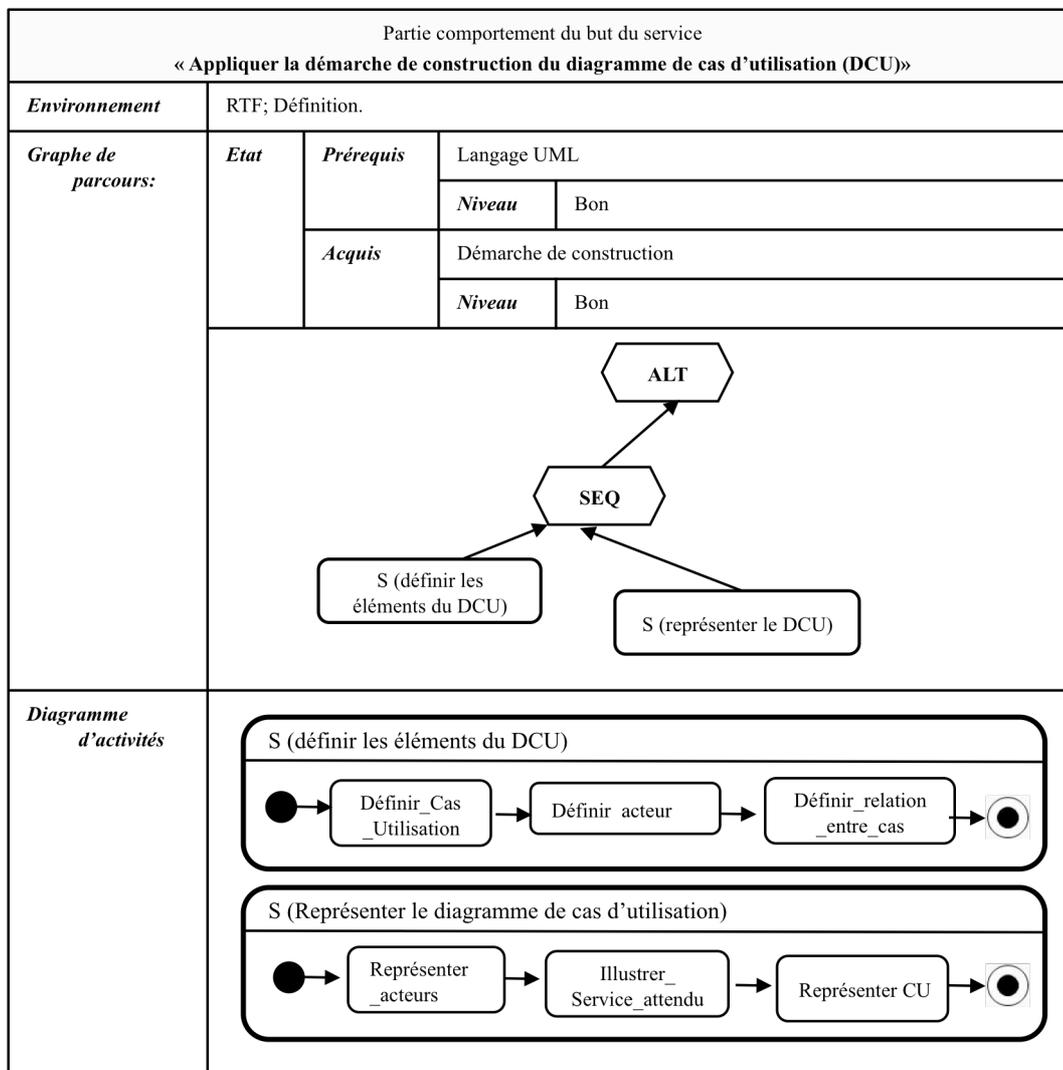
Type du but : application

Type de flexibilité : mono-parcours prédéfini.

Partie profil et partie structure du service S8

Partie profil du but du service « Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation (DCU) »		
But	Verbe	Appliquer
	Sujet	La démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation
Contexte	Cible	Expert; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	IMS-LD; agrégation
Propriété	Complexité	2
	Durée	35 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation (DCU) »		
Descripteurs	Situation initiale	Appliquer la démarche de construction du DCU
	Situation finale	Démarche de construction
Structure	<pre> graph TD A[Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation] -.-> B[Appliquer la démarche de construction du diagramme de cas d'utilisation par l'étude de cas] B --> C[Définir les éléments du DCU] B --> D[Représenter un DCU] </pre>	

Partie comportement du service S8



Nom du service : S9

Nom du but : « construire un diagramme d'activités pour un processus métier »

Type du but : application

Type de flexibilité : mono-parcours prédéfini.

Partie profil et partie structure du service S9

Partie profil du but du service « Construire un diagramme d'activités (DAC) pour un processus métier »		
But	Verbe	Construire
	Sujet	Diagramme d'activités
Contexte	Cible	Expert; gestion
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	IMS-LD; SCO
Propriété	Complexité	2
	Durée	30 minutes
	Niveau	Pratique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Construire un diagramme d'activités (DAC)) pour un processus métier »		
Descripteurs	Situation initiale	Construire un DAC pour un processus métier
	Situation finale	Construction de DAC
Structure	<pre> graph TD A[Construire un diagramme d'activités pour un processus métier] -.-> B[Construire un diagramme d'activités pour un processus métier par l'étude de cas] B --> C[Représenter les activités du processus] B --> D[Représenter les structures de contrôle entre activités du processus] B --> E[Compléter le DAC par des flots d'objets] </pre>	

Partie comportement du service S9

Partie comportement du but du service « Construire le diagramme d'activités (DAC) pour un processus métier »			
Environnement	PDF; Exercice.		
Graphe de parcours:	Etat	Prérequis	Concept UML
			Niveau Bon
	Acquis	Langage UML	
		Niveau Bon	
<pre> graph TD A[S (Représenter les activités du processus)] --> SEQ[SEQ] B[S (Représenter les structures de contrôle entre activités du processus)] --> SEQ SEQ --> ALT[ALT] ALT --> C[S (Compléter le DAC par des flots d'objets)] </pre>			
Diagramme d'activités	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>S (Représenter les activités du processus)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>S (Représenter les structures de contrôle entre activités du processus)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>S (Compléter les DAC avec les flots d'objets)</p> </div>		

Nom du service : S10

Nom du but : « spécifier un cas d'utilisation »

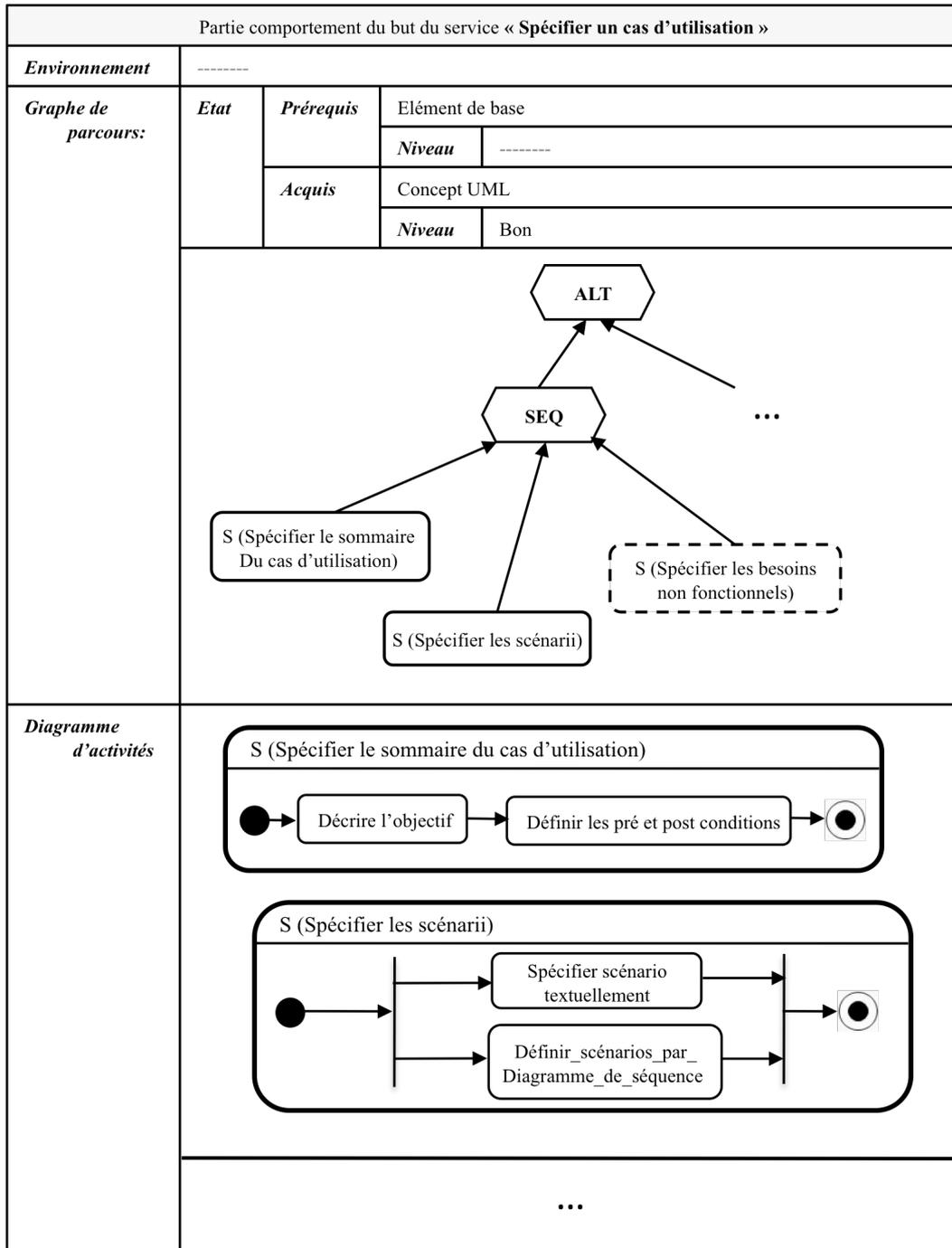
Type du but : application

Type de flexibilité : parcours composable

Partie profil et partie structure du service S10

Partie profil du but du service « Spécifier un cas d'utilisation »		
But	Verbe	Spécifier
	Sujet	Un cas d'utilisation
Contexte	Cible	Intermédiaire; gestion
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	LOM; agrégation
Propriété	Complexité	1
	Durée	15 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Spécifier un cas d'utilisation »		
Descripteurs	Situation initiale	Spécifier un cas d'utilisation
	Situation finale	Concept de cas d'utilisation
Structure	<pre> graph TD A[Spécifier un cas d'utilisation] -.-> B[Spécifier un cas d'utilisation par l'exposé] B --> C[Spécifier sommaire du cas d'utilisation] B --> D[Spécifier les scénarios] B --> E[Spécifier les besoins non fonctionnels] </pre>	

Partie comportement du service S10



Nom du service : S11

Nom du but : « utiliser un diagramme d'états transitions pour compléter un diagramme de classes »

Type du but : synthèse

Type de flexibilité : parcours composable

Partie profil et partie structure du service S11

Partie profil du but du service « Utiliser un diagramme d'états transitions pour compléter un diagramme de classes »		
But	Verbe	Utiliser
	Sujet	Diagramme d'états transitions ; Diagramme de classes
Contexte	Cible	Expert; gestion
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	SCORM; agrégation
Propriété	Complexité	3
	Durée	90 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Utiliser un diagramme d'états transitions (DET) pour compléter un diagramme de classes (DCL) »		
Descripteurs	Situation initiale	Utiliser un DET pour compléter un DCL
	Situation finale	Langage de DET et de DCL
Structure	<pre> graph TD A[Utiliser un DET pour compléter un DCL] -.-> B[Utiliser un DET pour compléter un DCL par l'exposé] B --> C[Analyser un DET] B --> D[Construire un DCL] style C stroke-dasharray: 5 5 style D stroke-dasharray: 5 5 </pre>	

Partie comportement du service S11

Partie comportement du but du service « Utiliser un diagramme d'états transitions pour compléter un diagramme de classes »			
Environnement	Unité d'apprentissage ;		
Graphe de parcours:	Etat	Prérequis	Concept UML
		Niveau	-----
	Acquis		Langage UML
		Niveau	Bon
<pre> graph TD S1[S (Analyser un diagramme d'états transitions)] --> SEQ[SEQ] S2[S (Construire un diagramme de classes)] --> SEQ SEQ --> ALT[ALT] </pre>			
Diagramme d'activités	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">S (Analyser un diagramme d'états transitions)</div> <div style="border: 1px dashed black; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">S (Construire un diagramme de classes)</div> <div style="border: 1px dashed black; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div>		
	<div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">S (Construire un diagramme de classes)</div> <div style="border: 1px dashed black; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">S (Analyser un diagramme d'états transitions)</div> <div style="border: 1px dashed black; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div>		

Nom du service : S12

Nom du but : « utiliser un diagramme d'états transitions pour compléter un diagramme de classes »

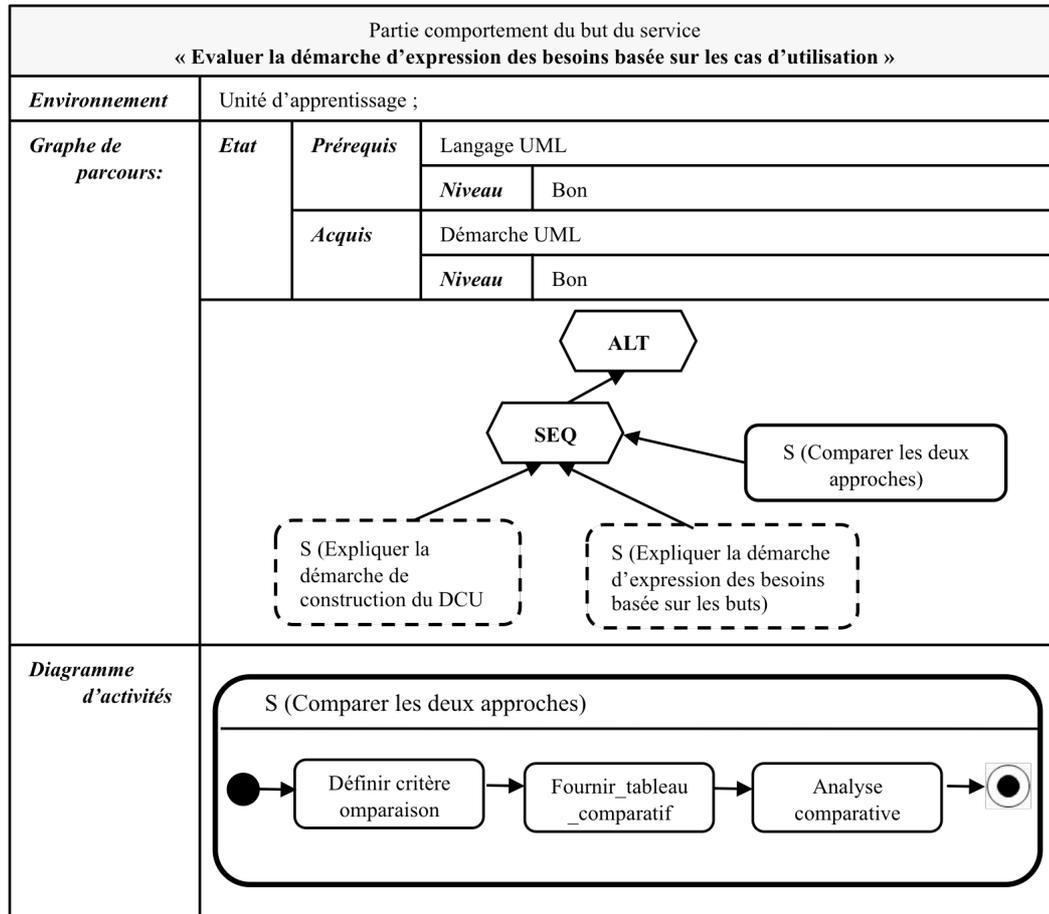
Type du but : synthèse

Type de flexibilité : parcours composable

Partie profil et partie structure du service S12

Partie profil du but du service « Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation »		
But	Verbe	Evaluer
	Sujet	Démarche d'expression des besoins
Contexte	Cible	Expert; informatique
	Domaine	Méthode UML
	Stratégie	Directe (par défaut)
	Ressource	SCORM; agrégation
Propriété	Complexité	3
	Durée	120 minutes
	Niveau	Théorique
	Interactivité	-----
Partie structure du but du service « Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation »		
Descripteurs	Situation initiale	Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation
	Situation finale	Démarche d'expression des besoins
Structure	<pre> graph TD A[Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation] -.-> B[Evaluer la démarche d'expression des besoins basée sur les cas d'utilisation par l'exposé] B --> C[Expliquer la démarche de construction du DCU] B --> D[Expliquer la démarche d'expression des besoins basée sur les buts] B --> E[Comparer les deux approches] </pre>	

Partie comportement du service S12



BIBLIOGRAPHIE

[**Abrouk & al., 2005**] Abrouk, L., Pompidor, P., Hérin, D., and Sala, M. (2005). « *Règles de propagation pour la création d'ontologies d'annotation de ressources* ». In Proceedings EGC'2005, 5èmes journées d'Extraction et de Gestion des Connaissances, Paris, France.

[**ADL, 2001**] « *Sharable Content Object Reference Model* » (SCORM) 2001;
www.adlnet.org

[**Allert, 2002**] H. Allert, H. Dhraief, W. Nejdli; « *How are learning Objects Used in learning Processes ?* »; MEDIA 2002, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, Denver, Colorado, United States, June 24-29 2002

[**Alonso, 2005**] Alonso M.; « *Modélisation, adaptation et opérationnalisation de scénarios d'apprentissage* ». Rapport de Master 2ème année au laboratoire CLIPS-IMAG équipe ARCADE ; Université Joseph Fournier ; Grenoble, 2005.

[**Anton, 1996**] A.I. Anton; « *Goal based requirements analysis* ». Proceedings of the 2nd International Conference on Requirements Engineering ICRE'96, pp. 136-144, 1996.

[**Arenaza, 2006**] Nerea Arenaza; « *Composition semi-automatique de service Web* ». SIN de Projet de Master à l'Ecole Polytechnique de Lausanne; 2006.

[**Arends, 1998**] Arends, R.; « *Learning to teach* ». New York : Random House. 1998.

[**ARIADNE, 2000**] ARIADNE Foundation; « *Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe* ». 2000. <http://www.ariadne-eu.org>.

[**Ardissono & al., 1999**] Ardissono, L., Console, L., Torre, I.; « *Exploiting user models for personalizing news presentations* ». 8th International World Wide Web Conference and 7-th International Conference on User Modeling, UM'99, 1999.

[**Arsanjani, 2004**] Arsanjani A.; « *Service-Oriented modeling and Architecture* » available at: <http://www.ibm.com/developersworks/library/ws-soa-design1/>

[**Balacheff, 1992**] Nicolas Balacheff; « *Exigences épistémologiques des recherches en EIAO* ». Génie éducatif, n°4-5, pp. 4-14, septembre - décembre 1992.

[**Baida & al., 2004**] Baida, Z., Gordijn, J., and Omelayenko, B.; « *A Shared Service Terminology for Online Service Provisioning* ». In Proceedings of the 6th International Conference on Electronic Commerce (ICEC'04), Delft, The Netherlands. 2004.

[**Barry, 2003**] Barry, D. K.; « *Web Services and Service-Oriented Architectures: the Savvy Manager's Guide* ». Number ISBN: 1 55860 906 7. Morgan Kaufmann Publishers; 2003.

[**Benslimane & al., 2006**] Benslimane D., Arara A., Falquet G., Maamar Z., Thiran P., Gargouri F. ; « *Contextual Ontologies : Motivations, Challenges and Solutions* ». In Fourth Biennial Int. Conf. On Advances in Information Systems (Ed, Springer) Izmir, Turkey 2006.

[**Bloom, 1956**] Bloom Benjamain; « *Taxonomy of educational objectives* ». Handbook I: The Cognitive Domain. New York : david McKay Co Inc.; 1956.

- [**Bloom, 1975**] Bloom Benjamain; « *Taxonomie des objectifs pédagogiques* ». T1. Le domaine cognitif. Presses de l'Université du Québec ; 1975.
- [**Beaumont, 1994**] Beaumont I.; « *User modeling in the interactive anatomy tutoring system anatom-tutor* ». User Models and User Adapted Interaction, 4(1) pp. 21-45 ; 1994.
- [**Bechhofer & al., 2004**] Bechhofer, S. and Volz, R.; « *WonderWeb OWL Ontology Validator* ». In <http://phoebus.cs.man.ac.uk:9999/OWL/Validator>, 2004.
- [**Behaz & al., 2007**] Behaz A., Djoudi M.; « *Création dynamique de documents hypermédias adaptatifs* ». CIDE – 10^{ème} Colloque International sur le Document Electronique, Nancy, 2007. <http://lodel.irevues.inist.fr/cide/index.php>
- [**Benayache, 2005**] Ahcène Benayache; « *Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte de e-learning: le projet MEMORAE* ». Thèse de doctorat à l'Université de Technologie de Compiègne, 2005.
- [**Beaumont, 1994**] Beaumont, I.; « *User Modeling in the Interactive Anatomy Tutoring System ANATOM-TUTOR* ». User Modeling and User-Adapted Interaction, 4(1), pp.21-45; 1994.
- [**Bilodeau & al., 1999**] Bilodeau, H., Provencher, M., Bourdages, L., Deschênes, A.-J., Dionne, M., Gagné, P. et al.; « *Les objectifs pédagogiques dans les activités d'apprentissage des cours à distance* ». Distances 3[2], 33-67; 1999.
- [**Bonnet, 2005**] Bonnet, P.; « *Cadre de référence architecture SOA* ». In Orchestra Networks ; 2005.
- [**Boyle & al., 1994**] Boyle, C. and A.O. Encarnacion; « *MetaDoc: An Adaptive Hypertext Reading System* ». User Modeling and User-Adapted Interaction, 4(1), pp.1-19. (Reprinted in Adaptive Hypertext and Hypermedia, Kluwer Academic Publishers, 1998, 71-89.) 1994.
- [**Brusilovsky & al., 1994**] Brusilovsky P. et Pesin; « *Llisis-tutor : An adaptive hypertext learning environment* ». Dans JCKBSE'94, Japanese-CIS Symposium on knowledgebased software engineering, pages 83-87; 1994.
- [**Brusilovsky, 1996**] P. Brusilovsky; « *Methods and techniques of adaptive hypermedia* ». Dans User Modeling and User Adapted Interaction, 1996, v 6, n 2-3, pp 87-129.
- [**Brusilovsky & al., 1996**] P. Brusilovsky, E. Schwarz, G. Weber; « *ELM-ART: An intelligent tutoring system on world Wide Web* ». In Intelligent Tutoring Systems (Lectures Notes in Computer Science, Vol 1086) C. Frasson, G. Gauthier and A. Lesgold, Eds, Springer pp 261-269.
- [**Brusilovsky, 2003**] Brusilovsky, P.; « *Adaptive navigation support in educational hypermedia: yhe role of student knowledge level and the case for meta-adaptation* ». British Journal of Educational Technology, 34 (4), 487-497. September 2003.
- [**Brusilovsky & al., 2003a**] Peter Brusilovsky and Julita Vassileva; « *Course sequencing techniques for large-scale webbased Education* ». In Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning, Vol. 13, Nos.1/2, 2003.
- [**Billsus & al., 1999**] Billsus, D., Pazzani, J., A Hybrid; « *User Model for News Story Classification* » 7-th International Conference on User Modeling (UM 99), Banff, Canada, June 20-24, 1999.

- [**Calvi, 1998**] Calvi, C. ; « *A Proficiency-Adapted Framework for Browsing and Information Filtering in Web-Based Educational Systems* ». Methodological Implications for Language Learning on the WWW ; Doctoral thesis, University of Antwerp (UIA), 1998.
- [**Casati, 2002**] Casati F., Shan M.; « *Event-Based Interaction Management for Composite E-Services in eFlow* ». Information Systems Frontiers, 4(1), pp 19-31, 2002.
- [**Chandrasekaran & al., 1999**] B. Chandrasekaran, J. R. Josephson and V. R. Benjamins. What are ontologies and why do we need them? IEEE Intelligent Systems. 14(1):20-26. 1999.
- [**Chang, 2007**] Chang S.H., Kim S. D.; « *A Service-Oriented Analysis and Design Approach to Developing Adaptable Services* ». In the IEEE Int. Conference on Services Computing (SCC 2007), pp. 204-211, 2007.
- [**Charroux & al., 2008**] B. Charroux, A. Osmani, Y. Thierry-Mieg ; « *UML 2 : pratique de la modélisation* ». 2ème édition : Pearson Education France ; 2008.
- [**Claës, 1988**] Claës G.; « *Contribution à l'application de l'intelligence artificielle pour l'enseignement assisté par ordinateur* ». Thèse de doctorat Université Paris-Sud, 1988.
- [**Cochard, 2006**] Consortium INTERNATIONAL E-MI@GE; « *Etat des lieux : Problématiques, Réflexions, Propositions et Guide Pratique de la e-Mi@ge* ». Document du comité de pilotage, Janvier 2006.
- [**Crozat, 2002**] S. Crozat ; « *Eléments pour la conception industrialisée des supports pédagogiques numériques* ». Thèse en informatique de l'Université de Technologie de Compiègne, 2002.
- [**Crozat & al., 2002**] Stéphane Crozat, Philippe Trigano ; « *Structuration et scénarisation de documents pédagogiques numériques dans une logique de massification* ». STE (Sciences et Techniques Educatives), vol.9, N°3, Ed° Hermès, 2002.
- [**Cueilliez, 2006**] Olivier Cueilliez, « *Composition de documents électroniques personnalisés basée sur des ontologies : application au e-learning* » ; Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur CNAM en informatique ; Conservatoire national des Arts et Métiers ; 2006.
- [**Dardenne, 1991**] A. Dardenne, S. Fickas, A. van Lamsweerde; « *Goal-directed concept acquisition in requirements elicitation* » Proc. 6th IEEE Workshop System Specification and Design0, Como, Italy, 1991, 14-21.
- [**Dardenne, 1993**] Dardenne, A., A. V. Laamsweerde and S. Fickas; « *Goal Directed Requirements Acquisition* ». Science of Computer Programming, 20(1-2), pp3-50, 1993.
- [**Dicheva & al., 2005**] Darina Dicheva, Sergey Sosnovsky, Tatiana Gavrilova, Peter Brusilovsky; « *Ontological Web Portal for Educational Ontologies* ». In SWEL'05@AIED'05; 2005.
- [**De Bra & al., 1998**] De Bra, P., Calvi, L.; « *AHA! An open Adaptive Hypermedia Architecture* ». The New Review of Hypermedia and Multimedia, pp. 115-139, 1998.

- [De Bra & al., 1999] De Bra, P., Houben, G.J., Wu, H.; « *AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia* ». Proceedings of ACM Hypertext'99, Darmstadt, pp. 147-156, 1999.
- [De Rosi, 1993] De Rosi F.; « *User tailored hypermedia explanations* ». Dans Proceedings of INTERCHI'93, pages 169-170 ; 1993.
- [Delestre & al., 1997] N. Delestre, C Gréboval, J-P Pécuchet; « *Metadyne, a dynamic adaptive hypermedia system for teaching* ». 3rd ERCIM Workshop, Obernai, France, 1997.
- [Delestre & al., 1999] Nicolas Delestre, Jean-Pierre Pécuchet, Catherine Gréboval; « *How to design an adaptive dynamic hypermedia for teaching ?* ». AI-ED'99 - Le Mans, 1999, p654-656.
- [Delestre, 2000] Nicolas Delestre ; « *Un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement* ». Thèse au Laboratoire PSI de l'université de Rouen, 2000.
- [Der-Thanq & al., 2007] Der-Thanq, C., Hung, D., & Wang, Y.-U.; « *Educational design as a quest for congruence: the need for alternative learning design tools* ». British Journal of Educational Technology, 38(5), 876-884; 2007.
- [Desmoulins & al., 2002] Desmoulins C. and Grandbastien M.; « *Ontologies pour la conception de manuels de formation à partir de documents techniques* ». STE 9(3-4): 291-340; 2002.
- [Dessaint, 1995] Dessaint, M.-P. « *Au coeur de l'apprentissage: les objectifs et les activités* ». In M.-P. Dessaint (Ed.), *La conception de cours: Guide de planification et de rédaction*. (pp. 141-203), Sainte-Foy (Canada) : Presses de l'Université du Québec; 1995.
- [Dik, 1989] S.C. Dik; « *The theory of fonctionnal grammar* ». Foris publication, Dodrecht, Pays-Bas, 1989.
- [Dufresne & al., 1992] De La Passardière, B. & Dufresne, A.; « *Adaptive Navigational Tools for Educational Hypermedia* ». Computer Assisted Learning. pp. 555-567. Berlin, New York: Springer-Verlag. 1992.
<http://mistral.ere.umontreal.ca/~dufresne/Publications/ical91.htm>
- [Dinoff & al., 2006] Dinoff.R, Hull.R, Kumar.B, Lieuwen.D, Santos.P; « *Learning and managing user context in personnalized communications services* ». In proceeding of international work shop on context in advanced interfaces, Venis, italy, 2006.
- [Duval, 2002] E. Duval ; « *Normalisation des technologies éducatives : à quoi bon ?* ». Cinquième Colloque Hypermédiat et apprentissage, 2002.
- [Fillmore, 1968] C. J. Fillmore; « *The case for case, in Universals in linguistic theory* ». Holt, Rinehart and Winston, INC, E.Bach/R.T.Harms (eds), 1968.
- [Fisher, 1990] Fischer G.; « *Minimalist explanations in knowledge-based systems* ». Dans Proceedings of 23rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pages 309-317, Kailua-Kona, HI; 1990.
- [Fujii & al., 2006] Fujii K., Suda T.; « *Semantics-based Dynamic Web Service Composition* ». The Int. Journal of Cooperative Information Systems (IJCIS), Special Issue on Service-oriented Computing, 15(3), pp 293-324.

[Furst, 2004] Furst, F.; « *Contribution à l'ingénierie des ontologies: une méthode et un outil d'opérationnalisation* ». Thèse de doctorat en informatique, Université de Nantes, soutenue le 26 octobre 2004, Nantes.

[George, 2001] George S.; « *Apprentissage collectif à distance. SPLACH : un environnement informatique support d'une pédagogie de projet* ». Thèse de Doctorat en informatique, Université du Maine.2001.

[Grandbastien, 2002] Grandbastien M.; « *Quelques questions à propos de l'indexation et de la recherche de ressources pédagogiques sur le Web* ». In Baron G.-L. et Bruillard E. (eds.) *Les technologies en éducation : Perspectives de recherche et questions vives*. Paris : INRP – MSH - IUFM de Basse Normandie, pp. 211-220.

[Grönroos, 2000] Grönroos, C.; « *Service Management and Marketing* ». A Customer Relationship Management Approach. Number ISBN 978 0 471 72034 8. 2nd edition. JohnWiley & Sons, Chichester, UK. 404 pages ; 2000.

[Gruber, 1993] Gruber, T.R.; « *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing* ». In *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, edited by Nicola Guarino and Roberto Poli, Kluwer Academic Publishers, in press. Substantial revision of paper presented at the International Workshop on Formal Ontology, Italy. March, 1993. www2.umassd.edu/SWAgents/agentdocs/stanford/onto-design.pdf

[Grüniger & al., 2002] Grüniger M., Lee J.; « *Ontology Applications and Design* ». In *Communication of the ACM*, 45(2), pp. 39-41. 2002.

[Guzélian, 2007] G. Guzélian ; « *Conception de systèmes d'information : une approche orientée service* ». Thèse de doctorat en Informatique, Université Paul Cézanne, soutenue le 4 juillet 2007, Marseille.

[Guarino & al., 1995] Guarino N. & Giaretta P.; « *Ontologies and knowledge bases, towards a terminological clarification* ». In Mars N., eds., *Towards very large knowledge bases : knowledge building and knowledge sharing*, ISO Press, pages 25-32, 1995.

[Gutiérrez & al., 1995] J. Gutiérrez T. Pérez, P.Lopistéguy & I; « *Usandizaga HyperTutor: From hypermedia to intelligent adaptive hypermedia* ». InH. Maurer (Eds.), *Proceedings of ED-MEDIA'95, World conference oneducational multimedia and hypermedia* . Graz, Austria: AACE. p. 529-534. 1995.

[Halasz, 1994] Halasz, F., Schwartz, M.; « *The Dexter Hypertext Reference Model* ». *Communications of the ACM*, Vol. 37, nr. 2, pp. 30-39, 1994.

[Hameline, 1990] Hameline D.; « *Les objectifs pédagogiques en formation initiale et en formation continue* ». Edition ESF, 8ième édition, Paris, 1990.

[Hibou & al., 2006] Hibou M., Py D.; « *Représentation des connaissances de l'apprenant ; in Environnements informatiques pour l'apprentissage humain* ». Grandbastien M. & Labat J-M. (eds), pages 97-116, Hermes ; 2006.

[Heiwy & al., 2003] Heiwy V., Ducateau C-F.; « *Un modèle de ressources pédagogiques pour la FOAD* ». Colloque Environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH2003), Strasbourg, France, 15-17 avril 2003.

- [Henze, 2000a] N. Henze; « *Adaptive Hyperbooks : Adaptation for Project-Based Learning Ressources* ». Genehmigte Dissertation, University of Hannover, Germany, 2000.
- [Henze, 2000b] N. Henze, W. Nejdli; « *Adaptivity in the KBS Hyperbook System* ». Dans Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive System and User Modeling on the WWW, Toronto, Canada, May 1999.
- [Hérin & al., 2002] Hérin D., Sala M., Pompidor P.; « *Evaluating and Revising Courses from Learning Web Resources* ». ITS'2002. 2002.
- [Hothi, 1998] Hothi, J., Hall, W.; « *An Evaluation of Adapted Hypermedia Techniques Using Static User Modeling* ». Proceedings of the Second Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, pp. 45-50, 1998.
- [Ihaddadene & al., 2006] Ihaddadene.K.A; « *Personnalisation de l'accès à l'information multimédia: efficacité et efficience?* ». Mémoire de master recherche architectures logicielles distribuées 2006.
- [Ilraith & al., 2002] Mc Ilraith S. and S. Son.; « *Adapting Golog for composition of semantic Web Services* ». In Proceedings of International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, 2002.
- [IMS, 2001] IMS Global Learning Consortium; http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_bestv1p0.html
- [IMS, 2002] IMS Global Learning Consortium; Inc.: *IMS Learning Ressources Metadata Specification* ; v 1.2.1. www.imsproject.org/metadata/index.html
- [IMS-LD, 2003] IMS Global Learning Consortium, Inc., IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide, 2003.
- [IMS-LIP, 2001] *IMS Learner Information Package*. Final Specification, IMS Global Learning Consortium; 2001. <http://www.imsglobal.org/profiles/index.html>
- [Inaba & al., 2000] Inaba A., Supnithi T., Ikeda M., Mizoguchi R. et Toyoda J.; « *An Overview of Learning Goal Ontology* ». Proc. of ECAI2000 Workshop on Analysis and Modelling of Collaborative Learning Interactions, 23-30; 2000.
- [Jackson, 1995] M. Jackson; « *Software Requirements and Specification – A Lexicon of Practice, Principles and Prejudices* ». ACM Press, Addison-Wesley, 1995.
- [Jin & al. 1999] Jin L., Chen W., Hayashi Y., Ikeda M., Mizoguchi R., Takaoka Y. et Ohta M.; « *An Ontology-Aware Authoring Tool - Functionalstructure and guidance generation* ». Paper presented at the AIED1999, Le Mans, France; 1999.
- [Johnson & al., 1989] Johnson, D.W. & Johnson, R.T.; « *Cooperative learning and mainstreaming* ». In R. Gaylord-Ross (Ed.), *Integration strategies for students with handicaps* - pp. 233-248. Baltimore : Paul Brookes Publishing ; 1989.
- [Joyce & al., 1986] Joyce, B. & Weil, M.; « *Models of teaching* ». (3rd ed). Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall; 1986.
- [Kaabi, 2007] R. S. Kaabi; « *Une Approche Méthodologique pour la Modélisation Intentionnelle des Services et leur Opérationnalisation* »; Thèse de doctorat en informatique, Université Paris I, 2007.

- [Kaplan & al., 1993] Kaplan C., Fenwick J. et Chen J.; « *Adaptive hypertext navigation based on user goals and context* ». User Modeling and User-Adapted Interaction, Vol.3 : pp.193-220; 1993.
- [Kay & al., 1994] Kay J. et Kummerfeld R. J.; « *An individualised course for the C programming language* ». Dans Proceedings of the Second International WWW Conference, pages 17_20, Chicago, IL; 1994.
- [Kay & al., 2000] Kay J., Gauthier G., Frasson C., VanLehn K.; « *Stereotypes, students models and scrutability* ». (eds) Intelligent Tutoring Systems, Springer, 19-30; 2000.
- [Kellert & al., 2004] Patrick Kellert et Farouk Toumani; « *Les services web sémantique* »; In Revue I3 (Information-Interaction-Intelligence), hors-série 2004. http://www.revue-i3.org/hors_serie/annee2004/revue_i3_hs2004_01_07.pdf
- [Klyne & al., 2004] Klyne, G. and Carroll, J.; « *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax* ». In Graham Klyne and Jeremy J. Carroll, Editors, W3C Recommendation, 10 February 2004. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/> Latest version available at <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- [Kobsa, 1994] Kobsa A.; « *Kn-ahs : An adaptive hypertext klient of the user modeling system bgp-ms* ». Dans Proceedings of the Fourth International Conference on User Modeling, pages 31-36, Hyannis, MA; 1994.
- [Koch, 2000] Nora Parcus de Koch; « *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems, Reference Model, Modeling Techniques and Development Process* ». PhD thesis, Munich university, Germany. October 2000.
- [Koper, 2002] Koper R.; « *Educational Modelling Language : adding instructional design to existing specification* ». Open University of the Nertherlands. 2002.
- [Koutrika & al., 2005] Koutrika G., Ioannidis Y.; « *Personalized Queries under a Generalized Preference Model* ». ICDE 05, Tokyo, Japan, p. 841-852, 2005.
- [Lacot, 2005] Lacot, X.; « *Introduction à OWL, un langage XML d'ontologies Web* ». 2005.
- [Landsheere, 1989] [De Landsheere V., De Landsheere G. ; « *Définir les objectifs de l'Éducation* ». Paris: P.U.F., 338 pages ; 1989.
- [Laskri & al., 2006] Mahnane L, Laskri ; « *MT : vers un système adaptatif et dynamique HADYAT* ». Conférence internationale sur l'informatique et ses applications ciia'06, Saida 14-16 mai 2006.
- [Lazrek & al., 2007] Lazrek A., Abdelwahed E. H.; « *Des ontologies pour la description des ressources pédagogiques et des profils des apprenants dans l'e-learning* ». Dans 1ères Journées Francophones sur les Ontologies, 18 et 20 octobre 2008, Sousse, Tunisie.
- [Lebrun, 1995] Lebrun N., Berthelot S.; « *Plan pédagogique : une démarche systématique de planification de l'enseignement* ». Éditions Nouvelles et DeBoeck ; 1995.
- [Legendre, 1993] Legendre R.; « *Dictionnaire actuel de l'éducation* », (2ème édition)., Montréal : Guérin Éditeur, 1993.

- [Lin & al., 2005] C. Lin, G.R Xue, H.J Zeng et Y. Yu; « *Using probabilistic latent semantic analysis for personalised web search* ». In Proceedings of the APWeb Conference, pages 707–711, 2005.
- [LOM, 2002] LOM IEEE Learning Technology Standard Committee (LTSC), Final Draft Standard for Learning Object Metadata, Approved draft, Document IEEE1484.12.1-2002, 2002, 44p. <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [Maamar & al., 2007] Maamar Z., Lahkim M., Benslimane D., Thiran P.; « *Web Services Communauties Concepts & Operations* ». In The WEBIST'2007, Barcelona, Spain, 2007.
- [Madani, 1992] Madani K.; « *Contribution à la réalisation d'une plate-forme d'assistance "Intelligente" : Modélisation de l'utilisateur et conception d'un système d'accueil* ». Thèse de doctorat Université de Paris-sud, Centre D'Orsay, 1992.
- [Maedche, 2002] Maedche A.; « *Ontology Learning for the Semantic Web* ». Boston: Kluwer Academic Publishers; 2002.
- [Mager, 1977] R. F. Mager ; « *Comment définir des objectifs pédagogiques ?* ».Dunod, 2ème édition ; 1977.
- [Martin, 1983] Martin, J.; « *Mastering instruction* ». Toronto : Allyn and Bacon; 1983.
- [Martin & al., 2004] Martin, D., Burstein, M., Hobbs, J., Lassila, O., McDermott, D., McIlraith, S., Narayanan, S., Paolucci, M., Parsia, B., Payne, T., Sirin, E., Srinivasan, N., and Sycara, K.; « *OWL-S: Semantic Markup for Web Services* ». In The OWL Services Coalition 2004. Version 1.0 available at <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/owl-s.pdf>
- [Maurin, 2000] Maurin J.-C. M. ; « *Qu'est-ce qu'une stratégie pédagogique?* ». D'après Raynal F. et Rieunier A., Pédagogie : dictionnaire des concepts clés, Paris, ESF, 1997, p.348; 2000.
- [Mayer, 2003] Mayer R.E.; « *The promise of multimedia learning : using the same instructional design methods across different media, Learning and instruction* ». 13 pp.125-139, Elsevier Science, 2003.
- [Mbala, 2003] Mbala Hikolo A.; « *Analyse, conception, spécification et développement d'un système multiagents pour le soutien des activités en formation à distance* » ; Thèse de Doctorat en informatique, Université de Franche-Comté. 2003.
- [McIlraith & al., 2001] S. McIlraith, T. Son, and H. Zeng; « *Semantic Web services* ». IEEE Intelligent Systems (Special Issue on the Semantic Web), 16(2):46–53, March/April 2001.
- [McNeill & al., 1990] McNeill, J. & Wiles, J.; « *The essentials of teaching : Decisions, places and methods* ». New York : MacMillan. 1990.
- [Medjahed & al., 2003] Medjahed B., Bouguettaya A., Elmagarmid A.; « *Composing Web services on the Semantic Web* ». Very Large Data Base, 12(4), pp. 333-351, 2003
- [Merrill, 2002] Merrill, M. D.; « *First principles of instruction* ». Educational Technology Research and Development, 50(3), 43-59; 2002.
- [Mizoguchi & al., 1995] Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., and Ikeda, M.; « *Task Ontology for Reuse of Problem Solving Knowledge* ». In Building and Knowledge Sharing

1995 - 2nd International Conference on Very Large-Scale Knowledge Bases, Enschede, The Netherlands, pages 46–59; 1995.

[**Mizoguchi & al., 2000**] Mizoguchi R., Kozaki K., Sano T. et Kitamura Y.; « *Construction and Deployment of a Plant Ontology* ». The 12th International Conference, EKAW2000, (Lecture Notes in Artificial Intelligence 1937), 113-128; 2000.

[**Mizoguchi, 2004**] Mizoguchi R., Kitamura Y.; « *Ontology-based systematization of functional knowledge* ». Journal of Engineering Design, Taylor & Francis, 15 (4), 327-351, August, 2004.

[**Morley & al., 2007**] C. Morley, J. Hugues, B. Leblanc ; « *UML 2 pour l'analyse d'un système d'information: le cahier de charge du maitre d'ouvrage* ». 3ème édition : DUNOD ; 2007.

[**Murray, 1999**] Murray T.; « *Authoring Intelligent Tutoring Systems: an analysis of the state of the art* ». Int. Journal of AI in ED., 10 (1), 98-129, 1999.

[**Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan, 1993**] Ministère de l'apprentissage de Saskatchewan ; « *Approches pédagogiques – Infrastructure pour la pratique de l'enseignement* » ; 1993. www.sasked.gov.sk.ca.

[**Nauer & al., 2006**] Emmanuel Nauer, Alexandre Richard, Sébastien Derriere, Françoise Genova, Amedeo Napoli, Yannick Toussaint ; « *Construction d'une ontologie de descripteurs UCD en astronomie* ». In actes d'Ingénierie des Connaissances 2006: 21-30 ; 2006

[**Nicaud, 1994**] J-F. Nicaud; « *Modélisation du raisonnement algébrique humain et conception d'environnements informatiques pour l'enseignement de l'algèbre* ». Habilitation à diriger des recherches, Rapport de recherche n° 890, LRI, Université de Paris sud, 03/94.

[**Nilson, 1971**] N-J. Nilsson ; « *Problem Solving Methods in Artificial Intelligence* ». McGraw Hill, 1971

[**Nodenot, 2006**] Thierry Nodenot ; « *Towards pedagogically neutral EML making use of de-Contextualized learning objects: myth or reality?* ». Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)Kerkrade, The Netherlands ; 2006.

[**O'Sullivan, 2002**] J. O'Sullivan D., Edmonde and A. Ter Hofstede; « *What's in a Service?* ». Distributed and Parallel Databases, 1 2(2-3), p. 117-133; 2002.

[**Oubahssi, 2005**] Oubahssi, L.; « *Conception de plates-formes logicielles pour la formation à distance, présentant des propriétés d'adaptabilité à différentes catégories d'utilisateurs et d'interopérabilité avec d'autres environnements logiciels* ». Thèse de Doctorat en informatique, Université René Descartes Paris V, 2005.

[**Oubahssi & al., 2005**] Oubahssi L, Grandbastien M, Ngomo N, Claës G. « *L'activité au centre du processus global de la FOAD* ». Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Montpellier du 25 au 27 mai 2005.

[**Ounis, 1991**] Ounis O.; « *Modélisation de l'apprenant dans un système d'auto formation* ». Thèse de doctorat, Université Paris-XI Orsay, 1991.

- [Oppermann & al., 1994] Oppermann, R.; « *Adaptively supported Adaptability* ». International Journal of Human-Computer Studies 40, 544- 472; 1994.
- [Paquette, 2000] Paquette G., 2000 ; « *Construction de portails de télé-apprentissage Explor@ - Une diversité de modèles pédagogiques* » ; Revue Sciences et Techniques Educatives Vol. 7(1), pp 207-226.
- [Paquette, 2001] Paquette G. ; « *TeleLearning Systems Engineering - Towards a new ISD model* ». Journal of Structural Learning 14, pp. 1-35, 2001.
- [Paquette, 2002a] Paquette, G. ; « *L'ingénierie pédagogique* ». Aux éditions PUQ, 2002
- [Paquette, 2002b] Paquette, G. ; « *L'ingénierie du télé-apprentissage, pour construire l'apprentissage en réseau* ». Presses de l'Université de Québec, 2002.
- [Paquette & al., 2003] Paquette, G., Bourdeau, J., Basque, J., Leonard, M., Henri, F., & Maina, M. ; « *Construction d'une base de connaissances et d'une banque de ressources pour le domaine du téléapprentissage* ». Sciences et Techniques Éducatives, 10. ; 2003.
- [Paquette, 2004a] G. Paquette ; « *Educational Modelling Language from an instructional engineering perspective* ». R. McGreal editeur , online education using learning objects; London : Routledge/Falmer ; 2004.
- [Paquette, 2007] Paquette, G.; « *An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management* ». Educational Technology & Society, 10 (3), 1-21; 2007.
- [Paquette & al., 2008] Paquette G., Marino O., Lundgren-Cayrol K., and Léonard, M.; « *A Principled Approach for the Construction and Reuse of Learning Designs and Learning Objects within Web-based Environments* ». </Portals/29/docs/pub/ingenierie/IDEA-LICEF%20chapter%20v4-Final.doc>Handbook of Research on Learning Design and Learning Objects: Issues, Applications and Technologies, Idea Group Publishing, Australia. 2008.
- [Papanikolaou & al., 2001] Kyparisia A. Papanikolaou, Maria Grigoriadou, Harry Kornilakis, George D. Magoulas; « *INSPIRE: An Intelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment* ». OHS-7/SC-3/AH-3 2001 : 215-225; 2001.
- [Pernin, 2003] Pernin, J.-Ph. ; « *Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources?* ». Revue Sticef, Numéro spécial : Ressources numériques, XML et éducation, 2003.
- [Pernin & al., 2004] Pernin J-P., Lejeune A.; « *Dispositifs d'apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios* ». Colloque TICE 2004, Compiègne, octobre 2004.
- [Pernin & al., 2004a] Pernin J-P., Lejeune A. ; « *Modèle pour la réutilisation de scénarios d'apprentissage* ». Colloque TICE Méditerranée, Nice, 2004.
- [Pfeiffer & al., 1979] Pfeiffer, J. & Jones, J.; « *Annual handbook for group facilitator* ». San Diego : University Associates; Eds. 1979.
- [Pilar Da Silva & al., 1998] Denise Pilar Da Silva, Rafaël Van Durm, Erik Duval, Henk J. Olivie; « *Adaptative Navigational Facilities in Educational Hypermedia* ». In Proceedings of the ACM Conference on Hypertext – Hypertext'98- 291-292; 1998.

[Prieto-Diaz, 1987] Pilar da Silva, D.; « *Concepts and documents for adaptive educational hypermedia: a model and a prototype* ». Proceedings of the Second Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia, Pittsburgh, pp. 33-40, 1998.

[Pilgrim & al., 1999] C. J. Pilgrim, Y. K. Leung ; « *Site Maps : where are we now ?* ». Web-Net'99, Hawaï, Etats-Unis ; p.883-888 ; 1999.

[Piombo, 2007] Piombo C.; « *Modélisation probabiliste du style d'apprentissage et application à l'adaptation de contenus pédagogiques indexés par une ontologie* ». Thèse de doctorat en informatique. Université de Toulouse – Institut National de Polytechnique, 2007.

[Pompidor & al., 2003] Pompidor P., Sala M., Hérin D.; « *An incremental method for extraction of pedagogical knowledges on the web* ». SW-WL'2003 & EIAH'2003 ; 2003.

[Prat, 1997] N. Prat. « *Goal formalisme and classification for requirement engineering* ». Proceedings of the Third international Workshop on Requierement Engineering: Fondation of Software Quality REFSQ'97, Barcelona, June 1997.

[Prégent, 1990] Prégent, R. « *La préparation d'un cours : connaissances de base utiles aux professeurs et aux chargés de cours* ». Montréal : Éditions de l'École Polytechnique de Montréal; 1990.

[Preist, 2004] Preist, C.; « *A Conceptual Architecture for Semantic Web Services* ». In Proceedings of the International Semantic Web Conference (ISWC 2004) ; 2004.

[Psyché, 2003] Psyché V.; « *État de l'art sur l'ontologie - application au téléapprentissage* ». Rapport technique, Montréal : Télé-apprentissage - LICEF; 2003.

[Psyché & al., 2003] Psyché, V., Mendes, O., and Bourdeau, J. ; « *Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance* ». Revue STE, pages 89–126. ; 2003.

[Psyché & al., 2005] Psyché V., Bourdeau J., Nkambou R. et Mizoguchi R.; « *Making Learning Design Standards Work with an Ontology of Educational Theories* ». Artificial Intelligence in Education (AIED 2005), 725-731, 2005.

[Ramadour, 2001] Ramadour P. ; « *Modèles et langage pour la conception et la manipulation de composants réutilisables de domaine* ». Thèse de doctorat en Informatique, Université Paul Cézanne, soutenue le 17 décembre 2001, Marseille.

[Ranwez, 2000] S. Chaber-Ranwer ; « *Composition Automatique de Documents Hypermédias Adaptatifs à partir d'Ontologie et de Requêtes Intentionnelles de l'Utilisateur* ». Thèse de l'Université de Montpellier II, soutenue le 21 décembre 2000.

[Razmerita & al., 2004] Razmerita, L. and Gouarderes G.; « *Ontology-based User Modeling for Personalization of Grid Learning Services* ». Grid Learning Services Workshop (GLS 2004) in association with Intelligent Tutoring System Conference, ITS 2004, Brazil pp.105-115 ; 2004.

[Reverchon, 2000] Reverchon A. ; « *Les universités françaises lancent le chantier de l'enseignement à distances* ». Edition Le monde économie ; 1^{er} février 2000.

- [Rolland & al., 1998] C. Rolland, C. Souveyet, C. Ben Achour; « *Guiding Goal Modelling using Scenarios* ». IEEE ; Transactions on Software Engineering, Special Issue on Scenario Management, Vol. 24, No. 12, 1055- 1071, Dec.1998.
- [Rolland & al., 1998] C. Rolland, C. Ben Achour, C. Cauvet, J. Ralyté, A. Sutcliffe, N. Maiden, M. Jarke, P. Haumer, K. Pohl, E. Dubois, P. Heymans; « *A Proposal for a Scenario Classification Framework* »; Dans Requirements Engineering Journal, vol. 3, n°1, 1998.
- [Saint-Onge, 1992] Saint-Onge M.; « *Les objectifs pédagogiques: pour ou contre ?* ». Pédagogie collégiale. 6 (2), 23-28; 1992.
- [Sala & al., 2003] Sala M., Pompidor P., Hérim D.; « Aid to the Semantic Maintenance of the WebSite ». IADIS WWW/Internet'03. 2003.
- [Savard & al., 2008] Savard I., Bourdeau J. et Paquette G. « *Cultural Variables in the Building of Pedagogical Scenarios: the Need for Tools to Help Instructional Designers* ». Proceeding of IT 2008, Montreal, June 2008. www.Portals/29/docs/pub/ingenierie/SavardITS_Final.pdf
- [SCORM, 2004] SCORM ; ADL/SCORM, *ADL Sharable Content Object Reference Model Version 1.3*; Working draft 0.9, 2004. <http://www.adlnet.org>
- [Slavin, 1987] Slavin, R.E.; « *Cooperative learning and the cooperative school* ». Educational Leadership, 45(3), 7-13.; 1987.
- [Seaman & al., 1989] Seaman, D. & Fellenz, R.; « *Effective strategies for teaching adults* ». Columbus : Merrill; 1989.
- [Sheng & al., 2009] Sheng Q. Z. , Benatallah B., Maamar Z.; « *Configurable Composition and adaptative Provisionning of Web Services* ». IEEE Transactions on Services Computing (TSC), 2(1), 2009.
- [Selwyn, 2007] Selwyn, N.; « *The use of computer technology in university teaching and learning: a critical perspective* ». Journal of Computer Assisted Learning, 23(2), 83–94; 2007.
- [Sintek, 2002] M. Sintek, S. Decker ; « *TRIPLE – an rdf query, inference, and transformation language* ». In Horrocks, I. and Hendler, J. edidors, Int. Conference (ISWC), pp 364-378 ; 2002.
- [Sirin & al., 2003] Sirin, E., Hendler, J., and Parsia, B.; « *Semi-automatic Composition of Web Services using Semantic Descriptions* ». In Web Services: Modeling, Architecture and Infrastructure workshop in conjunction with ICEIS 2003.
- [Si-Said, 1999] S. Si-Said Cherfi ; « *Proposition pour la modélisation et le guidage des processus d'analyse des systèmes d'information* ». Thèse de l'Université Paris I, soutenue le 3 février 1999.
- [Shostak, 1986] Shostak, R.; « *Lesson presentation skills* ». In J. Cooper (Ed.), Classroom teaching skills (pp. 111-137). Lexington: Heath.; 1986.
- [Sowa, 1995a] Sowa J.; « *Distinction, combination, and constraints* ». Proc. IJCAI95 Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing; 1995.

- [Sowa, 1995b] Sowa J.; « *Top-level ontological categories. International Journal of Human and Computer Studies* ». 43, 669-685; 1995.
- [Sutcliffe & al., 2004] Sutcliffe Alistair, Mehadjiev Nikolay; « *End-User Development* ». Communications of the ACM. Vol. 47, no. 9, pp. 31-32. Sept. 2004
- [Talhi & al., 2007] Said Talhi, Mahieddine Djoudi, Samir Zidat, Salima Ouadfel; « *Intégration des TIC en pédagogie universitaire : proposition d'un modèle de tutorat en ligne* ». Premier séminaire international sur l'ingénierie pédagogique, université de Batna, 02-03 décembre 2007.
- [Tagliante, 1991] Tagliante C. ; « *L'évaluation* » ; Édition Clé international, France, 1991.
- [Tawbi, 2001] Mustapha Tawbi ; « *CREWS-L'Ecritoire: un Guidage Outillé du Processus d'Ingénierie des Besoins* » ; Thèse de l'Université de Paris 1, 2001.
- [Thakkar & al., 2004] Thakkar S., Ambite J.L., Knoblock C.A.; « *A Data Integration Approach to Automatically Composing and Optimizing Web Services* ». In Int. Workshop on Planing and Scheduling for Web and Grid Services, 2004.
- [Tchounikine, 2002c] Tchounikine P., 2002 ; « *Quelques éléments sur la conception et l'ingénierie des EIAH* ». Actes GDR I3, p.233-245.
- [Trigano & al., 2004] Trigano P., Giacomini-Pacurar E. ; « *Toward a Web based environment for Evaluation and Design of Pedagogical Hypermedia* ». In Educational Technology & Society, (ISSN 1436-4522), Volume 7 n° 3, juillet 2004.
- [Tsiriga & al., 2003] Tsiriga V, Virvou M.; « *Modelling the student to individualise tutoring in a web-based* ». Proceedings on 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003), 2003.
- [Uduma & al., 2007] Uduma, L., & Morrison, G. R.; « *How do instructional designers use automated instructional design tools ?* ». Computers in Human Behavior, 23, 536-553 ; 2007.
- [Uschold & al., 1996] Uschold, M. et Gruninger, M. ; « *Ontologies : Principales, Methodes and Applications Knowledge* ». Engineering Review, vol. 11, n°2, juin 1996.
- [Van Marcke, 1991] Van Marcke, K. ; « *A Generic Task Model for Instruction* ». In Proceedings of NATO Advanced Research Workshop on Instructional Design Models for Computer Based Learning Environments, Twente; 1991.
- [Vassileva & al., 1994] Diessel Th., Lehmann A., Vassileva J.; « *Individualized Course Generation: A Marriage Between CAL and ICAL* ». Computers and Education, 22, No.1/2, 57-64; 1994.
- [Vassileva, 1995] Vassileva, J.; « *Dynamic Courseware Generation : at the Cross of CAL, ITS and Autoring* ». Proceedings of the International Conference on Computers in Education, ICCE'95, Singapore, 290-297. 1995.
- [Vassileva, 1996] Vassileva J.; « *A task-centered approach for user modeling in a hypermedia o_ce documentation system* ». Dans User Modeling and User-Adapted.Interaction, volume 6, pages 185-224; 1996.

[Vassileva, 1997] J. Vassileva ; « *Dynamic Courseware Generation on the www. Proceedings of the workshop: Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web* ». Sixth International Conference on User Modeling, 1997.

[Vassileva, 1998] Vassileva, J. ; « *DCG + GTE : Dynamic courseware generation with teaching expertise* » ; Instructional Science, Vol. 26, Nos. 3/4, pp.317–332; 1998.

[Villano, 2002] M. Villano; « *Probabilistic Student Models: a Bayesian Belief Networks and Knowledge Space Theory* ». Proceedings of ITS-92, Lecture Notes in Computer Sciences No 608, pp. 491-498, Springer: Berlin-Heidelberg. 1992.

[Vincent & al., 2005] Vincent C., E. Delozanne, B. Grugeon, J-M. Gelis, J-Rogalski, L. Coulangue; « *Des erreurs aux stéréotypes : des modèles cognitifs de différents niveaux dans le projet Pépite* ». In Actes de la conférence EIAH 2005, Montpellier, 25-27 mai 2005, p.297- 308.

[Vu Minh & al., 2007] Vu Minh Chieu, Vanda Luengo, Lucile Vadcard, and Dima Mufti-Alchawafa; « *A Framework for Building Intelligent Learning Environments in Ill-defined Domains* ». Proceedings of the Workshop on AIED Applications in Ill-Defined Domains Workshop at 2007 - cs.pitt.edu

[W3C, 2001] <http://www.w3.org/2001/sw/>

[W3C, 2005] W3C; « *Web Service Modeling Ontology (WSMO)* ». In Edited by Holger Lausen, Axel Polleres and Dumitru Roman. W3C Member Submission ; 2005.

[Weber & al., 2001] Weber, G., Kuhl, H.-C. and Weibelzahl, S.; « *Developing Adaptive Internet Based Courses with the Authoring System NetCoach* ». In: Reich, S., Tzagarakis, M.M., De Bra, P. M.E. (eds.): *Hypermedia: Openness, Structural Awareness and Adaptivity*. Lecture Notes in Computer Science Vol. 2266. Springer-Verlag, Berlin. pp. 226-238 ; 2001.

[Wen & al., 2004] J.R Wen, N. Lao et W. Y Ma.; « *Probabilistic model for contextual retrieval* ». In Proceedings of the 27th annual international ACMSIGIR Conference on Research and development in Information retrieval , pages 57– 63, 2004.

[West & al., 2007] West, R. E., Waddoups, G., & Graham, C. R. ; « *Understanding the experiences of instructors as they adopt a course management system* ». Education Tech Research Dev, 55 ; 2007.

[Wu & al., 2000] Wu, H., Houben, G.J., De Bra, P.; « *Supporting User Adaptation in Adaptive Hypermedia Applications* ». Proceedings Inf Wet2000. Rotterdam, the Netherlands.

[Yang & al., 2004] Yang, J. and Papazoglou, M.; « *Service components for managing the life-cycle of service compositions* ». Information Systems, 29(2):97–125. 2004.

[Zeithaml & al., 1996] Zeithaml, V. and Bitner, M. ; « *Services Marketing*. McGraw-Hill ». New York, NY. 1996.

[Zimmermann, 2004] Zimmermann O., Krogdahl P., Gee C. ; « *Elements of Service-Oriented Analysis and Design* ». Available at : <http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-soad1/>

[Zniber & al., 2005] Zniber N. et Cauvet C.; « *Systèmes pédagogiques adaptatifs: état de l'art et perspectives* ». In MajecSTIC 2005 : Manifestation des Jeunes Chercheurs francophones dans les domaines des STIC (11/2005) 300-315 ; 2005.

[Zniber & al., 2007] Zniber N. et Cauvet C.; « Des composants aux services pédagogiques ». In TICE Méditerranée 2007 : L'Humain dans la formation à distance, la problématique du changement. 31 mai-02 juin 2007.

[Zniber, 2008] Zniber N.; « Conception de parcours pédagogique : une approche orientée service ». In La 3^{ème} conférence en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain – EIAH 2007 ; 27-29 juin 2007.

[Zhu & al.,1999] Zhu M., Uchida H., and Della Senta T.; « The UNL, a Gift for a Millennium ». Institute of Advanced Studies, United Nations University, 1999.

Chapitre 2 – Modèles et techniques pour les systèmes hypermédias adaptatifs		
Figure 2.1	<i>Principaux composants d'un système pédagogique adaptatifs</i>	29
Figure 2.2	<i>Schéma de métadonnées du LOM</i>	32
Figure 2.3	<i>Exemple de hiérarchie de stéréotypes d'apprenant</i>	34
Figure 2.4	<i>Exemple de réseau bayésien</i>	36
Figure 2.5	<i>Niveaux d'abstraction dans les démarches d'apprentissage</i>	38
Figure 2.6	<i>La spécification IMS-LD</i>	40
Figure 2.7	<i>Modèle de tâches « give exercise »</i>	41
Figure 2.8	<i>Techniques d'adaptation dans les hypermédias adaptatifs</i>	43
Figure 2.9	<i>Récapitulatif des vues, facettes et valeurs du cadre de référence</i>	45
Chapitre 3 – Analyse des systèmes pédagogiques adaptatifs		
Figure 3.1	<i>Architecture du DCG+GTE</i>	49
Figure 3.2	<i>Exemple de modèle de tâches « give exercise »</i>	50
Figure 3.3	<i>Structure du modèle du domaine de connaissances dans INSPIRE</i>	52
Figure 3.4	<i>Structure du modèle de l'apprenant dans INSPIRE</i>	53
Figure 3.5	<i>Architecture de METADYNE</i>	55
Figure 3.6	<i>Métadonnées d'une ressource d'enseignement</i>	59
Figure 3.7	<i>Aspects pédagogiques d'une ressource d'enseignement</i>	59
Figure 3.8	<i>Caractéristiques d'usage d'une ressource d'enseignement</i>	60
Figure 3.9	<i>Modèle de données apprenant</i>	61
Figure 3.10	<i>Modèle d'activités</i>	62
Figure 3.11	<i>Tableau comparatif des systèmes adaptatifs existants</i>	64
Chapitre 4 – Présentation des approches d'appui		
Figure 4.1	<i>Les domaines d'appui de l'approche POPS</i>	69
Figure 4.2	<i>La taxonomie des objectifs pédagogiques de Bloom</i>	73
Figure 4.3	<i>Les niveaux d'abstraction des approches pédagogiques</i>	74
Figure 4.4	<i>Taxonomie et exemples d'approches d'apprentissage</i>	75
Figure 4.5	<i>Learning Object Metadata – LOM</i>	77
Figure 4.6	<i>Learning Object Metadata – SCORM</i>	78
Figure 4.7	<i>IMS Learning Design – IMS-LD</i>	79
Figure 4.8	<i>Cycle de vie des services dans [Papazoglou, 2006]</i>	85
Figure 4.9	<i>Différents types d'ontologies</i>	86

Chapitre 5 – Présentation générale de l'approche POPS

Figure 5.1	<i>Les usages de POPS</i>	97
Figure 5.2	<i>Architecture conceptuelle de l'approche POPS</i>	101

Chapitre 6 – Le modèle de services POPS

Figure 6.1	<i>Les trois niveaux de description d'un service pédagogique</i>	111
Figure 6.2	<i>Vue générale du modèle de services pédagogiques</i>	113
Figure 6.3	<i>Le mécanisme de référence des ontologies dans le modèle de services</i>	115
Figure 6.4	<i>Spécification de la partie « profil » du service</i>	116
Figure 6.5	<i>Spécification de la partie « structure » du service</i>	120
Figure 6.6	<i>Représentation graphique d'un exemple de graphe ET/OU</i>	121
Figure 6.7	<i>Représentation schématique du but décomposable</i>	123
Figure 6.8	<i>Représentation graphique du connecteur de type ET</i>	124
Figure 6.9	<i>Représentation graphique du connecteur de type OU</i>	125
Figure 6.10	<i>Représentation de la partie « structure » du service « décrire un cas d'utilisation »</i>	126
Figure 6.11	<i>Spécification de la partie « comportement » du service</i>	127
Figure 6.12	<i>Décomposition et parcours</i>	128
Figure 6.13	<i>Exemple de prérequis et d'acquis</i>	129
Figure 6.14	<i>Exemple simplifié de diagramme d'activités d'un scénario atomique</i>	130
Figure 6.15	<i>Représentation graphique des opérateurs de composition</i>	131
Figure 6.16	<i>Scénario composite utilisant l'opérateur de séquence</i>	132
Figure 6.17	<i>Représentation graphique d'un graphe de parcours</i>	132
Figure 6.18	<i>Correspondance entre le graphe ET/OU et le graphe de parcours</i>	133
Figure 6.19	<i>Représentation de la partie « comportement » du service « définir les concepts du diagramme de classes »</i>	134
Figure 6.20	<i>Tableau de synthèse des concepts du modèle POPS</i>	135
Figure 6.21	<i>Typologies des services pédagogiques</i>	136
Figure 6.22	<i>Représentation synthétique des parties « structure » et « comportement » des services en fonction de leur type</i>	141
Figure 6.23	<i>Niveaux de flexibilité et types de personnalisation</i>	143

Chapitre 7 – Les ontologies dans POPS

Figure 7.1	<i>Ontologies et relations entre ontologies dans POPS</i>	150
Figure 7.2	<i>Conventions graphiques utilisées pour visualiser les ontologies</i>	151
Figure 7.3	<i>Méta-ontologie du domaine d’enseignement (O_dom)</i>	152
Figure 7.4	<i>Ontologie simplifiée du domaine d’enseignement UML (O_uml)</i>	154
Figure 7.5	<i>Les niveaux hiérarchiques des objectifs</i>	155
Figure 7.6	<i>Ontologie des objectifs pédagogiques</i>	157
Figure 7.7	<i>Ontologie des acteurs</i>	160
Figure 7.8	<i>Ontologie des approches pédagogiques</i>	162
Figure 7.9	<i>Ontologie des ressources</i>	163
Figure 7.10	<i>Liens entre les niveaux de description des services et les ontologies</i>	166

Chapitre 8 – Processus de construction de parcours individualisés

Figure 8.1	<i>Modèle de requête</i>	172
Figure 8.2	<i>Éléments pour la mise en correspondance de la requête et des services</i>	174
Figure 8.3	<i>Organisation du processus de construction de parcours</i>	177
Figure 8.4	<i>Exemple de graphe de composition de services</i>	179
Figure 8.5	<i>Représentation synthétique et représentation détaillée d’un GEP</i>	182
Figure 8.6	<i>Correspondances de structures entre GCS et GEP</i>	183
Figure 8.7	<i>Évolution du GCS et du GEP à travers deux itérations</i>	184
Figure 8.8	<i>Découverte et sélection de services</i>	186
Figure 8.9	<i>Adaptation et composition de services</i>	188
Figure 8.10	<i>Graphe ET/OU du service S₂</i>	190
Figure 8.11	<i>Première itération</i>	191
Figure 8.12	<i>Deuxième itération</i>	193
Figure 8.13	<i>Troisième itération</i>	195

Chapitre 9 – Expérimentation de l’approche POPS dans le cadre e-Mi@ge

Figure 9.1	<i>Modules obligatoires</i>	204
Figure 9.2	<i>Modules optionnels</i>	205
Figure 9.3	<i>Les phases de mises en œuvre</i>	207
Figure 9.4	<i>Tableau de buts</i>	209

Figure 9.5	<i>Représentation des buts et leur décomposition</i>	210
Figure 9.6	<i>Liste des services pédagogiques expérimentés</i>	215
Figure 9.7a	<i>Partie profil et partie structure du service de type mono parcours prédéfini</i>	217
Figure 9.7b	<i>Partie comportement du service de type mono parcours prédéfini</i>	218
Figure 9.8a	<i>Partie profil et partie structure du service de type multi parcours prédéfini</i>	219
Figure 9.8b	<i>Partie comportement du service de type multi parcours prédéfini</i>	220
Figure 9.9a	<i>Partie profil et partie structure du service de type parcours type</i>	221
Figure 9.9b	<i>Partie comportement du service de type parcours type</i>	222
Figure 9.10a	<i>Partie profil et partie structure du service de type parcours composable</i>	223
Figure 9.10b	<i>Partie comportement du service de type parcours composable</i>	224
Figure 9.11	<i>Décompositions sélectionnées pour apprendre à décrire les scénarii d'un même cas d'utilisation</i>	226
Figure 9.12	<i>Parcours pour apprendre à décrire des scénarii d'un même cas d'utilisation avec un « bon » niveau</i>	227
Figure 9.13	<i>Parcours pour apprendre à décrire des scénarii d'un même cas d'utilisation avec un niveau « moyen »</i>	227
Figure 9.14	<i>Décompositions sélectionnées pour apprendre à construire un diagramme de classes</i>	229
Figure 9.15	<i>Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes</i>	229
Figure 9.16	<i>Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes avec le profil « gestion »</i>	230
Figure 9.17	<i>Parcours pour apprendre à construire un diagramme de classes avec le profil « informatique »</i>	231