

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique et d'Informatique



Mémoire de Magister en Informatique

Option: Ingénierie des Systèmes Informatiques

Structuration des données et des services pour le e-learning

Présenté et soutenu le : 06/06/2016

Par :

Mlle .Kahina Rabahallah

Directeur de Mémoire

Pr. Rachid ahmed-ouamer

DEVANT LE JURY :

Président : Mr RASSOUL Idir M.C A, UMMTO

Examineurs : Mme AOUDJIT Rachida M.C.A, UMMTO

: Mr DAOUI Mehammed M.C.A, UMMTO

Mes remerciements

« Après avoir remercié ALLAH le tout puissant »

Le présent travail est le fruit de l'engagement et du soutien d'un grand nombre de personnes. Je voudrais profiter de ces lignes pour leur témoigner toute ma gratitude et ma reconnaissance.

En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance au Professeur Rachid ahmed-ouamer qui m'a formé à l'initiation à la recherche et a assuré avec beaucoup de gentillesse et d'attention l'encadrement de mon mémoire de magister . J'ai pu à plusieurs reprises apprécier et profiter de sa haute compétence scientifique et pédagogique. Qu'il trouve dans ces lignes si courtes, la sincère expression de ma gratitude et le témoignage de ma reconnaissance.

Mes remerciements vont au Dr. RASSOUL Idir qui a accepté de présider le jury et à tous les membres du jury, Dr. AOUDJIT Rachida et Dr. DAOUI Mehammed .Je suis sensible au fait qu'ils aient bien voulu accepter de juger mon travail et surtout au temps qu'ils y ont consacré.

J'adresse mes sincères remerciements au professeur Laskri mohamed tayeb, professeur à l'université Badji Mokhtar Annaba , à l'enseignant Amrouche hakime et Faiçal azouaou de l'école national d'informatique (ESI). Je ne pourrais jamais vous remercier assez d'avoir pris le temps de m'aider, de me conseiller au mieux et de m'encourager lors de mes périodes d'incertitude.

Un grand et spécial merci à ma mère, mon très cher père, mes frères et sœurs qui n'ont jamais cessé de m'encourager durant l'élaboration de ce travail, ainsi que pour le soutien moral qu'ils m'ont apporté dans les moments les plus difficile.

Résumé

Les nouvelles technologies du web contribuent à améliorer les fonctionnalités d'un système d'e-learning sur le web et entraînent différents usages. Ce sujet porte sur la mise en place d'un modèle pour la structuration des données et des services dont le but est de servir de base au développement d'environnements d'e-learning permettant la génération dynamique d'activités pédagogiques adaptées aux profils et aux préférences des apprenants (cette adaptation peut affecter la présentation des ressources pédagogiques ou bien les possibilités de navigation offertes à l'apprenant) à l'aide de l'utilisation de langages gravitant autour de la technologie XML.

Mots clés- E-Learning – Hypermédia adaptatif – XML – Document pédagogique – Ontologie – Modèle élève – Web sémantique – Services web.

Abstract

The new web technologies contribute to improve the functionalities of an e-learning system on the web and entail different uses . This topic focuses on the development of a model for structuring of the data and services whose purpose is to serve as a basis for developing e-learning environments for dynamic generation of pedagogical activities adapted to the profiles and the learners' preferences (this adaptation can affect the presentation of the educational resources or the opportunities of navigation given to learner) by means of the use of languages revolving around XML technology.

Keywords: E-Learning - Adaptive hypermedia - XML – Pedagogical document - Ontology – User model - Semantic web - Web services.

Table des matières

Table des matières	5
Liste des figures.....	9
Liste des tableaux	11
Introduction Générale.....	12
1. Contexte et problématique de recherche	12
2. Contributions	14
3. Organisation de mémoire	15
Partie I : ETAT DE L'ART.....	17
Chapitre 1: E-learning, Activité Pédagogique, Système Hypermédia Adaptatif, Style d'apprentissage.....	18
1. Introduction	18
2. Définition du E-learning.....	19
3. Les acteurs et leur rôle dans le e-learning	21
4. Les plateformes e-learning	22
5. Les Activités pédagogiques.....	23
6. Les systèmes hypermédia adaptatif (SHA)	25
6.1. Hypermédia	25
6.2. Les générations des systèmes hypermédiass.....	25
6.2.1. 1ère génération : les Systèmes Hypermédias Classiques	25
6.2.2. 2 ^{ème} génération : les systèmes hypermédiass adaptatifs.....	26
6.2.3. 3 ^{ème} génération : les systèmes hypermédiass adaptatifs dynamiques.....	26
6.3. Les principaux composants d'un système hypermédia adaptatif	27
6.3.1. Modèle de domaine	28
6.3.2. Modèle d'utilisateur (apprenant).....	30
6.3.2.1. Les caractéristiques de l'utilisateur	30
6.3.2.2. Les modèles de représentation des connaissances.....	30
6.3.2.3. L'initialisation du modèle de l'apprenant.....	31
6.3.2.4. La mise à jour du modèle de l'apprenant	32
6.3.2.5. standards et spécifications	32
6.3.3. Modèle d'adaptation.....	35
6.4. Exemples de systèmes hypermédiass adaptatifs	38

7.	Style d'apprentissage.....	40
8.	Conclusion.....	42

Chapitre 2 : Réutilisation des données : Objets Pédagogiques.....44

1.	Introduction.....	45
2.	Ressource pédagogique.....	46
3.	Objet pédagogique.....	47
4.	Propriétés des Objets Pédagogiques.....	48
5.	Granularité fine des objets pédagogiques.....	49
6.	Standards et normes pour les objets pédagogiques.....	50
6.1.	Le modèle LOM.....	51
6.2.	Le modèle SCORM (SCORM 2004).....	53
6.3.	La spécification IMS-LD.....	55
7.	Technologies associées aux objets pédagogiques.....	58
7.1.	Métadonnées.....	59
7.2.	Représentation sémantique des Objets Pédagogiques.....	59
7.2.1.	web sémantique.....	60
7.2.2.	Ontologie.....	60
7.2.3.	annotation sémantique.....	62
7.2.4.	Langages du web sémantique.....	62
8.	entrepôt de données.....	66
9.	Quelques travaux liés.....	66
10.	Conclusion.....	69

Chapitre 3 : Réutilisation des fonctionnalités E-learning : Services Web70

1.	Introduction.....	71
2.	SOA (Service Oriented Architecture).....	72
2.1.	Service.....	73
3.	Architecture orientée service Web (WSOA).....	73
3.1.	Définition de Service web.....	74
3.2.	Intérêt des services Web.....	75
3.3.	Architecture des services web.....	76
3.4.	Les standards des services Web.....	77
3.4.1.	Le langage XML (Extensible Markup Language).....	78
3.4.2.	Couche de Transport.....	78
3.4.3.	Couche de Communication (SOAP).....	78
3.4.4.	La couche de Description (WSDL).....	79

3.4.5.	Couche de publication et Découverte (UDDI)	82
4.	Services Web e-learning.....	84
4.1.	Systèmes à base de Services Web	84
4.2.	entrepôt de services web e_learning.....	86
4.3.	Objectif de l'entrepôt de services web	87
5.	Les web services sémantiques.....	88
6.	Approches de description de services Web	88
6.1.	Approches de description syntaxique.....	89
6.2.	Approches de description sémantique.....	89
6.2.1.	Approches de description à base d'annotations	89
6.2.2.	Approches basées sur des langages sémantiques	89
7.	Quelques stratégies de découverte.....	91
7.1.	Approches basées sur la représentation syntaxique.....	92
7.2.	Approches Web sémantique.....	93
7.3.	Un modèle pour indexer et découvrir les services e-learning	95
8.	Conclusion.....	97
	Partie II : Conception et mise en œuvre	98
	Chapitre 4: Conception et modélisation de ESWSE (entrepôt de services web pour faciliter la création des systèmes e-learning).....	99
1.	Introduction.....	99
2.	Cadre de recherche et méthodologie de conception	100
3.	Objectifs de la démarche	101
4.	Modèles de données	101
4.1.	La représentation des objets pédagogiques	101
4.1.1.	Ontologie de domaine.....	102
4.1.2.	Ontologie des Objets pédagogiques	106
4.2.	Ontologie de l'utilisateur.....	108
4.2.1.	Services web de gestion de profil utilisateur	110
5.	Modèle de Services Web.....	111
5.1.	Représentation et modélisation de notre entrepôt local	112
5.1.1.	Phase de création ou filtrage.....	113
5.1.1.1.	Création : fonctionnement des services web e-learning	113
5.1.1.2.	Filtrage.....	117
5.1.2.	Phase d'annotation.....	117
5.1.3.	Etapas d'accès aux activités pédagogiques par l'apprenant	121

5.2. Entrepôt partagé et processus de publication, découverte et réutilisation des fonctionnalités	121
5.2.1. Le module de publication	122
5.2.2. Le module de découverte.....	124
5.2.3. Le module d’invocation (réutilisation) de service	128
6. Conclusion.....	129
Chapitre 5 Mise en œuvre.....	130
1. Introduction	130
2. Architecture logicielle du système ESWSE	130
2.1. Entrepôt local : le module EFCA (Extraction Filtrage Chargement Annotation)	131
2.2. Entrepôt partagé	133
2.3. Exemple de service web e-learning de type chapitre	136
3. Les outils de développement	138
3.1. Outil d’édition d’ontologies OWL.....	138
3.2. Outils de traitement des ontologies OWL	138
3.3. Technologies des web services.....	139
3.3.1. UDDI.....	139
3.3.2. Plateforme web services	140
4. Les ontologies.....	140
4.1. Ontologie des objets pédagogiques	140
4.2. L’ontologie des services web	141
4.3. Ontologie du profil utilisateur	142
5. Présentation de quelques fenêtres de notre système	143
6. Conclusion.....	150
Conclusion générale	151
1. Introduction	151
2. Bilan des travaux et apports de mémoire.....	151
3. Conclusion.....	152
4. Perspectives	153
5. Contributions à des colloques.....	154
Bibliographie.....	155

Liste des figures

Fig.1. Plan de memoire.....	16
Fig.2. LCMS(LMS+CMS) [Suman et al , 11].....	23
Fig.3. Types d'activités pédagogiques [Rabahallah et al ,15b].....	24
Fig.4. Les modèles adoptés pour les hypermédias adaptatifs.....	28
Fig.5. Diagramme de classes représentant un modèle de domaine	30
Fig.6. Objet d'apprentissage, un concept au centre de tensions [Pernin, 03].....	48
Fig.7. Du gros grains à la granularité fine des objets pédagogiques	50
Fig.8. Schéma de métadonnées LOM [De la passardière , 04]	52
Fig.9. Le modèle de contenu SCORM [Pernin, 04].	54
Fig.10 . Architecture de la spécification IMS-LD, Niveaux A, B et C [Burgos, 05].	56
Fig.11. Les couches du Web sémantique (W3C)	62
Fig.12. Les types du langage OWL.....	65
Fig.13.Plateforme TRIAL-SOLUTION	67
Fig.14. Entrepôt partagé « EPOIS ».....	68
Fig.15. Architecture de système ALS-CPL.....	68
Fig.16. Publier, Trouver, Invoquer.....	76
Fig.17.La pile protocolaire simplifiée des services web [chemaa, 14].....	77
Fig.18. Schéma d'un message SOAP	79
Fig.19.Les éléments de l'interface WSDL	80
Fig.20.Le contenu de l'annuaire UDDI.....	82
Fig.21. Les structures de données d'UDDI.	83
Fig.22. Plateforme e-learning comme web services. [vosen et al, 03]	84
Fig.23. Architecture conceptuelle des services web e-learning.....	86
Fig.24. Ontologie de Haut Niveau d'OWLS	90
Fig.25. Niveaux de correspondance	94
Fig.26. Ontologie de véhicule	94
Fig.27.Modèle conceptuel de l'ontologie domaine d'application	102
Fig.28. Une partie de l'ontologie de domaine "Les Réseaux informatiques" avec protégé 2000.	103
Fig.29. Exemple de relation de pré-requis entre plusieurs concepts	104
Fig.30. Diagramme d'état d'un concept lors du processus d'apprentissage.....	105
Fig.31. Modèle conceptuel de l'ontologie objets pédagogiques	106
Fig.32. Modèle complet de description des objets pédagogiques	107
Fig.33.Modèle conceptuel de l'ontologie profil utilisateur	108
Fig.34.Système de gestion des profils utilisateurs.....	110
Fig.35. de la fonction monolithique aux fonctionnalités autonomes et réutilisables [Rabahallah et al,15b].....	111
Fig.36. Modélisation d'un entrepôt local	113
Fig.37. Processus de construction de l'activité chapitre.....	114
Fig.38. Algorithme de recherche de concept à apprendre.	115
Fig.39.Modèle conceptuel de qualité pédagogique	118
Fig.40. L'ontologie des services web	120
Fig.41. Étapes d'accès aux Servies Web de l'entrepôt local.....	121
Fig.42.Publication, découverte et réutilisation des fonctionnalités	122
Fig.43. Architecture du module de publication.	123
Fig.44. Diagramme de séquence du module de publication.....	123

Fig.45. Architecture du module de découverte.....	125
Fig.46. Diagramme de séquence du module de découverte.	125
Fig.47. Architecture du module d’invocation de web service.....	128
Fig.48 .Diagramme de séquence du module d’invocation.	129
Fig.49. Architecture fonctionnelle de module EFCA.....	132
Fig.50.Diagramme de cas d'utilisation de l’entrepôt par l'enseignant auteur	133
Fig.51.Architecteur fonctionnelle de l’entrepôt partagé : découverte, publication, invocation	134
Fig.52.Cas d’utilisation de tous les utilisateurs.	135
Fig.53.Architecture fonctionnelle de service web chapitre et son invocationpar un système e-learning.....	137
Fig.54. L’ontologie des objets pédagogiques.	141
Fig.55. L’ontologie des web services.	142
Fig.56.Ontologie de profil utilisateur	143
Fig.57. Formulaire d’authentification de l’apprenant.....	144
Fig.58. Page d’accueil.	145
Fig.59.Etapes de construction de l’entrepôt	145
Fig.60. Alimentation d’entrepôt partagé	146
Fig.61. Interface de publication.....	147
Fig.62. Options avancées de publication.....	147
Fig.63. Interface de découverte de service.	149

Liste des tableaux

Table1. Différentes sémantiques du e-learning et leur définition [Nganmini – Asatsop, 09]	20
Table2. Question ILS par dimension du style	41
Table 3 : Synthèse entre LOM, SCORM et IMS-LD [Pernin,04]	58
Table4 . Description des liens par attributs	104
Table 5 : Activité pédagogique et style d'apprentissage	119
Table.6. Choix d'outils pour la création et le traitement des ontologies	139

Introduction Générale

1. Contexte et problématique de recherche

■ *Contexte*

L'enseignement par Internet constitue un des moyens pédagogiques actuels et prometteurs. L'internet a donné l'opportunité d'avoir une autre méthode d'apprentissage, où les apprenants peuvent apprendre n'importe où et n'importe quand. Ce nouveau mode est appelé E-Learning ou la formation à distance.

L'utilisation des technologies du web dans la formation permet d'envisager de nouvelles approches et de nouveaux contextes d'apprentissage. Les systèmes hypermédias se sont développés dans le contexte de la recherche d'information. L'objectif était d'utiliser les techniques d'un 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. Aujourd'hui, avec le Web Sémantique, une plus grande précision peut être ajoutée aux processus d'accès à l'information utile et d'adaptation. Il est nécessaire d'associer des annotations sémantiques aux contenus pédagogiques (Objet pédagogique) qui permettent une meilleure représentation et améliorent l'adaptation. Cette annotation des contenus éducatifs facilite l'organisation et la compréhension de ces contenus par la machine, et accélère la livraison de document pertinent juste à temps.

La technologie des services web qui consistent à exposer sur un réseau (et donc sur Internet), une ou plusieurs applications (fonctionnalités) répondant à certains impératifs technologiques. Profitant de l'infrastructure du web sémantique, les services web dits « sémantiques » ouvrent des perspectives d'avancées clés dans le traitement d'information couvrant un large spectre d'applications. La communication entre l'utilisateur et le service passe par une phase de découverte et de localisation du service, à l'aide des protocoles et langages que nous verrons en détail dans la suite de ce mémoire.

Pour faciliter le processus de recherche, les données à analyser sont centralisées de manière uniforme dans un entrepôt de données [Kimball et al, 13]. La construction et la mise en œuvre

d'un entrepôt de données représentent une tâche complexe qui se compose de plusieurs étapes. La première consiste en l'analyse des sources de données et à l'identification des besoins des utilisateurs. La deuxième correspond à l'organisation des données à l'intérieur de l'entrepôt. Finalement, la troisième consiste à établir divers outils d'interrogation (Ontologie : l'API JENA et SPARQL pour manipuler les ontologies, etc).

Notre travail se situe au carrefour de quatre domaines principaux : les hypermédias adaptatifs pour le e-Learning , le Web Sémantique , les services web et les entrepôts de services web e'learning .

■ ***Problématique***

Cette section introduit la problématique dans laquelle s'inscrit le travail de recherche présenté dans ce mémoire. Partant de constats établis dans le domaine de la réutilisation en e-learning, nous définissons de nouveaux besoins pour leur conception.

- ❖ **Le besoin de modélisation des connaissances sur les utilisateurs (apprenants, développeurs) :** Le système de découverte de services web e-learning doit être construit au service des développeurs, or ces développeurs ont des besoins différents, des profils variés et des préférences, aussi la modélisation de connaissances relatives aux développeurs est essentielle. Cette connaissance est utile pour personnaliser le processus de découverte. D'un autre côté , un système hypermédia (services web e-learning) doit être construit au service des apprenants, or ces apprenants ont des niveaux différents, des profils variés et des préférences. Les connaissances relatives aux apprenants 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 faible ou pour un apprenant expert sur un sujet d'enseignement.
- ❖ **Le besoin de modélisation des connaissances pédagogiques :** La conception d'un système hypermédia adaptatif de qualité doit conduire à représenter les connaissances sur le domaine d'enseignement et sur le contenu pédagogique ; à les structurer et à les formaliser pour bien les adapter aux différents utilisateurs (apprenants ou enseignants).

- ❖ **Les activités d'apprentissage sont peu prises en compte** : Les systèmes hypermédias 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 des 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.

- ❖ **Le besoin de réutilisation en e-learning** : Face à l'évolution rapide des systèmes e-learning , une masse importante de fonctionnalités e-learning est produite à travers de nombreux établissements. Cette augmentation exponentielle de fonctionnalités produites par les différentes institutions, n'a fait qu'accroître les difficultés de leur exploitation. Ces difficultés sont en grande partie liées aux volumes à manipuler, à leurs coûts élevés, mais également à leurs hétérogénéités. Par conséquent, la nécessité de décrire ces fonctionnalités, de les capitaliser et de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables de la façon la plus optimale possible ne s'est jamais autant fait sentir.

En plus, Les fonctionnalités sont créées par différentes institutions et sont essentiellement utilisées au sein de l'établissement qui les a créés. Ainsi, une institution n'a pas l'accès aux fonctionnalités des autres (sauf relations informelles entre enseignants). Il en résulte un manque de capitalisation des savoirs faire et des fonctionnalités ; chaque établissement devant alors créer des fonctionnalités qui ont les mêmes objectifs pédagogiques, sans prise en compte de l'existant. Compte tenu du coût de production de telles fonctionnalités et de l'expertise nécessaire pour les produire, il est primordial de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables. La faible réutilisation de fonctionnalités produites peut s'expliquer en particulier par le manque de connaissance sur les fonctionnalités déjà existantes.

2. Contributions

L'objectif principal de mémoire est de développer une nouvelle approche pour permettre la création et la réutilisation des fonctionnalités dans le domaine e-learning . Cette approche est désignée dans la suite du document par *ESWSE* (*Entrepôt de Services Web e-learning pour*

faciliter la création des *Systèmes E-learning*). Nos contributions répondent aux limites et aux problématiques précédemment décrites en proposant :

- ❖ L'utilisation d'ontologies : nous proposons des ontologies relatives au sujet d'enseignement, aux objets pédagogiques, ainsi qu'une ontologie des utilisateurs (apprenant , développeur). Les ontologies proposées définissent une terminologie réutilisable et partageable par ceux qui conçoivent les fonctionnalités e-learning (fournisseurs/ enseignants auteurs).
- ❖ L'utilisation de la technologie de services web : La création des services web e-learning de type hypermédia adaptatif dynamique : chapitre, exercice, évaluation, simulateur. Des mécanismes pour exprimer la flexibilité et permettre la personnalisation sont intégrés dans les services et cela pour permettre à chaque service de construire des activités pédagogiques selon le profil de chaque utilisateur.
- ❖ Une extension à OWL-S : La mise à disposition de ces services n'est pas suffisante pour garantir leur réutilisation. On a proposé une extension à OWL-S pour supporter la description sémantique des Services Web e-learning qui consiste en l'apport d'une ontologie dite ontologie de qualité pédagogique .
- ❖ La proposition d'un entrepôt local (référentiel local) de services web e-learning pour un établissement donné : il devient indispensable de disposer d'outils d'intégration rendant les services web e-learning facilement accessible. Notre solution repose sur la création d'un entrepôt de services web qui sera composé d'une base de données qui va contenir l'ensemble des services web e-learning et d'un ensemble de descripteurs sémantiques (ontologie OWL-S) résultant après la phase d'indexation.
- ❖ La proposition d'un entrepôt partagé (référentiel distribué) qui sera alimenté par l'ensemble des descripteurs des entrepôts locaux de différents établissements pour élargir la diffusion des services web e-learning. Cet entrepôt partagé permet (1) aux fournisseurs de différents établissements de publier leurs offres, (2) aux développeurs de nouveaux systèmes e-learning la découverte et l'invocation des fonctionnalités pertinentes.

3. Organisation de mémoire

Comme l'indique la Fig.1, ce mémoire est composée de deux parties: La première partie porte sur un état de l'art relatif à notre problématique. Il est composé de trois chapitres:

- Le premier chapitre présente le domaine d'E-learning , l'Activité Pédagogique, le Système Hypermédia Adaptatif et le Style d'apprentissage .
- Le deuxième chapitre repose sur les technologies associées au contenu pédagogique pour permettre la réutilisation des données dans le domaine du e-learning et quelque travaux liés à ce domaine.
- Le troisième chapitre montre la technologie utilisé pour permettre la réutilisation des fonctionnalités e-learning et quelques travaux associés à ce domaine.

La deuxième partie de notre mémoire porte sur la conception et réalisation de notre environnement de réutilisation *ESWSE*. Cette partie est composée de deux chapitres:

- Le quatrième chapitre traite de la modélisation de *ESWSE*. Nous commençons par présenter le cadre de recherche et méthodologie de conception. Ensuite, nous nous intéressons aux modèles de données : ontologie de domaine, ontologie des objets pédagogiques, ontologie des utilisateurs. Ensuite nous détaillons le modèle de services web y compris l'entrepôt local et l'entrepôt partagé.
- Le cinquième chapitre concerne la réalisation et la mise en œuvre d'un prototype. Nous décrivons d'abord l'architecture fonctionnelle adoptée, le choix des outils pour la création et le traitement des ontologies OWL et les services web .Ensuite nous présentons les scénarios d'utilisation de *ESWSE*.

En guise de conclusion, nous présentons un bilan de nos travaux de mémoire, les résultats obtenus et nous traçons des perspectives futures à nos recherches qui vont nous permettre d'améliorer ce qui est proposé.

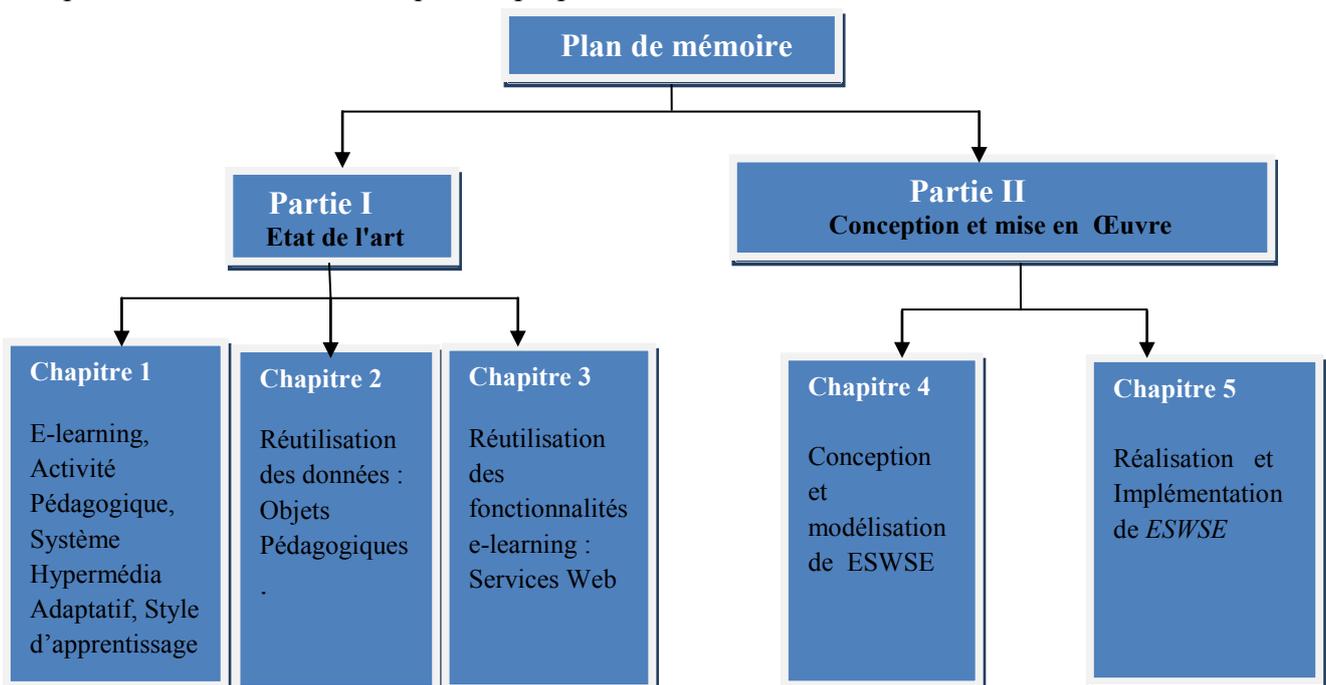


Fig.1. Plan de mémoire

La folie, c'est se comporter de la même manière et s'attendre à un résultat différent.

[Albert Einstein]

Partie

I

ETAT DE L'ART

Chapitres :

1. E-learning , Activité Pédagogique, Système Hypermédia Adaptatif , Style d'apprentissage .
2. Réutilisation des données : Objets Pédagogiques.
3. Réutilisation des fonctionnalités e-learning : Services Web

Chapitre 1

E-learning, Activité Pédagogique, Système Hypermédia Adaptatif, Style d'apprentissage.

1. Introduction

Les méthodes de l'apprentissage classique sont considérées assez lentes, coûteuses et ne conviennent pas à tous les apprenants. La demande de rapidité, exigée de nos jours, dans le processus d'apprentissage a fait appel à un nouveau style de formation. Beaucoup des travaux ont fait évoluer et améliorer notre méthode d'apprentissage ("apprentissage traditionnelle ou présentielle") en utilisant les nouvelles technologies, notamment les technologies de l'information et de la communication(TIC). L'usage des TIC a permis de mettre en place un nouveau mode d'enseignement, celui de l'enseignement à distance également appelée *E-Learning*. Ce type de formation peut se définir par rapport à la formation présentielle, comme étant une formation qui se caractérise par la délocalisation spatio-temporelle. Les apprenants ne sont pas obligés d'être présents dans les mêmes lieux et en même temps que les enseignants [Ouerfelli et al ,08]. La formation à distance est renforcée par l'avènement des réseaux et des technologies fondées sur Internet (outils de communication synchrone et asynchrone, Web, etc.).

Les recherches dans le domaine des systèmes hypermédias adaptatifs ont abouti à un modèle apprenant intégrant différentes formes de connaissance. Il est utilisé en conjonction avec le modèle du domaine dans l'objectif est de permettre à un dispositif d'apprentissage d'adapter le contenu pédagogique en fonction des besoins, préférences et connaissances de chaque apprenant, ou d'adapter la structure de navigation.

Dans ce chapitre, nous allons présenter quelques définitions du E-Learning pour bien situer le contexte de notre sujet de recherche. Nous plongeons ensuite au cœur du E-Learning en décrivant les différents acteurs qui l'animent et leur rôle ainsi que les plateformes e-learning . Une vue panoramique sur les activités pédagogiques sont présenté dans la section suivante. Ensuite, on présente les Systèmes hypermédias adaptatifs à travers différentes générations, et leurs principaux composants. Nous présentons sommairement des systèmes développés à travers différents travaux de recherche en essayant de dégager les caractéristiques de chaque système afin de mener une étude comparative. Enfin, nous introduisons la notion de style d'apprentissage et nous concluons ce chapitre en ouvrant des perspectives pour les recherches que nous examinerons dans les chapitres suivants pour essayer de répondre à la problématique de Réutilisation dans le domaine du e-learning.

2. Définition du E-learning

L'avènement des nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC) contribue à l'évolution des méthodes d'enseignement, dont l'une des dernières révolutions le E-Learning, également appelé enseignement à distance. Il s'agit de l'apprentissage médiatisé par la technologie. Dans la littérature, il existe différentes définitions du e-learning. Cependant, lorsque ces définitions sont examinées, on constate que généralement elles mettent l'accent sur les mêmes caractéristiques et fonctions :

- Il est défini par l'union européenne en (2003) comme : « l'utilisation des nouvelles technologies multimédias de l'Internet pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant d'une part l'accès à des ressources et à des services, d'autre part les échanges et la collaboration à distance ».
- « L'e-learning est un système d'enseignement à distance, dispensé au travers d'un dispositif électronique, caractérisé par des contenus et des outils didactiques, collaboratifs et de gestion, au service de l'apprentissage et de la connaissance. Ce dispositif est mis en œuvre à travers un système d'interactions humaines médiées par les technologies » [Caraguel,13]
- Une définition plus large a été présentée dans [Rezaei,06] : "The use of the internet to access learning materials; to interact with the content, instructor and other learners; and to obtain support during the learning process, in order to acquire knowledge, to construct personal meaning, and grow from the learning experience."

Dans ce travail nous retenons le concept de E-learning ou l'enseignement à distance comme un système composé d'un ensemble de services web E-learning distribués, un ensemble de ressources matérielles, techniques, humaines, outils pédagogiques (chat, forum), etc. Mis en place pour fournir un enseignement à des personnes qui sont distants.

Plusieurs terminologies sont utilisées pour désigner le même concept, entre autres :

- Formation A distance (FAD).
- Enseignement A Distance (EAD).
- Formation Ouverte et A Distance (FOAD).
- E – Formation.
- Formation Ouverte.

La Table1 montre les Différentes sémantiques du e-learning et leur définition.

Sémantique utilisée	Définition
e-learning	Apprentissage reposant en partie ou entièrement sur l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) et l'Internet
Enseignement à distance (EAD)	Transmission des connaissances ou activités d'apprentissage en dehors de la relation directe en face à face
e-formation	Formation reposant en partie ou entièrement sur l'usage des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) et Internet
Formation ouverte à distance (FOAD)	Combinaison de la formation ouverte et de la formation à distance
Formation ouverte	Système de formation sans conditions d'accès autre que technique et dont la flexibilité permet des entrées et des sorties permanentes
Formation à distance	Système de formation permettant aux individus de se former sans se déplacer sur le lieu de formation et sans la présence physique d'un formateur.

Table1. Différentes sémantiques du e-learning et leur définition [Nganmini – Asatsop, 09]

3. Les acteurs et leur rôle dans le e-learning

Les acteurs du e-learning peuvent être classés, selon leur rôle, en trois catégories principales : les apprenants, les enseignants et les administrateurs. [Boudali,08], [Bourekache ;14] :

- **Apprenant** : suit depuis son poste de travail une formation dont le contenu est organisé selon un parcours pédagogique défini par le formateur en fonction des compétences possédées par l'apprenant avant la formation, en fonction des objectifs pédagogiques visés par la formation et en fonction des résultats obtenus lors des évaluations intermédiaires : le parcours est donc individualisé.
- **Enseignant** : Le e-learning nécessite plusieurs types d'enseignants, différenciés par leurs rôles. On peut distinguer quatre types d'enseignants :
 - *Auteur (concepteur) de cours* : celui qui développe un cours en utilisant les outils de la plateforme selon ses objectifs pédagogiques et qui apporte des changements en fonction des réactions des apprenants ou des tuteurs.
 - *Orienteur* : c'est l'enseignant qui a pour principales tâches, l'élaboration des cursus des apprenants ou des groupes d'apprenants, l'élaboration des plans de formation, et gestion du livret des apprenants.
 - *Tuteur* : le rôle du tuteur apparaît comme fondamental, il ne s'agit plus de transmettre des connaissances, mais d'accompagner l'apprenant dans ses acquisitions, de lui faire acquérir un maximum d'autonomie. Il est là pour combattre la sensation d'isolement que pourrait ressentir l'apprenant dans une classe virtuelle et pour maintenir sa motivation par des encouragements, des questionnements, des suggestions d'approfondissement. Il est de plus en plus fréquent que les formations soient associées à la mise en place d'une communauté d'apprentissage que le tuteur sera chargé d'animer. Le tuteur humain crée les éléments de la formation (modules de cours, évaluations, tests, simulations, ...etc.) et suit, guide et oriente l'apprenant durant le processus d'apprentissage.
 - *Evaluateur* : est souvent tenu par le tuteur lui-même; il consiste à corriger les tests et les exercices proposés et à attribuer des notes aux élèves. Ces notes serviront à moduler le parcours d'apprentissage des apprenants et pourront

également être exploitées ultérieurement pour identifier les parties du cours qui posent problème afin d'améliorer constamment ce dernier.

- **Administrateur** : On peut distinguer deux types d'administrateurs :
 - *Administrateur technique* : gère la plateforme (installation et maintenance).
 - *Administrateur institutionnel* : gère les inscriptions, gère les comptes, affecte les droits d'accès pour les acteurs et gère les liens avec les systèmes d'information externes (scolarité, catalogues, ressources pédagogiques ...etc.).

4. Les plateformes e-learning

Les plateformes de formation à distance sont des outils logiciels dont le rôle est de permettre le pilotage des enseignements à distance. Dans la littérature, plusieurs définitions sont attribuées. [Oubahssi ,05] définit une plateforme de formation à distance comme étant "un logiciel de création et de gestion de contenus pédagogiques et de supports aux acteurs destiné à trois types d'utilisateurs :L'enseignant, l'apprenant et l'administrateur. Elle regroupe les outils nécessaires aux trois types d'intervenants permettant d'incorporer des ressources pédagogiques multimédias, de participer à des activités et d'effectuer le suivi pédagogique et administratif des apprenants".

Certaines dénominations ont été attribuées aux plateformes de formation dépendamment des fonctionnalités et des services proposées. Il s'agit de LMS (Learning Management System), CMS (Content Management System), LCMS (Learning Content Management System),etc. Dans ce qui suit, nous allons présenter chacun de ces systèmes [Suman et al , 11] :

- **LMS (learning management system)** est une famille de systèmes, qui permet la gestion de toutes les activités de la formation. Les systèmes LMS catégorisent les utilisateurs, leur donnent certaines autorisations à des modules de formation et affectent les utilisateurs à des groupes spécifiques de formation .WebCT , Ganesha , Claroline , Moodle sont des LMS. La première plateforme est de type propriétaire, les autres sont de type Open Source.
- **CMS (Content Management System)** est une famille de systèmes d'e-learning dédiés à la création, le stockage, la gestion et la présentation des contenus. L'important dans ce modèle est de fournir des possibilités de réutilisation des

objets d'apprentissage, appelés RLO (Reusable Learning Object) ou des composants de contenu.

- **LCMS (learning content management system)** est une famille de systèmes d'e-learning les plus avancés technologiquement. Les systèmes LCMS intègrent des fonctionnalités des LMS et des CMS, assurant à la fois la création et la gestion des contenus éducatifs. Ils offrent la possibilité d'évaluer les connaissances assimilées par les utilisateurs. TopClass , SimplyLearn sont des exemples de telles suites intégrées. L'architecture suivante (cf.Fig.2) représente l'intégration de la fonctionnalité de LMS et celle de CMS .Elle montre le modèle de fonction de LCMS (LMS + CMS) pour l'e-Learning.

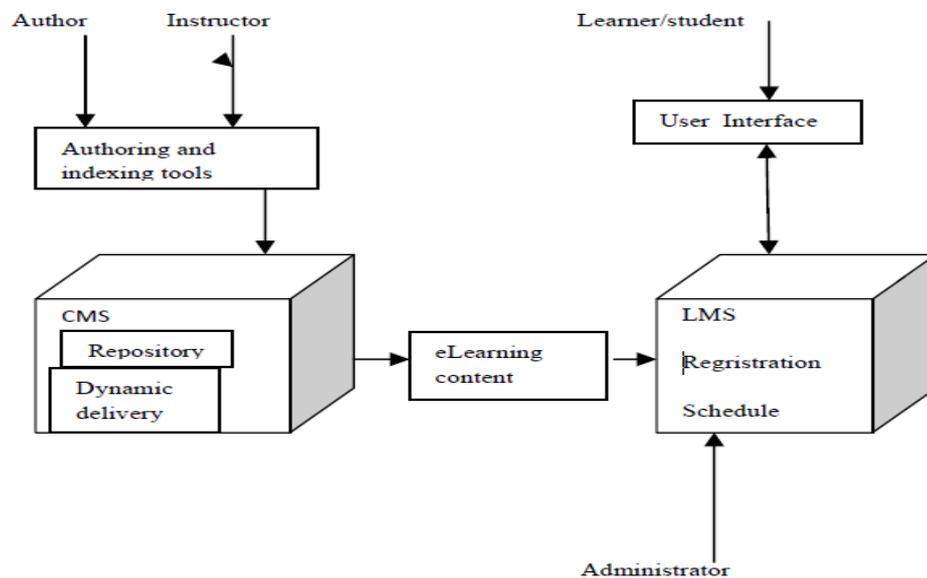


Fig.2. LCMS(LMS+CMS) [Suman et al , 11]

5. Les Activités pédagogiques

L'activité pédagogique peut se définir par un objectif pédagogique et une stratégie pédagogique complétés éventuellement par une série de paramètres: temps, lieu de travail de l'apprenant, ressources à utiliser [Aouag, 10].

[Benadi ,04] a défini la notion d'Activité Pédagogique Multimédia (APM) comme une entité complètement autonome reposant à la fois sur des supports d'information (hyperdocuments pédagogiques) et sur des services logiciels (chat, forum, streaming,...) nécessaires pour un déroulement correct. Une APM a un objectif pédagogique précis et utilise de manière

évolutive les Briques Élémentaires (BE) qui sont nécessaires et suffisantes à son exécution. Les BE peuvent être de deux types :

- les services logiciels (SL) : chat, forum, bloc-note, streaming, ... ;
- les Objets Multimédias Élémentaires (OME) : fichiers texte, audio, image, vidéo, animation, ...

Il a classé les activités pédagogiques en deux grandes catégories dans les quelles se déclinent plusieurs types d'APM (synchrones et asynchrones) : Chapitre, Glossaire, Simulateur, Exercice, Télé-TP, Télé-TD, Télé-cours. Dans notre réflexion, l'activité pédagogique constitue l'entité pédagogique de base gérée par le système. Derrière chaque catégorie d'activité (chapitre, évaluation, simulateur, exercice) se trouve un service web e-learning (fonctionnalité pédagogique) qui permet de construire cette activité selon le profil de chaque apprenant. Chaque service web utilise les objets pédagogiques (qui peut être fichiers texte, audio, image, vidéo, animation, une fonctionnalité, etc.) qui sont nécessaires et suffisantes pour générer l'activité pédagogique en question. Nous avons actuellement 5 types d'activités pédagogiques (cf.Fig.3)

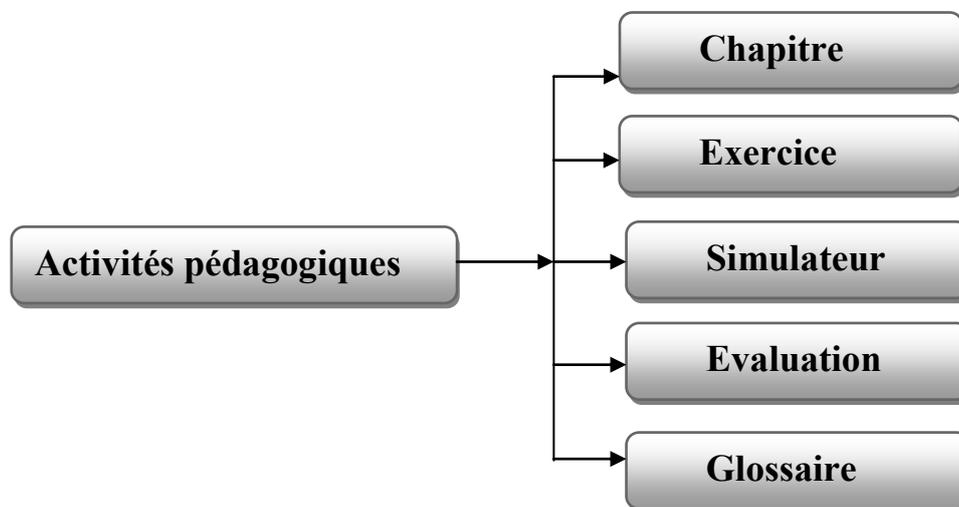


Fig.3. Types d'activités pédagogiques [Rabahallah et al ,15b]

6. Les systèmes hypermédias adaptatifs (SHA)

Les systèmes hypermédias adaptatifs sont devenus particulièrement populaires dès le début des années 1990, où ils servaient d'outils d'accès à l'information conditionnés par l'utilisateur. Ces systèmes peuvent servir dans n'importe quel domaine où les applications doivent être utilisées par des personnes aux buts et à connaissances différentes. Les utilisateurs, n'ont pas tous les mêmes besoins, les mêmes connaissances. Le but des systèmes hypermédias adaptatifs (SHA) est de proposer des contenus qui correspondent aux besoins de l'utilisateur et une présentation adéquate des ressources sélectionnées, en fonction des préférences de l'utilisateur.

6.1. Hypermédia

La fusion des techniques hypertextes avec celles de Multimédia donne l'hypermédia. Un hypermédia est un ensemble de ressources (texte, vidéo, audio, etc.) connectées par des liens. Chaque noeud contient une certaine quantité d'information et des liens vers d'autres noeuds. Dans le cadre éducatif, l'hypermédia offre des avantages considérables. En effet, le composant multimédia peut améliorer l'aspect visuel et ludique de l'apprenant et renforcer son intérêt. Aussi, l'intégration des composants hypermédia peut améliorer la qualité de l'apprentissage. Maintenant l'hypertexte et l'hypermédia sont considérés comme synonymes. Le segment de données, ne comporte plus que du texte, mais aussi des images fixes, des images animées, des séquences vidéo et du son [Bourkkache,14].

6.2. Les générations des systèmes hypermédias

L'utilisation de l'hypermédia en éducation a donné naissance à trois générations d'hypermédias éducatifs : les hypermédias classiques, les hypermédias adaptatifs et les hypermédias adaptatifs dynamiques, que nous présenterons dans cette partie [Battou,12].

6.2.1. 1ère génération : les Systèmes Hypermédias Classiques

Ces systèmes assurent aux apprenants une facilité et une liberté de navigation dans l'hyperespace d'information. Néanmoins, cette facilité de naviguer dans la structure hypermédia comporte deux risques majeurs pour les apprenants qui sont le syndrome de désorientation et le phénomène de surcharge cognitive . En effet, les apprenants se retrouvent ainsi perdus devant la masse d'information disponible, voire désorientés de leurs objectifs initiaux. Parallèlement, les apprenants, face à un tel système, doivent effectuer constamment diverses activités mentales : naviguer, rechercher l'information,

apprendre, etc. L'accumulation simultanée de ces tâches crée chez l'apprenant le problème de la surcharge cognitive. Ce phénomène se traduit par l'excès de traitements d'informations à réaliser et l'excès d'informations à retenir.

6.2.2. *2^{ème} génération : les systèmes hypermédias adaptatifs*

les hypermédias adaptatifs ont essayé de minimiser l'aspect négatif des hypermédias classiques sans résoudre tous les problèmes liés à l'adaptation. Tout d'abord, les chercheurs se sont focalisés principalement sur l'adaptation des liens, afin de guider l'apprenant dans son cheminement. Quand à l'adaptation du contenu, elle a souvent été négligée. Ceci est dû essentiellement au fait que la plupart des SHA conçus se sont basés sur les systèmes hypermédias classiques existants et que l'adaptation de la navigation paraît plus facile que l'adaptation du contenu. En effet, les chercheurs n'ont fait que l'intégration des techniques d'adaptation de navigation (suppression de lien, annotation de liens, etc.) à ces systèmes. Cependant, la réalisation de l'adaptation du contenu est un peu complexe puisqu'elle consiste à changer les fragments de contenu, à intégrer dynamiquement de nouvelles briques multimédias, etc. Suite à ces limitations, les recherches se sont orientées vers les hypermédias adaptatifs dynamiques qui permettent d'améliorer la qualité de l'adaptation en prenant en compte à la fois la navigation, le contenu et d'intégrer dynamiquement les nouvelles données

6.2.3. *3^{ème} génération : les systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques*

L'objectif principal de ces systèmes est d'améliorer la qualité d'adaptation et de prendre en compte instantanément de nouvelles données. Ces nouveaux systèmes se distinguent essentiellement par le fait qu'ils permettent de construire des contenus pédagogiques dynamiquement et qu'ils adaptent l'offre de formation de manière dynamique. Ils sont particulièrement caractérisés par le fait d'offrir un hypermédia virtuel. Le système dans ce cas n'est pas constitué de pages et de liens prédéfinis. Ces derniers sont construits dynamiquement et doivent adapter leur offre de formation de manière dynamique, en fonction des règles pédagogiques et des réactions des apprenants. Ces systèmes donnent un moyen d'accès intuitif et non-linéaire à l'information. L'architecture de ces systèmes repose, généralement, sur quatre composantes principales qui sont : le modèle du domaine, le modèle de l'apprenant, une base de données de ressources pédagogiques et un générateur de cours [Delestre, 00].

- Le modèle du domaine : une des principales caractéristiques de ce modèle est sa compétence en termes de capacité de représentation des connaissances. Il permet de définir des fragments d'information en spécifiant leur taille, type, media, contenu, indexation, mécanismes de filtrage, organisation et assemblage afin de suivre l'apprenant.
- Le modèle de l'apprenant : le modèle de l'apprenant est le noyau de tout système adaptatif. Il a pour but de représenter "le plus fidèlement possible" l'apprenant du système. Ce modèle permet d'adapter le contenu, la présentation d'un document de cours ainsi que la navigation.
- La base de données : c'est une base de données locale ou distante dont l'objectif est de stocker les différentes briques multimédias (texte, image, sons, vidéo, etc.).
- Le générateur de cours : cette composante a pour but de générer un document personnalisé à partir du modèle de l'apprenant. Le générateur est en mesure de créer des pages qui vont être présentées à l'apprenant en appliquant des règles de structuration, de présentation et de navigation.

6.3. Les principaux composants d'un système hypermédia adaptatif

Dans les systèmes hypermédias adaptatifs, une première problématique concerne la représentation de modèle du domaine. 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 le modèle d'adaptation mise en œuvre pour créer des parcours personnalisés peuvent être plus ou moins puissantes dans ces systèmes.

Le cadre de référence proposé dans ce chapitre est donc composé de trois modèles: « modèle du domaine », « modèle de l'apprenant », « modèle d'adaptation» (cf.Fig.4).

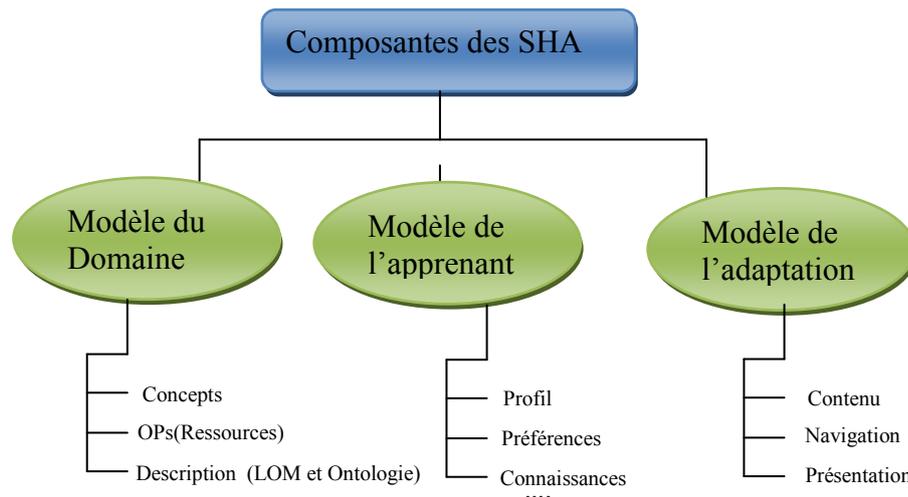


Fig.4. Les modèles adoptés pour les hypermédias adaptatifs

6.3.1. *Modèle de domaine*

Permet d'exprimer la connaissance sur le sujet de l'enseignement. Cette connaissance peut être décrite à différentes formes. La structure de base des modèles de domaine prend en considération deux niveaux d'abstraction à savoir niveau ressources et niveau concepts [Mhnane,14],[Behaz,12]

■ *Niveau concept*

Un concept est une représentation abstraite d'un objet du domaine. Il existe des concepts atomiques, qui correspondent à des fragments d'information. Ces concepts atomiques constituent la base du modèle. Il existe également des concepts composites, regroupant plusieurs concepts (composites ou atomiques). Les concepts sont organisés selon une hiérarchie de type généralisation/spécialisation. Ceci signifie qu'un concept peut-être plus général qu'un autre concept (le concept de base de données est plus général que le concept de base de données relationnelle) . Le modèle du domaine est un réseau de concepts et de liens. Il peut exister différents types de lien entre les concepts, par exemple le modèle proposé dans [Rabahallah et al ,15a] permet de représenter les concepts et les liens. Trois types de liens sont proposés : pré-requis, partie-de, généralisation/spécialisation.

■ *Niveau ressource*

Un SHA pour l'enseignement met à la disposition des apprenants des ressources pédagogiques qui traitent de concepts appartenant à un domaine de connaissances. Une

extension de ces modèles consiste à coupler les modèles de ressources au modèle du domaine, par exemple, on peut associer une ressource au concept du domaine pour lequel cette ressource est définie. Cette facette caractérise le niveau auquel les ressources sont décrites. Trois niveaux sont usuellement utilisés pour décrire les ressources pédagogiques : le niveau sémantique, le niveau logique et le niveau physique.

- ✚ *Le niveau sémantique* : il existe un certain nombre de standards de métadonnées pour la description de ressources (LOM, SCORM, etc) . Dans tous ces standards, on retrouve des éléments communs tels que l'auteur d'une ressource, la date de publication, la langue de la ressource, etc. Ces données n'étant pas spécifiques aux hypermédias adaptatifs, elles incluent peu de relations entre ressources comme la relation de pré-requis, essentielles aux hypermédias adaptatifs. De ce fait est née une approche sémantique entre les ressources qui apporte une aide dans la démarche pédagogique puisqu'elle définit un ordre dans l'apprentissage des concepts, conduisant à des parcours bien précis. Dans différents systèmes étudiés, les relations entre ressources les plus courantes sont "pré-requis", "cite", etc.
- ✚ *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. Le modèle DEXTER [Halasz et al,90] constitue un modèle de référence dans lequel la structure logique (appelée « Storage Layer ») est constituée de composants et de points d'ancrage («anchors en anglais») 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, ...).

L'exemple ci-dessous (cf.Fig.5) montre un modèle du domaine représenté sous forme de diagramme de classes UML [Al Mezouary ,12] .

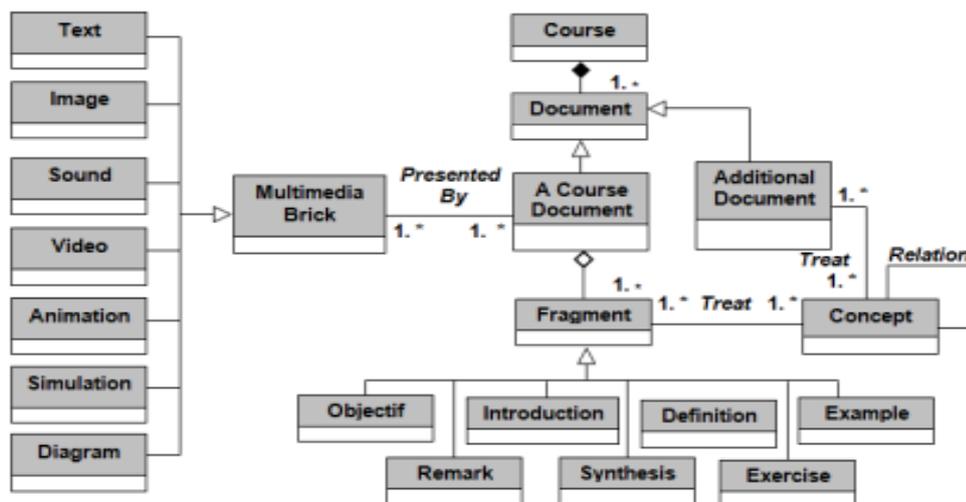


Fig.5. Diagramme de classes représentant un modèle de domaine

6.3.2. Modèle d'utilisateur (apprenant)

Dans les hypermédias 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.

6.3.2.1. Les caractéristiques de l'utilisateur

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 cinq catégories : Les connaissances, l'expérience et les compétences, les préférences, les buts et des objectif, les historiques, etc.

6.3.2.2. Les modèles de représentation des connaissances

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 ontologies

■ Le modèle de recouvrement (overlay)

Le modèle de recouvrement est largement utilisé dans les SHAD. Pour ce modèle, la connaissance de l'apprenant est un sous-ensemble de la connaissance du système. Les

informations sur les connaissances de l'apprenant sur un domaine d'apprentissage donnée peuvent être soit :

- binaire (oui ou non) : l'apprenant, dans ce cas de figure, a des connaissances sur une partie/ concept du domaine d'apprentissage ou non;
- qualitative (bon, moyen, faible) : les informations indiquent le degré de compréhension d'une partie/concept du domaine ;
- quantitative : la probabilité que l'apprenant ait des connaissances sur une partie/concept du domaine d'apprentissage.

■ ***Ontologie***

Permet la construction de modèles de connaissance complexes qu'il est possible d'utiliser pour modéliser à la fois les utilisateurs et le domaine de manière intelligible pour tout type d'utilisations et d'acteurs. Cette approche s'inspire des ontologies utilisateurs proposées dans le domaine de la recherche d'informations [Mhanane,14],[Razmerita et al,04].

6.3.2.3. *L'initialisation du modèle de l'apprenant*

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.

■ ***Le niveau « stéréotype »***

Permet de définir des classes d'apprenants. Un apprenant particulier est décrit en affectant à cet apprenant un ou plusieurs stéréotypes. 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 (faible, moyen, fort) [Oubahssi ; 05].

■ ***Le niveau « individu »***

Chaque apprenant est décrit avec ses propres caractéristiques. Il s'agit d'informations pouvant être soit renseignées par l'apprenant lui-même (Les questions explicites sont considérées comme un moyen efficace pour obtenir des informations générales sur l'apprenant), soit déduites par le système, soit acquises lors de l'utilisation de l'application.

6.3.2.4. *La mise à jour du modèle de l'apprenant*

Plusieurs méthodes d'obtention de l'information sur l'apprenant sont citées dans la littérature. Brusilovsky [Brusilovsky, 94] rapporte que Carr et Goldstein proposent quatre méthodes principales pour mettre à jour le modèle de l'apprenant :

- La méthode implicite : cette méthode consiste à acquérir l'information à partir de l'observation des actions de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage.
- La méthode explicite : cette méthode se base sur le dialogue direct entre le système et l'apprenant (ex: questionnaire explicite).
- La méthode structurelle : cette méthode se base sur la relation entre les concepts du domaine de connaissance (exemple : si un concept(i) est un pré-requis du concept(j), l'acquisition du concept(j) implique l'acquisition du concept(i)).
- La méthode historique : cette méthode est basée sur une estimation générale des connaissances de l'apprenant en se basant sur son expérience.

Notons que pour mettre à jour un modèle de l'apprenant, les différentes méthodes citées ci-dessus peuvent être utilisées éventuellement en même temps.

6.3.2.5. *standards et spécifications*

Cette section s'intéresse aux standards et normes du modèle de l'apprenant. La caractérisation du profil apprenant à l'aide d'une norme permet d'exploiter les informations sur plusieurs plates-formes d'apprentissage à distance. Plusieurs normes existent dans ce domaine : EDS, IMS RDCEO, PAPI learner et IMS-LIP qui s'avère la plus riche d'après des synthèses déjà faites [Oubahssi ,05] . Nous présentons spécifiquement les standards PAPI learner et IMS LIP qui forment l'une des premières bases de structuration des données de l'apprenant.

■ *Le standard «PAPI Learner»*

PAPI Learner (Public And Private Information for Learner) est un standard développé au sein du groupe l'IEEE LTSC . Ce groupe s'est donné comme objectif de spécifier la sémantique et la syntaxe des informations sur l'apprenant. Ces informations peuvent être de diverses natures

: ses acquisitions de connaissances, ses préférences, ses performances, ses compétences, et ses relations avec d'autres apprenants, etc.

Six types d'informations sont définis par ce standard, qui rend également possible l'extension de chacun d'eux. Dans le modèle PAPI, un profil d'apprenant est défini par :

1. Des informations personnelles sur l'apprenant (PAPI Learner Personal). Il s'agit d'informations privées qui n'ont pas de lien direct avec l'apprentissage mais sont plutôt administratives (nom, adresse, numéro de téléphone, etc.).
2. Des informations relationnelles, relatives aux relations entretenues par l'apprenant avec les autres utilisateurs - professeurs, autres étudiants, etc. (PAPI Learner Relations).
3. Des informations sur la sécurité : Mot de passe, clés, etc. (PAPI Learner Security).
4. Des informations sur la performance de l'apprenant (PAPI Learner Performance), elles concernent l'histoire de l'apprenant, son travail en cours, et ses objectifs futurs.
5. Des informations « portfolio » qui constituent une collection représentative de travaux de l'apprenant utilisées en tant qu'illustrations de ses capacités (PAPI Learner Portfolio).
6. Des informations liées aux préférences de l'apprenant (PAPI Learner Preference) destinées à améliorer l'interaction homme-machine et à permettre l'adaptation automatique des systèmes aux besoins spécifiques de l'apprenant. Les préférences incluent des caractéristiques techniques, liées à l'interface, ou à la présentation des contenus. Ces préférences peuvent être explicitement identifiées par l'utilisateur ou être inférées à partir de son comportement.

La spécification PAPI Learner décrit un sous-ensemble minimal d'informations sur l'apprenant. Elle représente l'une des premières propositions offrant un cadre qui organise les données apprenant. Cependant, des données apprenant, notamment pédagogiques, ne sont pas prises en compte, et peuvent être échangeables entre les différents systèmes de e-formation. C'est pourquoi cette proposition a fait l'objet d'une évolution par IMS dans son nouveau standard IMS LIP [Oubahssi et al , 06].

■ *Le standard «IMS LIP»*

Le standard IMS-LIP (IMS Learner Information Package) est un modèle de structuration d'information. Accompagné d'un schéma XML, ce standard est basé sur un modèle de données qui décrit les caractéristiques requises d'un apprenant pour les usages généraux. Les spécifications soutiennent l'échange d'information sur les apprenants entre les systèmes de gestion d'apprentissage ; les systèmes de gestion des ressources humaines ; les systèmes de gestion de la connaissance ; et d'autres systèmes utilisés dans l'apprentissage.

La première version (1.0) des spécifications de IMS LIP a été élaborée en 2001. Dans cette version, le modèle IMS LIP définit une structure de données utilisateur en 11 catégories pour pouvoir être importée ou exportée entre des systèmes interopérables [Laroussi ,11]

1. **L'Identification** : décrit les données démographiques et biographiques sur l'apprenant (exemple : nom, âge, adresse, email, etc.)
2. **Le But** : définit l'objectif de la tâche d'apprentissage, l'attente de carrière et d'autres objectifs.
3. **Qualifications** : Certifications & Licences (QCL) décrit l'ensemble des diplômes de l'apprenant.
4. **L'Activité** : décrit toute activité liée à l'apprentissage dans n'importe quel état d'exécution (exemples : formation, expérience professionnelle, etc.)
5. **Les Intérêts** : maintiennent toutes les informations décrivant les hobbies de l'apprenant et les activités récréatives.
6. **Compétences** : décrit les compétences, l'expérience et les connaissances acquises.
7. **Transcription**: Un dossier qui est utilisé pour fournir un résumé sur des résultats scolaires.
8. **Affiliation** : présente des informations sur l'appartenance aux organisations professionnelles.
9. **Accessibilité** : décrit l'accessibilité générale comme : les capacités linguistiques, les handicaps, les conditions d'admissibilité et les préférences d'apprentissage.
10. **Sécurité**: L'ensemble des mots de passe et clés de sécurité affectés à l'apprenant.
11. **Relation** : L'ensemble des relations entre les éléments de base. Les structures de base n'ont pas en leur sein des identifiants qui les relient avec les structures de base. Toutes ces relations sont donc saisies dans une seule structure de base, ce qui rend les liaisons simples à identifier et à gérer.

■ **Comparaison**

Suite à notre étude des différents standards et spécifications pour la représentation du modèle de l'apprenant, nous pouvons dire que seul PAPI Learner et IMS LIP contiennent des informations importantes pour la représentation d'un apprenant d'une manière standardisée.

Cependant, ses éléments ne sont pas suffisamment complets pour couvrir toutes les données apprenant qui peuvent être échangées entre les systèmes de e-formation. En effet, les éléments de ce modèle restent une description générale de l'apprenant. Nous remarquons cependant dans le modèle IMS LIP une première tentative pour modéliser les données pédagogiques de l'apprenant. En effet, dans une partie de la catégorie « *Activity* », nous retrouvons les activités pédagogiques liées à l'apprenant.

6.3.3. *Modèle d'adaptation*

Visé à exprimer les différentes approches d'adaptation. L'adaptation nécessite des mécanismes internes et externes très spécifiques. Au niveau externe, le domaine des systèmes hypermédias adaptatifs propose de nombreuses techniques d'adaptation permettant de présenter un hyperspace de manière personnalisée. Ces techniques d'adaptation largement décrites dans [Brusilovsky,96], [Brusilovsky, 05] distinguent l'adaptation du contenu et l'adaptation de la navigation.

■ **L'adaptation du contenu**

Consiste à adapter le contenu des pages de l'hypermédia et à présenter l'information qui correspond mieux aux caractéristiques de l'apprenant comme ses connaissances, ses préférences , objectifs, etc. Plusieurs techniques existent pour mettre en œuvre de telles adaptations de contenu . Parmi les techniques d'adaptation du contenu, il y a :

- *Texte conditionnel* : toutes les informations sur une notion sont divisées en plusieurs parties. Chaque partie est associée à une condition sur le niveau de connaissance de l'apprenant. Quand le système présente des informations à l'apprenant, il ne présente que celles dont la condition est vraie.
- *Page variantes* : La méthode basée sur le choix de contenus alternatifs est traduite de deux façons au niveau technique. La première consiste à créer autant de versions de pages Web que nécessaire . Cette technique, simple mais relativement coûteuse, n'est utilisée que dans les systèmes destinés à quelques

groupes distincts d'utilisateurs. Une adaptation individuelle par ce biais est en effet difficilement envisageable.

- *Expansion/réduction (Stretchtext)* : Le même objectif est atteint par le recours à une technique basée sur un principe d'expansion/réduction du texte dans un document hypermédia (stretchtext). Une partie de texte (en général un mot ou groupe de mots correspondant à un concept) est associée à une information additionnelle qu'il est possible de faire apparaître. Le système choisit de dévoiler ou non l'information en référence à des spécifications données par un modèle utilisateur ; parallèlement, l'utilisateur peut également activer les mécanismes d'expansion/réduction du texte.
- *Les pages variées*: permet d'implanter des explications variées. On conçoit plusieurs présentations pour une même page en fonction du profil de l'apprenant
- *Les fragments variés* : permettent d'implanter les explications variées où une page contient soit : (1) des explications sur plusieurs notions, c'est-à-dire, un fragment par notion ou plusieurs variantes d'une même notion ; soit (2) différentes explications structurelles de la même notion en fonction du niveau de connaissances de l'apprenant.
- *les frames (cadres)* : les informations sur une notion particulière sont représentées par un frame. Les slots du frame peuvent contenir des explications différentes de la notion, des liens avec d'autres frames, des exemples. Des règles de présentations particulières sont utilisées pour décider quels slots doivent être présentés à chaque apprenant.

■ ***L'adaptation de la navigation***

Permet de tracer le parcours de l'apprenant et de lui éviter de suivre des chemins dans l'hypermédia le menant à des informations non pertinentes. Son objectif est de guider l'apprenant et de l'aider à se repérer dans l'hyperespace ou à l'inciter en lui proposant certains liens plutôt que d'autres. Différentes techniques ont été développées, entre autres :

- *Guidage direct* : en fonction des objectifs d'un apprenant, le système définit l'hyperlien le plus approprié et le visualise explicitement en changeant par exemple sa couleur.

- *Tri des liens* : cette technique consiste à ordonner les hyperliens en fonction de leur pertinence pour un apprenant donné. Les liens susceptibles d'intéresser l'apprenant sont situés en haut de la page pour favoriser leur découverte.
- *Annotation des liens* : le principe de cette technique est de rajouter aux différents hyperliens des commentaires pour indiquer à l'apprenant le contenu de la page qui est accessible par le lien.
- *Masquage des liens*: cette technique permet de masquer les hyperliens les moins pertinents pour l'apprenant.
- *Adaptation de carte* : c'est une carte de navigation indiquant la structure hiérarchique ou en réseau de l'hyperespace pour permettre à l'apprenant de choisir les pages à consulter. Au niveau interne, les techniques d'adaptation mises en œuvre par les systèmes sont des règles qui exploitent les trois types de connaissances : les connaissances de domaine, les connaissances de l'apprenant et les connaissances pédagogiques.

■ ***L'adaptation de présentation***

Les méthodes de l'adaptation de la présentation sont les suivantes:

- les multi-langues : l'objectif de la méthode multi-langue est l'adaptation à la langue préférée de l'apprenant. Cela peut dépendre aussi du contexte.
- la mise en page : la méthode de mise en page comprend toutes les alternatives possibles requises pour l'adaptation de la présentation, par exemple, couleurs, taille ou type de police, la taille maximum des images, l'orientation du texte, l'ordre des fragments de contenu, etc.

Les mêmes techniques que pour l'adaptation de contenu, à l'exception de texte extensible, peuvent être utilisées pour l'adaptation de présentation. Ces techniques sont les pages variantes, les fragments conditionnels et l'approche basée sur les cadres[Battou,12].

6.4. Exemples de systèmes hypermédias adaptatifs

Nous allons présenter dans cette section une sélection de systèmes d'hypermédias adaptatifs spécifiques au domaine d'application du e-Learning.

■ ***Le Système « MEDYNA »***

MEDYNA (hyperMEdia aDaptatif dYNAmique) [Behaz,12] est un environnement numérique hypermédia adaptatif dynamique qui a été développé pour la création et la recherche d'objets pédagogiques. Cet environnement permet d'assurer les objectifs suivants: 1) L'identification du mode d'apprentissage préféré de l'apprenant basé sur une approche de style MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) qui permet de fournir aux apprenants un parcours guidé par les préférences d'apprentissage. 2) La production efficace de ressources pédagogiques basé sur les technologies du web sémantique. 3) La recherche sémantique, sélection et assemblage des ressources pertinentes basées sur des règles d'inférences implémentées.

Le système MEDYNA offre deux catégories d'adaptation à savoir l'adaptation de navigation et l'adaptation de contenu. Le contenu multimédia des pages est adapté en adéquation avec le modèle de l'apprenant qui intéresse à la description du modèle MBTI. En ce qui concerne l'adaptation de la navigation, MEDYNA utilise une adaptation plus souple. En effet, il combine entre le masque des liens et l'annotation des liens qui est réalisée en utilisant différentes couleurs.

■ ***Le Système AEHS-TS***

AEHS-TS (adaptive e-learning hypermedia system based on thinking style) [mahmane,14], est un environnement hypermédia adaptatif éducatif qui traite du style de pensée en tant que critère d'adaptation de contenu. Ce système offre les fonctionnalités suivantes : 1) Une plateforme d'apprentissage pour les apprenants, qui leur permet de visualiser les cours, enrichie avec une fonctionnalité de collecte de traces et un module d'adaptation. 2) Un outil d'identification des styles. 3) Un outil pour les enseignants, qui leur permet de créer des cours.

Le système AEHS-TS s'intéresse à l'adaptation de contenu. Ils ont utilisé les styles de pensée (modèle de Ned Hermann) pour l'adaptation des activités d'apprentissage et cela

montrent que la prise en compte du style de pensée préféré de l'apprenant est un facteur qui contribue à l'optimisation de l'apprentissage et améliore les performances.

■ *Le système ALS-CPL*

ALS-CPL (Adaptive Learning System for the "C" Programming Language) [Battou,12], est un SHAD pour l'apprentissage du langage de programmation "C" qui traite de la granularité fine des objets pédagogiques en tant que critère d'adaptation de contenu. Ce système a pour objectif de procurer des contenus adaptatifs en adéquation avec le modèle de l'apprenant enregistré dans le système, tout en utilisant des ressources qui répondent aux critères de temps (ne dépasse pas 15 min), de contenu (une idée simple) et de forme (un type média).

Le système *ALS-CPL* offre trois catégories d'adaptation à savoir l'adaptation de navigation, présentation et l'adaptation de contenu. Pour l'adaptation du contenu, il s'agit de rechercher les fragments en liaison avec le concept à acquérir et d'appliquer les filtres et les règles pédagogiques en adéquation avec le modèle de l'apprenant. En ce qui concerne l'adaptation de la navigation, ALS-CPL utilise le guidage direct, l'annotation de lien et le masquage des liens. En fin, Pour l'adaptation de la présentation, ils ont donné la possibilité à l'apprenant de changer les couleurs de la Template de présentation en cliquant sur la couleur qu'il préfère.

■ *Synthèse*

Les SHAD, que nous avons présentés dans ce paragraphe, ont tous le même objectif qui est celui de fournir un contenu pédagogique adapté en se basant sur des approches et des technologies bien spécifiques. Nous notons que les systèmes MEDYNA et AEHS-TS se sont focalisés sur les caractéristiques de l'apprenant comme pilier pour arriver à cette adaptation tandis que le système ALS-CPL s'intéresse à la composante contenu pédagogique qui se focalise sur la granularité fine des objets pédagogiques pour permettre une réutilisation efficace, efficiente et dans des contextes différents pour atteindre une meilleure adaptabilité

En effet, ces systèmes ont mis en place de manière personnalisés, qui sont sur mesure et difficile à réutiliser dans le processus de développement de nouveaux systèmes. La réutilisation des contenus pédagogiques et les fonctionnalités ainsi produits en local est faible et même inexistante entre les établissements. Donc, chaque établissement devant

alors créer des fonctionnalités et des objets pédagogiques qui ont les mêmes objectifs pédagogiques, sans prise en compte de l'existant. Compte tenu du coût de production et de l'expertise nécessaire pour les produire, il est primordial de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables.

7. Style d'apprentissage

La personnalisation de l'apprentissage humain remonte aux travaux sur les interactions entre aptitudes et traitements qui prônent l'adaptation de l'instruction aux caractéristiques de l'individu [Cronbach et al,77]. Confrontés à une même situation, les apprenants présentent des réactions diversifiées, parfois très contrastées. Pour tenir compte de ces différences individuelles, les recherches se sont orientées vers la notion de « style d'apprentissage » relative à la manière préférée d'apprendre pour un individu [Bousbia,11]. Comment définir le style d'apprentissage? C'est une question à laquelle il est difficile de répondre de manière simple. Un survol de la littérature met rapidement en évidence la pluralité et la diversité des définitions .Pour éclaircir ce concept, [Chevrier et al , 00] les organisent en trois catégories, selon qu'elles renvoient à :

- Des manières caractéristiques d'agir, à des prédispositions ou à des préférences qui concernent des contextes d'enseignement et d'apprentissage. Dans ce sens, nous pouvons citer la définition donnée par [Gracha,02] « *dispositions personnelles qui influencent l'habilité de l'étudiant pour acquérir l'information, interagir avec les pairs et l'enseignant et participer à des expériences d'apprentissage* »
- Des processus de traitement d'information; comme la définition proposée par [Della-Dora et Blanchard, 79], dans [Kirby, 79] « Le style d'apprentissage est la façon personnellement préférée de transiger avec l'information et l'expérience dans des situations d'apprentissage ».
- Des caractéristiques de la personnalité, comme par exemple la définition de [Hunt, 79] : « *Le style d'apprentissage décrit un apprenant en termes des conditions éducatives qui sont les plus susceptibles de favoriser son apprentissage. (...) Dire qu'un apprenant diffère par son style d'apprentissage signifie que certaines approches éducatives sont plus efficaces que d'autres pour lui* ».

Ces trois dimensions sont effectivement reprises dans la définition récente de [Riding et Rayner ,98] : «*Le terme style d'apprentissage renvoie à un ensemble individuel de différences qui incluent non seulement une préférence personnelle exprimée concernant l'enseignement ou une association avec une forme particulière d'activité d'apprentissage, mais aussi à des différences individuelles que l'on retrouve en psychologie de l'intelligence ou de la personnalité* ».

Nous allons découvrir, dans la section suivante, le modèle de style d'apprentissage à qui on va s'intéresser dans notre approche .

■ **Modèle de Felder et Silverman**

Parmi les modèles de styles d'apprentissage les plus utilisés, celui proposé par [Felder et al, 88]. La sélection des styles d'apprentissage des apprenants est effectuée à l'aide de questionnaire de felder. Cet outil comporte 44 questions. Pour chaque question, l'apprenant doit choisir une réponse entre a et b. Les 44 questions sont réparties en quatre groupes de 11 questions chacun. Chaque groupe de questions définit une dimension pour le modèle cognitif de l'apprenant qui est donc composé de 4 dimensions selon Felder-Silverman [BOUCHBOUA et al ,14] (cf.Table2).

Dimensions	Extrémité inférieure (a)	Extrémité supérieure (b)	Questions ILS
Réflexion	Actif	Réfléchi	Q1, Q5, Q9, Q13, Q17, Q21, Q25, Q29, Q33, Q37, Q41
Raisonnement	Inductif	Déductif	Q2, Q6, Q10, Q14, Q18, Q22, Q26, Q30, Q34, Q38, Q42
Sensorielle	Verbal	Visuel	Q3, Q7, Q11, Q15, Q19, Q23, Q27, Q31, Q35, Q39, Q43
Progression	Séquentiel	Global	Q4, Q8, Q12, Q16, Q20, Q24, Q28, Q32, Q36, Q40, Q44

Table2. Question ILS par dimension du style

1. *Dimension sensorielle* : La première dimension consiste à représenter la manière avec laquelle l'apprenant préfère percevoir l'information. C'est la dimension *Perception de l'information*. Elle varie du visuel au verbal. Un apprenant visuel préfère un enseignement, à l'aide des images, diagrammes, graphes et animations. Par contre, un apprenant verbal préfère un enseignement à l'aide des textes, des lectures et des discussions.

2. *Dimension de progression* : Cette deuxième dimension définit la manière que l'apprenant préfère pour progresser dans l'apprentissage d'un cours. Elle varie entre global et séquentiel. Un apprenant séquentiel préfère progresser par étapes successives. Par contre, un apprenant global préfère choisir librement son parcours pour faire de grands sauts en fonction du contexte.

3. *Dimension de réflexion* : Cette troisième dimension représente la dimension de la réflexion et du traitement de l'information par l'apprenant. Elle varie du réfléchi à l'actif. Les apprenants actifs réussissent mieux par engagement dans une activité (collective ou individuelle) ou par une discussion du concept dispensé. Un système d'apprentissage informatique devrait, donc, donner plus d'intérêt à l'aspect pratique de l'enseignement et la mise en œuvre des activités coopératives et collaboratives.
Les apprenants réfléchis préfèrent un apprentissage par introspection (Observer, Ecouter,...). Pour être efficace avec un apprenant réfléchi, le dispositif pédagogique devrait être, la plupart du temps, basé sur la théorie, les définitions et les démonstrations.

4. *Dimension de raisonnement* : Cette quatrième dimension représente le raisonnement. Elle varie du déductif à l'inductif. Les apprenants déductifs préfèrent partir des principes pour en déduire les conséquences ou les applications. Les apprenants inductifs, par contre, préfèrent aller des faits et des exemples pour dégager des principes. Un dispositif pédagogique adapté aux apprenants déductifs devrait commencer par des définitions et des théories et progresser vers la pratique.

8. Conclusion

Aujourd'hui, les systèmes d'E-Learning sont très importants car ils deviennent le support de base de l'apprentissage sur le web. Ils offrent plusieurs services aux apprenants : le parcours des cours, la disponibilité, flexibilité, pas de frontières géographiques, haute qualité, et plusieurs techniques pour aider l'apprentissage des connaissances, etc.

Dans ce chapitre, nous avons présenté une vue globale sur le E-Learning, nous avons commencé par décrire quelques concepts de base . Les éléments essentiels dans un environnement E-Learning sont les Activités pédagogiques et l'hypermédia dédiés à l'éducation. Pour répondre aux besoins des apprenants , une architecture formée de trois couches est nécessaire pour la création de ces systèmes éducatifs. Le modèle du

domaine, le modèle de l'apprenant et le modèle d'adaptation sont les trois modèles qui ont été retenues ; mais des couches supplémentaires peuvent y être ajoutées selon les besoins d'adaptation et d'évolutivité désirés. Nous avons considéré que ces trois éléments avaient un rôle tout particulier dans la conception de parcours pédagogiques personnalisés

Nous avons mené une étude comparative de trois systèmes à savoir (MEDYNA, AEHS-TS, ALS-CPL) . Dans notre travail, nous proposons un système qui teste de combler plus au moins les lacunes des (SHA) étudiés en s'intéressant à la réutilisation dans le domaine d'e-learning .Dans la suite de ce travail nous allons montrer l'intérêt de cette approche de réutilisation et nous donnerons plus de détails sur notre point de vue concernant la réutilisation de contenu pédagogique et la réutilisation des fonctionnalités pédagogiques , ainsi que leurs impacts sur la réduction du temps, les efforts et les coûts nécessaires au développement de nouveaux systèmes e-learning .

Chapitre

2

Réutilisation des données : Objets Pédagogiques

Chapitre 2

Réutilisation des données : Objets Pédagogiques

1. Introduction

Face à l'évolution rapide des moyens d'information et de communication dans le domaine de l'apprentissage automatique (E-Learning), une masse importante de ressources pédagogiques est produite à travers de nombreux établissements d'enseignement. Compte tenu du coût de production de telle ressource et de l'expertise nécessaire pour les produire, il est primordial de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables.

La mise à disposition des ressources pédagogiques n'est pas suffisante pour garantir leur réutilisation. Les ressources existantes sont difficilement réutilisables car elles n'ont pas été conçues dans cet objectif; elles doivent s'accompagner de moyens de recherche et d'accès à l'information. Les normes et standards de métadonnées éducatives comme LOM et SCORM s'intéressent à ces problèmes mais ne les résolvent pas complètement. La description LOM qui peut être associée à chaque objet pédagogique (OP) constitue une première description indispensable à faciliter l'accès, le partage et la réutilisation. Cependant, ce standard manipule un ensemble de métadonnées très complexes et très long à décrire (neuf catégories et plusieurs dizaines d'attributs) et il est difficile de motiver les auteurs pour qu'ils décrivent leurs productions avec un tel langage. De plus, il est plutôt incomplet sur la partie description sémantique (l'ambiguïté sémantique). A l'heure du Web sémantique, il est alors nécessaire d'associer des descriptions sémantiques au contenu des OP pour permettre de les retrouver.

Le présent chapitre s'intéresse à l'une des désignations les plus récentes des contenus pédagogiques qui est l'objet pédagogique (définitions, propriétés, granularité fine), les méthodes d'indexation et de description des ces OPs (métadonnées de LOM et description sémantique). Il nous paraît important d'essayer d'abord de «démystifier» le concept de ressource pédagogique numérique, le concept d'OP ainsi que le lien entre ces deux

derniers. D'autres points importants sont traités. Il s'agit de présenter les standards les plus répandus et les plus utilisés dans la littérature à savoir les standards SCORM, LOM et IMS-LD, les technologies associées aux objets pédagogiques (web sémantique et ontologie). Nous noterons par ailleurs que la réalisation des OPs est une tâche coûteuse en termes de temps et de ressources humaines et financières. Cette problématique, qui a fait couler beaucoup d'encre, est traitée dans la dernière partie. Il s'agit de la problématique de réutilisation en utilisant des entrepôts d'objets pédagogiques ainsi que quelques travaux connexes. Enfin nous concluons ce chapitre en ouvrant des perspectives pour les recherches que nous examinerons dans les chapitres suivants pour essayer de répondre à la problématique de réutilisation de fonctionnalités pédagogiques .

2. Ressource pédagogique

On parle souvent de « ressources pédagogiques » pour désigner n'importe quel matériel pédagogique mais plus précisément, Qu'est ce qu'une «ressource pédagogique»? Définir le concept de «ressource pédagogique» et le distinguer des différents termes proposés dans la littérature constitue probablement un exercice difficile .

Selon Bibeau [Bibeau,05], une ressource pédagogique correspondent à l'ensemble des services en ligne, des logiciels de gestion, d'édition et de communication (portails, logiciels outils, plates-formes de formation, moteurs de recherche, applications éducatives, portfolios) ainsi qu'aux données (statistiques, géographiques, sociologiques, démographiques, etc.), aux informations (articles de journaux, émissions de télévision, séquences audio, etc.) et aux œuvres numérisées (documents de références générales, œuvres littéraires, artistiques ou éducatives, etc.). Cet auteur donne une taxonomie de ressources pédagogiques et insiste sur le contexte d'usage, à savoir l'activité ou le scénario pédagogique, dans lequel la ressource est convoquée.

D'autres définition plus récentes telles que celle de [Hmelo-Silver, 09], présente une ressource pédagogique comme une information ou un outil qui peut être utilisé pour aider les apprenants à localiser, stocker et utiliser un matériel pédagogique.

Quand à Battou [Battou, 12], une ressource pédagogique est toute entité, numérique ou non, qui s'apparente à une information ou à un outil, qui a un certain nombre d'usages possibles et en étant insérée dans un contexte pédagogique, permet à l'enseignant et/ou à l'apprenant d'effectuer leurs tâches efficacement.

Dans la suite, nous allons examiner les nouveaux développements des ressources numériques, relatifs aux «objets pédagogiques» et en relation avec les travaux sur la standardisation et les technologies associées.

3. Objet pédagogique

Le concept d'objet pédagogique (OP) est propagé rapidement sans une définition universelle très spécifique, et bien que né à l'origine de l'idée de la conception orientée objet, avec un objectif de fournir des niveaux élevés de la réutilisation des ressources d'apprentissage numériques. La plupart des définitions proposées, se focalisent sur les principes généraux qui régissent la notion d'OP tels que : la réutilisation, l'intention pédagogique et l'indépendance du contexte.

[Polsani ,03] définit un OP comme une unité d'un contenu pédagogique indépendante et autonome, qui est prédisposée à être réutilisée dans de multiples contextes pédagogiques. Cette définition est également compatible avec ceux donnés par [Sosteric et al ,02] et [Hamel et al, 02], et chacun d'eux implique la nécessité de fournir un registre de métadonnées (souvent physiquement séparé du contenu lui-même) pour chaque OP, décrivant leurs contextes d'usage potentiels sous une forme standardisée

D'autres auteurs tels que, [Pernin, 03], considèrent un OP comme une entité numérique ou non, abstraite ou concrète, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée lors d'une formation. Il a abordé la question des objets pédagogique sous l'angle des points de vue « technique », « économique » et « pédagogique » (Cf. Figure 6). Au niveau économique, il s'agit de diminuer les coûts de production sans pour autant diminuer la qualité. Cela implique d'avoir des composants réutilisables et partageables. Au niveau pédagogique, le concept d'objet s'accorde bien avec les notions de "formation tout au long de la vie" et de "parcours individualisé ". Construire une offre de formation revient alors à assembler un ensemble de composants adaptés aux besoins spécifiques de l'apprenant. Enfin au niveau technique, l'intérêt de l'approche par objet, largement mise en avant dans le développement informatique, n'est plus à démontrer ; elle rend possible la réutilisation de composants dans de multiples contextes.

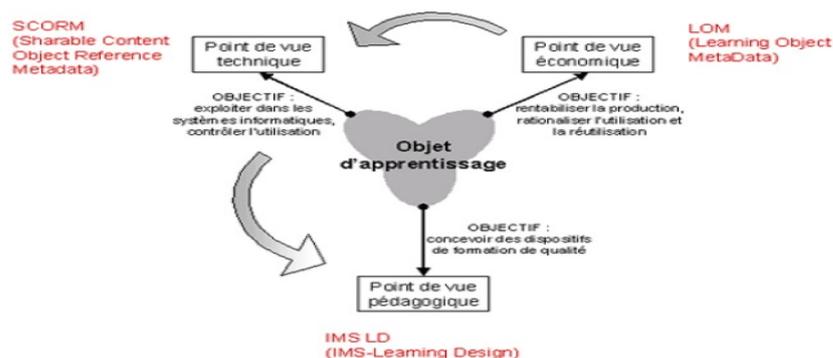


Fig.6. *Objet d'apprentissage, un concept au centre de tensions [Pernin, 03]*

Enfin, d'autres conceptions telles que celles de Downes [Downes, 03], considèrent que la taille d'un OP comme importante et notamment ceux de Mortimer [Mortimer, 02] abordent la taille d'un OP en terme de temps qui ne dépasse pas 15 minutes.

En plus de ces conceptualisations théoriques et parfois ambiguës, d'autres définitions se dégagent des différents travaux sur la normalisation (SCORM, LOM, IMS, etc.). Pour LOM par exemple [IEEE, 02] «un objet pédagogique est une entité, sur un support informatique ou non, qui peut-être utilisée, réutilisée ou référencée dans une activité de formation assistée par ordinateur (Technology Supported Learning)».

Ainsi pour faire le lien entre ressources pédagogiques et objet pédagogique, nous disons qu'un objet pédagogique est une ressource pédagogique mais une ressource est considérée comme un objet pédagogique quand les caractéristiques d'OP lui y sont associées (indexable, réutilisable ,retrouvable , etc).

4. Propriétés des Objets Pédagogiques

Plusieurs propriétés sont mentionnées dans la littérature [battou, 12],[bourda,01]et [WISC, 09]. Parmi elles, nous citons :

- **Granularité** : un objet pédagogique élémentaire est une composante d'un cours dont la durée de consultation ou d'exécution se situe entre 2 et 15 minutes
- **l'autonomie** : chaque objet pédagogique peut être utilisé indépendamment des autres ;
- **la réutilisabilité** : un OP est réutilisable si on peut l'incorporer à différents contextes, sans fournir beaucoup d'effort supplémentaire. un objet pédagogique élémentaire peut être utilisé dans des contextes et dans des buts multiples

- **l'adaptation** : un OP doit permettre une modulation sur mesure en adéquation avec les besoins des apprenants à un moment donné
- **la composition/agrégation** : Un objet pédagogique peut certes être réutilisé tel quel , mais il peut aussi être créé par agrégation d'autres objets pédagogiques de granularité plus fine.
- **l'indexation** : un OP doit être muni d'une description permettant de le retrouver facilement.
- **l'accessibilité** : chaque objet pédagogique est muni d'une description permettant de le retrouver, de l'identifier et d'y accéder facilement.
- **la durabilité** : un OP doit pouvoir affronter les changements technologiques en minimisant la réingénierie ou le redéveloppement.
- **l'interopérabilité** : un OP doit pouvoir être utilisé dans des environnements technologiques différents. L'utilisation des ontologies améliore significativement l'interopérabilité des OPs.

De plus, un objet pédagogique doit permettre un apprentissage :

- **sans superflu** : si seule une fraction de cours est requise, on doit pouvoir se limiter aux objets pédagogiques correspondants;
- **au moment voulu** : comme les objets pédagogiques sont indexés, on peut les retrouver instantanément ;
- **sur mesure** : les objets pédagogiques permettent une personnalisation des cours à l'échelle d'une organisation ou de chaque personne

5. Granularité fine des objets pédagogiques

La granularité est le niveau de découpage d'un contenu pédagogique en une série d'items élémentaires, appelés grains pédagogiques. Ces grains pédagogiques peuvent d'un autre côté être recombinaés et assemblés pour créer des parcours pédagogiques cohérents.

Les objets pédagogiques doivent être suffisamment petits pour être réutilisable comme présenté dans [Silveira, 05] : *plus un OP est granulaire, plus il devient réutilisable*. Même si la forme à gros grain OP peut avoir une valeur hautement éducative, mais un objet pédagogique granulaire a un avantage d'être facilement réutilisable pour un autre contexte [Siti Fadzilah Mat et al,11] ,ces auteurs ont proposé le découpage suivant (Cf.Figure 7)

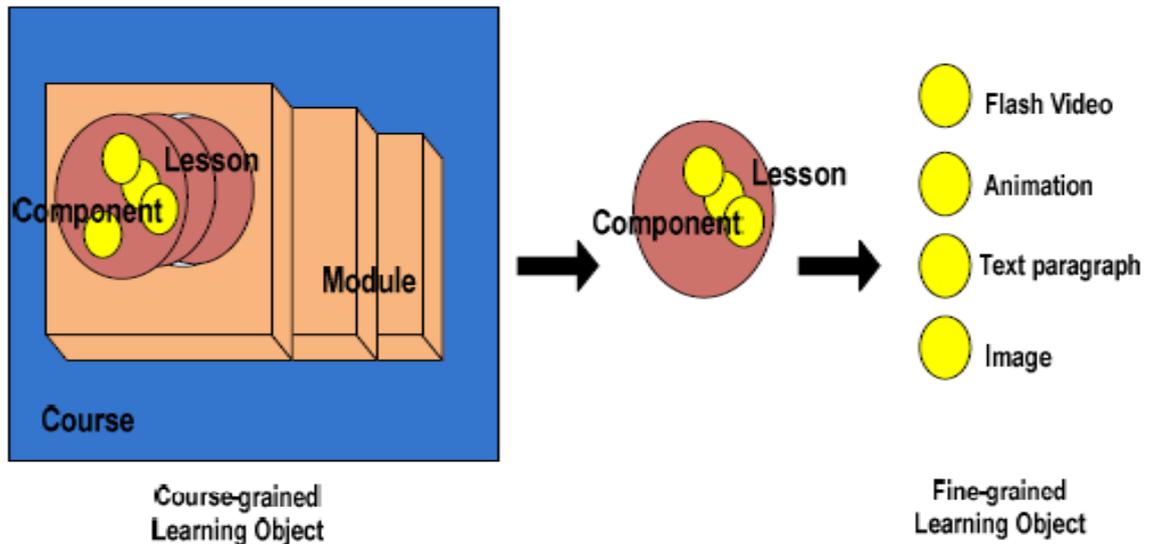


Fig.7. Du gros grains à la granularité fine des objets pédagogiques

Une granularité insuffisante (utilisant par exemple de gros blocs de contenu), empêche probablement la possibilité d'intégrer et de réutiliser un contenu pédagogique dans un nouveaux contextes et dans de nouveaux système e-learning. Par contre, le fait de fragmenter un contenu en plusieurs OPs de petites tailles, permet plusieurs possibilités d'adaptation (au niveau de contenu, de présentation, etc.).

Par ailleurs, la granularité combinée avec l'indexation joue un rôle important pour faciliter l'adaptabilité. En effet, au lieu d'ajouter des métadonnées à de gros blocs de contenus, des OPs de petites tailles sont indexés, ce qui agrandit l'espace de recherche. Cela permet également d'anéantir le silence de la recherche, qui peut être dû à une granularité insuffisante. L'adaptabilité ici consiste alors à choisir entre les différents grains ceux qui sont appropriés à une situation donnée.

6. Standards et normes pour les objets pédagogiques

Les travaux de normalisation dans le domaine des technologies éducatives sont liés principalement aux travaux des organismes suivants : IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), IMS (Instructional Management Systems) et d'ARIADNE, ADL (Advanced Distributed Learning),AICC (Aviation Industry CBT Committee) et W3C (World Wide Web Consortium).

Essentiellement , deux fonctionnalités font objet de normalisation :

- L'importation et l'intégration de ressource pédagogique externe dans une plateforme,
- La réutilisation des cours et des matériaux d'une plateforme dans une autre.

Une étude approfondie des différentes normes et standards du e-learning dépasse largement le cadre du présent document. De ce fait, nous allons étudier, dans ce qui suit, les normes les plus connues que nous avons manipulé lors de nos travaux de recherches. Ainsi, nous allons voir successivement le standard LOM, SCORM et enfin IMS LD.

6.1. Le modèle LOM

LOM, acronyme de « *Learning Object Metadata* », est un standard conçu en 2002 par le comité international IEEE-LTSC-LOM. Il est utilisé au niveau international pour décrire et indexer les contenus dans les systèmes de gestion de contenus de formation (CMS et LCMS) [Harman et al, 07]. Il garantit notamment l'interopérabilité des systèmes de référencement et facilite les échanges de ressources.

L'apport de LOM est de fournir un schéma de données conceptuel qui définit la structure d'une instance de métadonnées pour une ressource pédagogique et permettant de décrire de façon précise et uniforme toute ressource pédagogique. Les éléments permettant la description des ressources pédagogiques sont groupés dans les catégories suivantes :

1. Général : Catégorie qui regroupe toutes les informations générales pour la description de la ressource pédagogique ;
2. Cycle de vie : Catégorie qui décrit l'historique et l'état courant de la ressource pédagogique ;
3. Meta-métadonnée : Catégorie qui décrit des informations à propos des méta-données elles-mêmes ;
4. Technique : Catégorie qui décrit les exigences et les caractéristiques techniques de la ressource ;
5. Pédagogie : Catégorie qui décrit les caractéristiques pédagogiques de la ressource ;
6. Droit : Catégorie qui décrit les droits de propriété intellectuelle et les conditions d'utilisation de la ressource ;
7. Relation : Catégorie qui décrit les relations entre les ressources pédagogiques;
8. Commentaire : Catégorie qui offre des commentaires sur l'utilisation pédagogique de la ressource, ainsi que sur le(s) créateur(s) du commentaire;

9. Classification : Catégorie qui décrit si la ressource pédagogique fait partie d'un système de classification particulier.

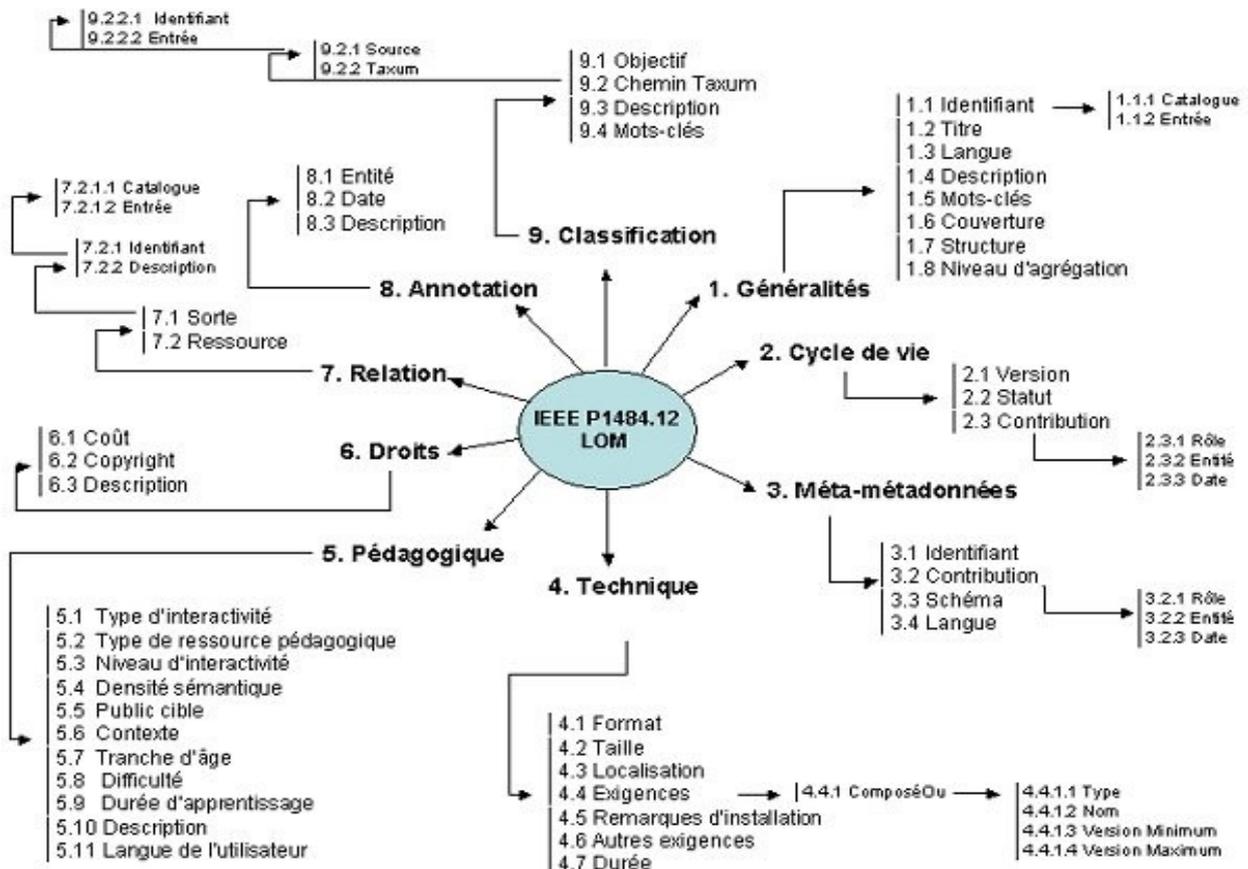


Fig.8. Schéma de métadonnées LOM [De la passardière , 04]

Mais LOM ne provient pas du monde de la documentation : il s'agit avant tout d'un standard pratique pour les échanges informatiques. Les champs de description ne correspondent donc pas complètement aux besoins effectifs d'usage et c'est pourquoi, dans les années qui suivirent sa sortie, les documentalistes se sont approprié ce standard en créant différents « profils d'applications ». Un profil d'application permet d'en limiter le nombre. Un profil d'application est un assemblage de métadonnées adaptées au contexte d'utilisation spécifique. Ce profil peut soit restreindre les descripteurs de LOM, soit les enrichir. Il existe de nombreux profils d'application: LOM-fr, SupLOMFR, Normetic, ManUel, etc.

6.2. Le modèle SCORM (SCORM 2004)

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) de Advanced Distributed Learning (ADL) est une référence pour le partage et la réutilisation des objets d'apprentissage. Puisque les objets créés avec SCORM contiennent un protocole universel de communication avec plusieurs plateformes, ils n'ont pas besoin d'être recréés lorsque l'on choisit de changer de plateforme. De plus, comme SCORM intègre la spécification LOM, il est possible de rechercher un objet pédagogique dans des bibliothèques, par rapport aux métadonnées qui caractérisent son contenu. Il a pour vocation la mise en place de la bonne structuration du contenu du cours et de ses interactions avec son environnement. SCORM est composé de trois grands volets : le modèle d'agrégation du contenu (CAM), l'environnement d'exécution (RTE) et le modèle de séquençement et de navigation (SN) [Battou,12] .

- **Le modèle d'agrégation du contenu:** Le modèle d'agrégation du contenu SCORM assure la promotion de méthodes cohérentes en matière de stockage, d'identification, de conditionnement d'échange et de repérage du contenu. Il permet aux responsables de la conception et de la mise en œuvre de la formation de regrouper les ressources appropriées dans le but d'offrir un parcours individualisé de formation. Ce volet comporte trois niveaux de métadonnée. L'asset qui représente la plus petite unité de ressources pédagogiques (page web, image, etc.) qui ne communique pas avec une plateforme de formation. Le SCO (Sharable Content Object) composé d'un ou de plusieurs assets, le SCO utilise l'environnement d'exécution du SCORM pour communiquer avec une plate forme de formation. Le CO (Content Organization) permet de représenter la structure des contenus. le CO réunit les ressources pédagogiques pour constituer une activité pédagogique.
- **L'environnement d'exécution :** Cette composante décrit les exigences du système de gestion de l'apprentissage nécessaire à la gestion de l'environnement d'exécution. Elle fonctionne à partir d'un API (Application Programming Interface) et permet aux grains (SCO) de communiquer avec les plates-formes et autres applications d'une manière standardisée.
- **Le modèle de séquençement et de navigation :** Basé sur l'IMS Simple Séquencing (IMS SS), ce modèle permet la coordination des activités pédagogiques en

configurant le mode de parcours. IMS SS décrit le cheminement des activités pédagogiques et les conditions de sélection et d'affichage des ressources pédagogiques. IMS SS range les activités entre eux dans une organisation hiérarchique décrivant une arborescence d'activités. Un groupe d'activité (activité parente et ses enfants) comporte des règles de séquençement et des conditions de limite. Les règles de séquençement sont utilisées pour déterminer l'ordre des activités présentées à l'apprenant. Quand aux conditions de limite tels que le nombre d'essai autorisé, le temps maximum, une limite de date, sont utilisées pour déterminer les règles d'enchaînement des activités suivantes.

SCORM, comme nous l'avons déjà mentionné, définit une structuration selon trois niveaux d'agrégation (Cf. Figure 9), en précisant trois composantes principales : *les assets*, *les SCOs* (Sharable Content Object) et *les CO* (Content Organization). Un asset représente la plus petite pièce réutilisable d'un contenu pédagogique. Les assets peuvent être des pages Web, des animations, images, vidéos, etc. Un SCO est une entité (ou grain) de contenu qui possède un sens pédagogique, qui peut être réutilisée dans d'autres contextes et qui est reconnaissable par une plate-forme supportant SCORM. Un SCO peut être composé de plusieurs assets. Un CO permet de représenter la structure des contenus. Il réunit les ressources pédagogiques dans un *package* pour constituer une activité pédagogique.

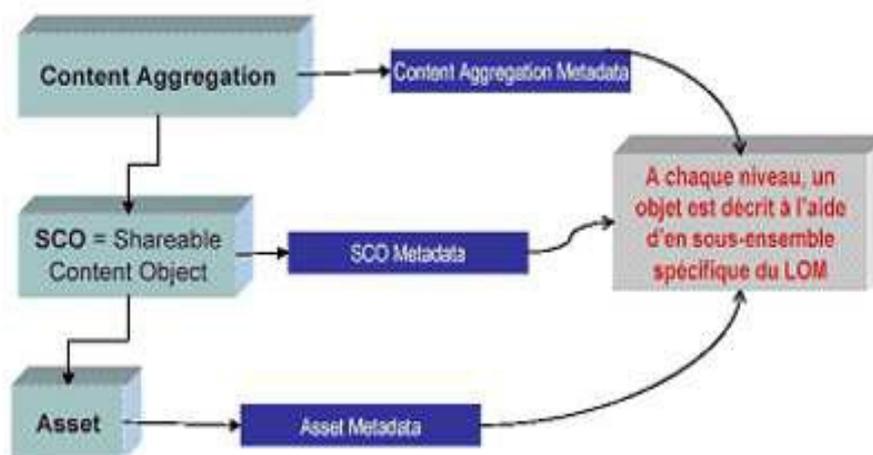


Fig.9. Le modèle de contenu SCORM [Pernin,04].

6.3. La spécification IMS-LD

La spécification Instructional Management System Learning Design (IMS LD) est défini comme une description d'une méthode permettant à un apprenant d'atteindre certains objectifs d'apprentissage par la réalisation de certaines activités pédagogiques ordonnées, dans un environnement d'apprentissage. Il est proposée en février 2003 par le consortium américain IMS est largement inspirée des travaux de Koper sur les langages de modélisation pédagogique tel que EML-OUNL. En complément de SCORM, qui s'intéresse surtout aux pédagogies de transfert, IMS-LD est une norme qui vise à apporter des éléments de pédagogie dans un système d'apprentissage en ligne. Il s'agit d'un langage de modélisation des processus d'apprentissage, basé sur les travaux de Koper [Koper ,01]. L'intérêt majeur de cette proposition repose sur son caractère formel qui ouvre des perspectives d'indexation et de réutilisation, ainsi que sur son indépendance du système d'implémentation, les unités d'apprentissage étant exprimées sous forme de documents structurés au format XML [Lejeune, 04].

Sans décrire en détail la spécification IMS LD, rappelons qu'elle utilise une métaphore selon laquelle une unité d'apprentissage est décrite comme une *pièce* de théâtre, organisée en *actes* dans lesquels des activités sont proposées à des *rôles* dans un *environnement* composé de services (chat, forum, messagerie, ...) ainsi que de ressources de contenu. Le méta-modèle proposé contient les descripteurs nécessaires à la modélisation d'une unité d'apprentissage où le rôle de chaque intervenant est précisément décrit ainsi que les objectifs et pré-requis de chaque activité participant à atteindre un objectif global. Le concept central appelé *méthode* définit la scénarisation de l'unité d'apprentissage, ou encore ce que nous conviendrons d'appeler le « scénario pédagogique ».

D'autre part, par rapport à une spécification comme le LOM, IMS-LD ne distingue pas, en son sein, des éléments facultatifs et des éléments obligatoires : elle organise la description et la structuration d'une unité d'apprentissage selon trois niveaux de complexité croissante, désignés par les lettres A, B et C.

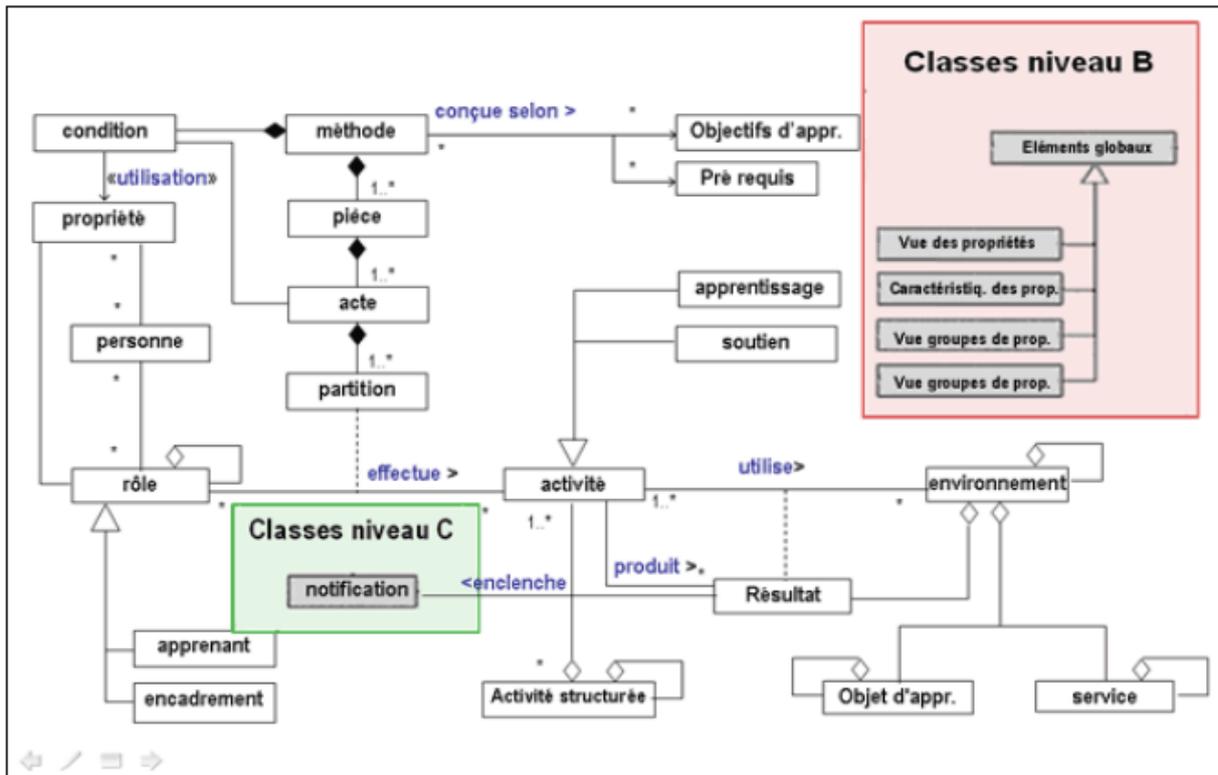


Fig.10 . Architecture de la spécification IMS-LD, Niveaux A, B et C [Burgos, 05].

- Niveau A : inclut la définition de la «méthode», des pièces, des actes, des partitions, des activités d'apprentissage et des environnements de tutorat. Clé de la spécification, il contient la description des éléments qui configurent IMS-LD et la coordination entre eux. Par exemple, les partitions définissent les activités qui doivent être endossées par un rôle pour achever un acte, et par la suite, une pièce.
- Niveau B : ajoute au niveau A des propriétés, des conditions, des services de tutorat et des éléments agissant sur l'ensemble. Il fournit des moyens spécifiques pour créer des structures complexes et des expériences d'apprentissage. Les propriétés peuvent être utilisées comme variables, locales ou globales, stockant ou retirant de l'information pour un apprenant seul, un groupe, ou même tous les personnages impliqués. A travers ces mécanismes, le parcours d'apprentissage peut changer pendant la durée d'exécution de l'unité, des décisions peuvent être prises en tenant compte des aspects dynamiques.
- Niveau C : ajoute des notifications au niveau B, c'est à dire par exemple un mail envoyé et une fonction montré/caché sont liés à une activité spécifique, selon la manière dont l'activité précédente a été réalisée.

Chaque niveau est représenté dans des fichiers XML séparés. Le niveau B et C intègrent et étendent le niveau précédent. Les normes définies dans le contexte de l'apprentissage en ligne permettent de s'assurer d'une certaine interopérabilité et réutilisabilité (au travers de scénarii).

■ *Synthèse*

La Table 3 présente une synthèse des trois standards présentés au cours de ces dernières sections, à savoir LOM, SCORM et IMS-LD. Le LOM permet d'indexer des objets pédagogiques. Leur mise en œuvre informatique est effectuée en utilisant le modèle SCORM. Ces standards permettent de décrire des ressources pédagogiques mais pas de scénario pédagogique. La description de ces ressources pédagogiques dans le cadre d'une formation en ligne s'effectue via des langages de modélisation pédagogique tels que IMS Learning Design.

Il est possible de comparer ces trois modèles selon trois niveaux : ressource élémentaire, contenu ou activité, et structuration. Le niveau correspondant aux ressources élémentaires, décrit les diverses formes de ressources numériques (texte, image ou son) . Le niveau contenu ou activité s'intéresse à la modélisation des activités de l'apprenant au cours d'une activité d'apprentissage. Le niveau de structuration permet d'organiser et de lier les activités d'apprentissage. L'idée est de différencier les champs qui vont qualifier chacun de ces niveaux. Un champ traite uniquement des données documentaires brutes que l'on peut combiner entre elles ; un champ intermédiaire va fournir des informations sur l'activité effectuée sur ces ressources ; et un troisième niveau est l'agrégation de ces activités dans des structures de plus haut niveau.

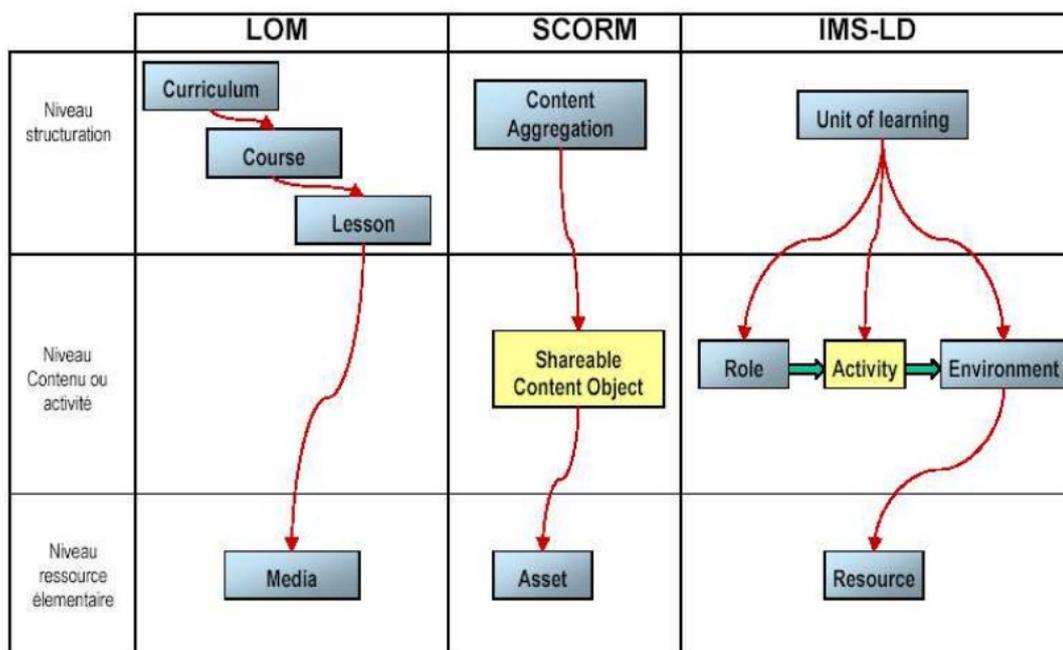


Table 3 : Synthèse entre LOM, SCORM et IMS-LD [Pernin,04]

Les normes actuelles d'e-learning offrent une solution partielle pour la réutilisabilité. Cependant, les représentations obtenues via ces normes ne sont pas suffisantes pour permettre et assurer la réutilisabilité de ressources ou de parties de ressources car elles ne prennent pas en compte ni le contenu sémantique des métadonnées qu'elles introduisent ni les relations qui existent entre chaque objet pédagogique. Afin de contribuer à la résolution de ces problématiques, nous proposons dans ce mémoire un modèle de représentation des « objets pédagogiques » qui repose sur une représentation de la connaissance sous forme d'ontologies. Nous portons notre attention sur l'aspect réutilisabilité de ces documents, en particulier concernant leur découpage et leur indexation sémantique.

7. Technologies associées aux objets pédagogiques

Afin de faciliter l'accessibilité, la recherche, le partage et la réutilisation, chaque OP doit être décrit à l'aide de métadonnées et des descriptions sémantiques. En effet, un OP non indexé ou annoté ne pourra pas être retrouvé et à fortiori réutilisé. Cette étape d'indexation est donc indispensable.

7.1. Métadonnées

Avec la prolifération des contenus multimédias, les bases de données multimédias ont atteint une taille importante qui les rend difficiles à manipuler. Trouver une information pertinente devient chronophage. L'utilisation d'une version concise des documents est apparue comme une solution pour la gestion de telles collections. Cette information concise représente les métadonnées.

[Greenberg, 02] propose une définition pour les métadonnées : « des données structurées relatives à un objet, supportant des fonctions associées à cet objet. ». Selon [Lamb, 01], les deux principales fonctionnalités des métadonnées sont :

- De fournir de l'information compréhensible par l'homme, qui soit utilisée pour la recherche et l'interprétation des données électroniques ;
- De disposer de données exploitables par les machines, qui facilitent l'échange d'informations entre les systèmes, et qui facilitent le traitement des données par le système.

Dans le domaine de l'apprentissage, les métadonnées servent à décrire les documents pédagogiques afin de les rendre plus facilement identifiables (accessibles) et plus manipulables (interopérables, réutilisables, durables, adaptables). Ces métadonnées sont structurées suivant des catégories ou champs sémantiques « descripteurs ». Chaque champ représente une caractéristique particulière sur la ressource comme par exemple son titre [Bourda, 01]. Dans notre travail, nous nous appuyons sur LOM qui permet une description à la fois fine et précise.

7.2. Représentation sémantique des Objets Pédagogiques

LOM n'est pas assez puissant pour assurer le partage des OP et leur réutilisation entre les acteurs des différents systèmes e-learning. En effet, la sémantique des contenus est mal représentée puisqu'elle se limite souvent à des mots-clés. Afin de compléter la sémantique de l'indexation des OP, nous suggérerons l'utilisation d'ontologies.

Dans cette partie, nous allons présenter les principales technologies associées aux objets pédagogiques notamment le web sémantique et les ontologies ainsi que les concepts qui leur sont liés.

7.2.1. web sémantique

De nos jours, les informations du web actuel augmentent énormément ce qui a bien renforcé le besoin de partager, d'échanger et de réutiliser ces informations d'une manière efficace entre les utilisateurs. Cependant, la plupart des informations se trouvant sur Internet sont effectivement lisibles par les hommes mais elles sont difficilement interprétables par les machines. L'expression de Web Sémantique, attribuée à Tim Berners-Lee [Berners , 01] (fondateur et président du Consortium World Wide Web W3C), fait référence à la vision du Web de demain comme un vaste espace d'échange de ressources entre humains et machines ,permettant une meilleure exploitation de masses de données disponibles sur le Web. L'objectif est non pas de permettre aux machines de se comporter comme des êtres humains, mais de développer des langages pour représenter les informations d'une manière traitable par les machines, afin d'améliorer les rapports des utilisateurs avec le Web. En effet, la sémantique et la structure des données requièrent une représentation de la sémantique compréhensible et échangeable pas les machines. L'idée est de rendre explicite la sémantique des documents à travers des métadonnées ou d'annotations, afin de permettre aux agents logiciels d'effectuer des tâches de recherche et de sélection des ressources pour les utilisateurs.

Le web sémantique appliqué au domaine d'apprentissage est considéré comme une très importante initiative touchant l'éducation. Cette fusion a donné naissance à un nouveau volet du web sémantique appelé web sémantique éducatif. Ce volet consiste, essentiellement, à ajouter une nouvelle couche sémantique pour les ressources d'apprentissage afin de faciliter leurs récupérations et leurs réutilisations [El Mezouary, 11].

7.2.2. Ontologie

Les ontologies sont un des concepts de base du Web sémantique. Plusieurs définitions du terme «ontologie» sont citées dans la littérature. Pour le domaine de l'informatique, ce terme a commencé à être employé en intelligence artificielle au début des années 90. Nous allons présenter ici quelques unes.

La définition la plus référencée et aussi la plus synthétique est sans doute celle formulée par [Gruber,93] "une spécification explicite d'une conceptualisation". Borst et son équipe [Borst et al ,97] ont amélioré la définition de Gruber en affirmant que " Une ontologie est une spécification formelle et explicite d'une conceptualisation partagée", Dans cette définition on a [Keita,07] :

- **Formelle** : Se réfère au fait que l'ontologie doit être lisible et compréhensible par les machines, cela est nécessaire pour qu'elle puisse être munie de capacités de raisonnement.
- **Explicite** : Signifie que les concepts utilisés ainsi que les contraintes sur leur utilisation sont définis d'une manière claire et précise.
- **La conceptualisation** : Signifie un modèle abstrait d'un certain aspect du monde.
- **Partagée** : Renvoie à l'idée qu'une ontologie rend compte d'un savoir consensuel.

Une ontologie est donc une compréhension partagée d'un domaine entre un certain nombre d'agents, et un tel accord facilite des communications précises et efficaces qui mènent, à terme, à d'autres avantages tels que l'interopérabilité, la réutilisation et le partage [keita,07].

Donc , Les ontologies sont alors centrales pour le Web sémantique qui, d'une part, cherche à s'appuyer sur des modélisations de ressources du Web à partir de représentations conceptuelles des domaines concernés et, d'autre part, a pour objectif de permettre à des programmes de faire des inférences dessus. La connaissance dans les ontologies est principalement formalisée en utilisant les cinq types de composants [Gomez et Al ,99] à savoir : concepts (ou classes), relations (ou propriétés), fonctions, axiomes (ou règles) et instances (ou individus).

- **Concepts** : Ils sont également appelés termes ou classes de l'ontologie. Un concept est un constituant de la pensée (un principe, une idée, une notion abstraite) sémantiquement évaluable et communicable [Benayache, 05] . Les concepts peuvent être classifiés selon plusieurs dimensions: niveau d'abstraction (concret ou abstrait), atomicité (élémentaire ou composé) et niveau de réalité (réel ou fictif).
- **Relations**: Elles servent à exprimer les associations existant entre les concepts présents dans le segment analysé de la réalité. Elles regroupent les associations suivantes : sous – classe –de (spécialisation, généralisation), partie-de (agrégation ou composition); associé – à, instance –de, est–un, etc. Les relations permettent d'apercevoir la structuration et l'interrelation des concepts, les uns par rapport aux autres.
- **Fonctions**: Elles représentent des cas particuliers de relation où un élément (le nième) est défini en fonction des n-1 éléments précédents.

- **Axiomes:** Constituent des assertions, admises comme vraies, à propos des abstractions du domaine traduit par l'ontologie.
- **Instances:** Elles constituent la définition extensionnelle de l'ontologie; ces objets véhiculent les connaissances (statiques, factuelles) à propos du domaine du problème

7.2.3. annotation sémantique

[Amardeilh, 07] définit l'annotation sémantique comme « *une représentation formelle d'un contenu, exprimée à l'aide de concepts, relations et instances décrits dans une ontologie, et reliée à la ressource documentaire source* ». L'annotation sémantique se base sur un modèle de connaissance déjà défini (ontologie), mettant des liens entre les entités du document et leurs descriptions sémantiques représentées dans l'ontologie. Les annotations sémantiques sont de plus en plus utilisées dans le cadre du web sémantique, elles offrent des solutions pour compléter le contenu des ressources web en ajoutant de la sémantique sous forme de méta données ou annotation en vue de les rendre compréhensibles par machine [Berners,01].

7.2.4. Langages du web sémantique

Depuis l'avènement du Web sémantique, plusieurs outils et langages de formalisation ont été mis en place. C'est dans ce contexte que le World Wide Web Consortium (W3C) a proposé plusieurs formalismes de langages qui sont basés sur des spécifications du langage de balisage XML(Cf.Figure 11) .

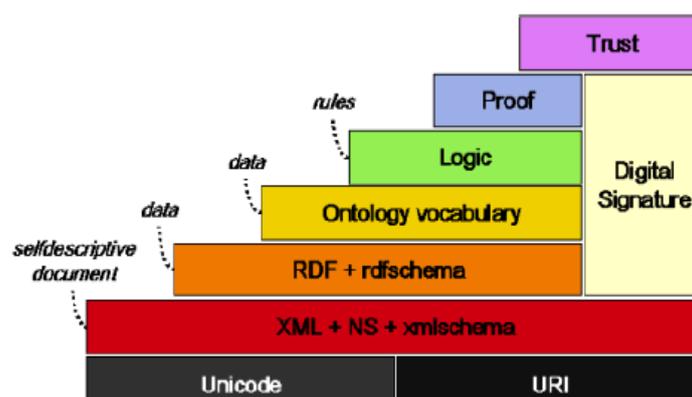


Fig.11. Les couches du Web sémantique (W3C)

Un aspect central de l'infrastructure est sa capacité d'identification et de localisation des diverses ressources. Elle repose sur la notion d'URI (Uniform Resource Identifier) qui permet d'attribuer un identifiant unique à un ensemble de ressources, sur le Web bien sûr mais aussi dans d'autres domaines (documents, téléphones portables, personnes, etc.). Cette notion connaît

aujourd'hui de nombreuses extensions, en cours de standardisation, à d'autres entités que les URLs. Elle est à la base même des langages du W3C.

XML fournit une syntaxe pour décrire la structure du document, créer et manipuler des instances des documents. Il utilise l'espace de nommage (namespace) afin d'identifier les noms des balises (tags) utilisées dans les documents XML. Le schéma XML permet de définir les vocabulaires pour des documents XML valides. Cependant, XML n'impose aucune contrainte sémantique à la signification de ces documents, l'interopérabilité syntaxique n'est pas suffisante pour qu'un logiciel puisse "comprendre" le contenu des données et les manipuler d'une manière significative. Dans cette section, nous allons nous intéresser plus particulièrement aux langages RDF, RDFS et OWL.

■ *Le langage RDF*

Le langage RDF (Resource Description Framework) a été créé en 1999 par le W3C. Il s'agit d'un des formalismes standards de représentation de connaissances sur le Web et se présente sous une forme particulière du langage XML avec un langage sémantique spécifique. L'objectif du langage RDF est de rendre plus pertinent le traitement automatique des informations contenues sur le Web. Ce langage, en outre des mots clés contenus dans un document, fournit une information plus sémantique aux outils de traitement de l'information. Un autre objectif de RDF est de pouvoir manipuler et classer des métadonnées Web, afin de fournir des informations sur les ressources Web et les systèmes qui les utilisent. Par ailleurs, RDF permet de développer des modèles d'information ouverts et applicables à n'importe quel application. RDF contribue aussi à l'optimisation de la coopération entre applications, en permettant de combiner les données de plusieurs applications, pour générer de nouvelles informations.

Nous notons, toutefois, que le langage RDF n'est pas assez robuste pour exprimer tous les aspects sémantiques liés à un domaine en particulier. En effet, le langage RDF ne permet pas de définir un vocabulaire spécifique dédié à un contexte d'utilisation particulier. De plus, l'organisation des ressources ne permet pas d'utiliser des moteurs d'inférence pour déduire de nouveaux triplets, ils doivent donc être explicitement répertoriés, ce qui peut être laborieux même avec un outil permettant d'éditer des fichiers RDF [Cueilliez, 06].

■ *Le langage RDFS*

Pour pallier aux limites de RDF, Le W3C a proposé un nouveau langage appelé RDF Schéma (RDFS). RDFS ajoute à RDF la possibilité de définir des hiérarchies de classes et de propriétés dont l'applicabilité et le domaine de valeurs peuvent être contraintes à l'aide des attributs `rdfs:domain` et `rdfs:range`. A chaque domaine applicatif peut être ainsi associé un schéma identifié par un préfixe particulier et correspondant à une URI. Les ressources instances sont ensuite décrites en utilisant le vocabulaire donné par les classes définies dans ce schéma. Les applications peuvent alors leur donner une interprétation opérationnelle. On peut noter que RDFS n'intègre pas en tant que tel de capacités de raisonnement. Par contre, apparaissent des solutions de base de données dédiées à RDF(S), comme l'architecture Sesame [2] à laquelle est associé le langage de requête RQL. En fait RDF-Schema ne permet pas de représenter la connaissance de manière aussi formelle qu'en utilisant des ontologies. Pour cela, le langage doit être enrichi et de nouvelles contraintes doivent être ajoutées. Dans la section suivante, nous allons présenter le langage de représentation des ontologies OWL.

■ *Le langage OWL*

Il existe plusieurs langages de spécification d'ontologies (ou langage d'ontologies) qui ont été développés pendant les dernières années, et qui deviendront sûrement des langages d'ontologie dans le contexte du Web sémantique. Cependant, ceux qui sont proposés par W3C restent les plus utilisés dans la communauté du Web sémantique.

OWL est un langage pour représenter des ontologies dans le Web sémantique. C'est une extension du vocabulaire de RDF(S). Le langage OWL offre aux machines de plus grandes capacités d'interprétation du contenu Web que celles permises par XML, RDF et RDF schéma (RDFS), grâce à un vocabulaire supplémentaire et une sémantique formelle. Inspiré des logiques de descriptions (et successeur de DAML+OIL), OWL fournit un grand nombre de constructeurs permettant d'exprimer de façon très fine les classes de manière plus complexe correspondant aux connecteurs de la logique de description équivalente (intersection, union, restrictions diverses, etc.), les propriétés des classes définies (telles que la disjonction), la cardinalité (par exemple "exactement un"), plus des types des propriétés (propriétés d'objet ou d'annotation), des caractéristiques des propriétés (par exemple la symétrie, la transitivité), et des classes énumérées. Le langage d'ontologie OWL

est décliné en trois sous-langages possédant une expressivité ascendante à savoir :
OWL-Lite, OWL-DL et OWL-Full

- Le langage **OWL Lite** convient aux utilisateurs qui ont principalement besoin d'une hiérarchie de classification et de contraintes simples. OWL Lite n'autorise pas: Union, Cardinalité autre que 0 ou 1 (par exemple, on ne peut pas définir le concept personne ayant au moins deux enfants) on ne peut pas définir une classe par énumération (par exemple, on ne peut pas dire que la classe X est définie par l'ensemble des entités {X1, X2, X3} enfin, on ne peut pas déclarer des classes disjointes. Avec OWL Lite il y'a des limites sur l'utilisation de `rdfs:subClassOf`.
- Le langage **OWL DL** correspond à une logique de description expressive. Il convient aux utilisateurs qui demandent un maximum d'expressivité tout en maintenant la complétude (garantie de calculer toutes les conclusions) et la décidabilité (tous les calculs doivent fournir des résultats en un temps fini). OWL DL inclut tous les constructeurs du langage OWL, mais ils peuvent être utilisés seulement sous certaines restrictions. OWL DL est appelé ainsi en raison de sa correspondance avec les logiques de description.
- Le langage **OWL Full** convient aux utilisateurs qui demandent un maximum d'expressivité avec la liberté syntaxique de RDF sans aucune garantie de calcul. Par exemple, une classe peut être traitée comme une collection d'individus et en même temps peut être vue comme un seul individu. OWL Full permet aussi à une ontologie d'augmenter le sens du vocabulaire prédéfini (RDF et OWL).

Chacun de ces sous-langages représente une extension par rapport à son prédécesseur plus simple, à la fois par ce qu'on peut exprimer légalement et par ce qu'on peut conclure de manière valide [Benayache, 05] .

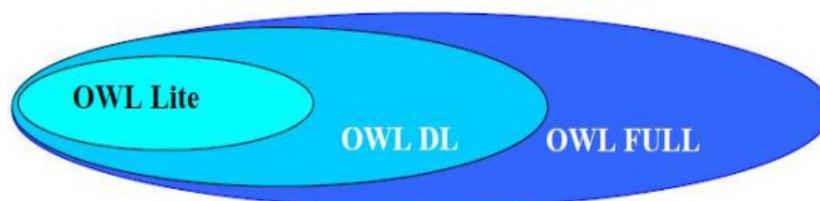


Fig.12. Les types du langage OWL

8. entrepôt de données

La définition classique d'un entrepôt de donnée proposée par [Inmon, 02] : *"Un Entrepôt de Données est une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles et historiées, organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision"*.

- Orientées sujet : les données doivent être classées par sujet ou par domaine ;
- Intégrées : les données sont le résultat de l'intégration de données en provenance de sources différentes et hétérogènes ;
- Historisées : l'entrepôt doit archiver les données dans leurs différentes versions ;
- Filtrées : l'entrepôt ne doit contenir que des données pertinentes.
- Non volatiles : les données sont stockées dans l'entrepôt et elles ne peuvent pas être modifiées.

Dans le domaine éducatif , certaines chercheurs sont déterminées à mieux utiliser les réseaux et les bases de données afin d'atteindre effectivement et efficacement l'objectif du développement éducationnel et professionnel. Une des façons qu'ils choisissent pour réaliser cet objectif est de rendre les ressources pédagogiques accessibles pour les éducateurs et les apprenants à travers des entrepôts d'objets pédagogiques .

Pour Downes [Downes, 02], il existe deux grands types d'entrepôts : les entrepôts qui contiennent à la fois les OPs et leurs métadonnées et les entrepôts qui ne contiennent que les métadonnées. Dans ce dernier cas, les OPs sont situés à un emplacement distant et l'entrepôt est utilisé comme un outil pour localiser les OPs. Dans le premier cas, le référentiel peut être utilisé à la fois pour localiser et livrer l'OP.

9. Quelques travaux liés

Différents travaux de la littérature s'intéressent à l'indexation ou l'annotation sémantique des ressources pédagogique pour permettre leur réutilisation , citons les projets suivants :

- Le projet *TRIAL-SOLUTION* [Buffa et al, 05]: l'objectif de ce projet est de développer des outils nécessaires afin de permettre aux utilisateurs finaux (enseignant, étudiant) en se basant sur des ressources désagrégé à partir de livres scientifiques existants , de construire des documents personnalisé. L'approche générale consiste à découper des livres électroniques en ressources pédagogiques élémentaires. Le

découpage de livre se fait grâce à un outil développé par la société Slicing Information Technology (SIT). Ce découpage est représenté sous forme d'un arbre où chaque nœud correspond à un objet pédagogique. Un outil d'annotation a été développé par TRIAL-SOLUTION qui permet d'indexer chaque nœud par les métadonnées et par des termes d'un thésaurus. Une fois la version électronique d'un livre découpée et annotée, elle est disponible sous la forme d'un entrepôt de ressources pédagogiques annotées ; les utilisateurs finaux peuvent alors assembler sous la forme de documents personnalisés des ressources recherchées sur la base des métadonnées qui leur sont associées. Cet entrepôt se base sur les annotations RDF du web sémantique. Son originalité est qu'il permet à l'enseignant de créer des cours sur mesure. La figure ci après présente une vue générale de plateforme.

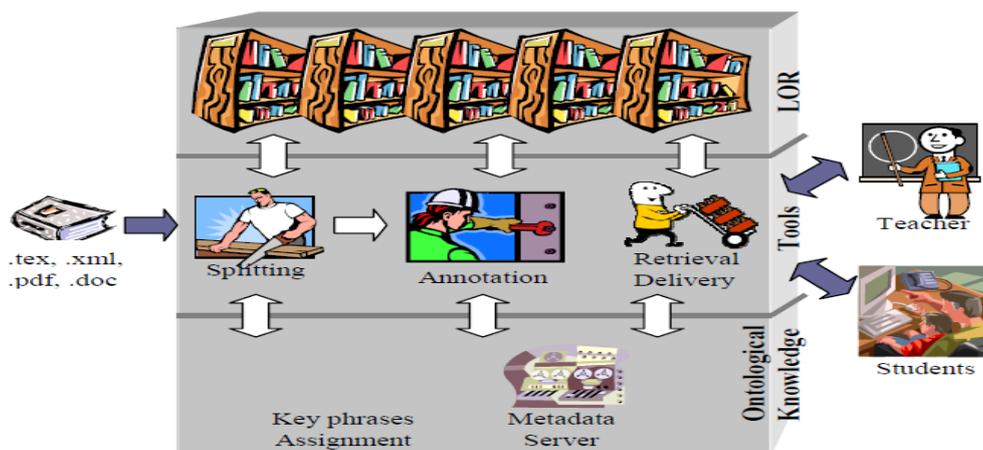


Fig.13. Plateforme TRIAL-SOLUTION

- Les travaux de [ILES, 11]: l'objectif de ce travail est de construire un modèle d'entrepôt distribué « EPOIS » qui permet l'indexation des objets pédagogiques, leur recherche et leur réutilisation de façon à répondre aux besoins des apprenants ou des enseignants de différentes universités. L'approche générale consiste à la modélisation d'un entrepôt pédagogique associé à une université, contenant des objets pédagogiques, leur description en métadonnées et leur description sémantique. Ainsi chaque université dispose de son propre entrepôt. Les métadonnées et les annotations de chaque entrepôt local sont dupliquées dans un entrepôt central et partagé, accessible à partir d'un serveur commun. L'accès aux OP disponibles dans les autres entrepôts locaux se fait via l'entrepôt partagé. L'architecture générale du modèle est représentée dans la fig.14.

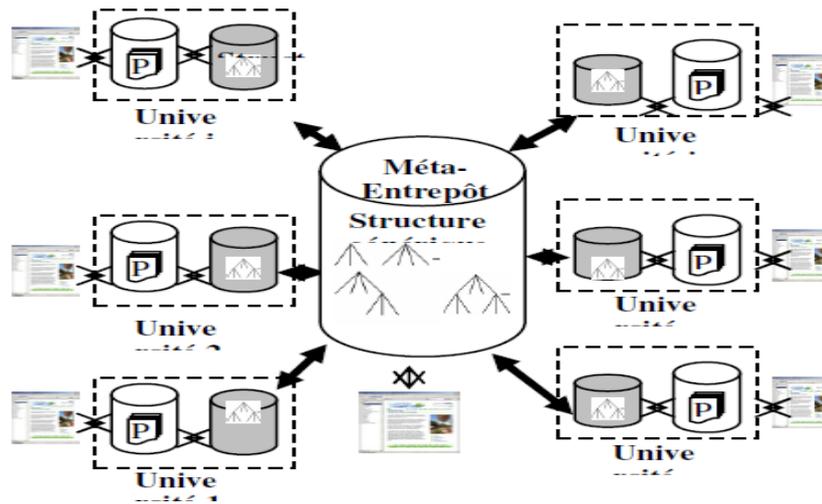


Fig.14. Entrepôt partagé « EPOIS »

- Le projet ALS-CPL [El Mezouary et al , 12] : l'objectif de ce projet est d'examiner l'intérêt de la granularité fine des objets pédagogique pour l'adaptation des parcours dans les systèmes hypermédia adaptatif .L'approche consiste à créer un entrepôt, contenant des objets pédagogique granulaires et leur description pour pouvoir mieux les manipuler que ce soit pour les rechercher, les réutiliser , pour les assembler avec d'autres OPs ou les diffuser de manière personnalisée à des apprenants. Pour la description ils ont proposé un modèle sémantique des OPs (ontologie) qui contient deux niveaux complémentaires : le niveau structurel et le niveau sémantique . Le système, ALS-CPL, devrait permettre de générer des contenus pédagogiques adaptatifs aux caractéristiques des différents apprenants. La figure ci après présente une vue générale de système .

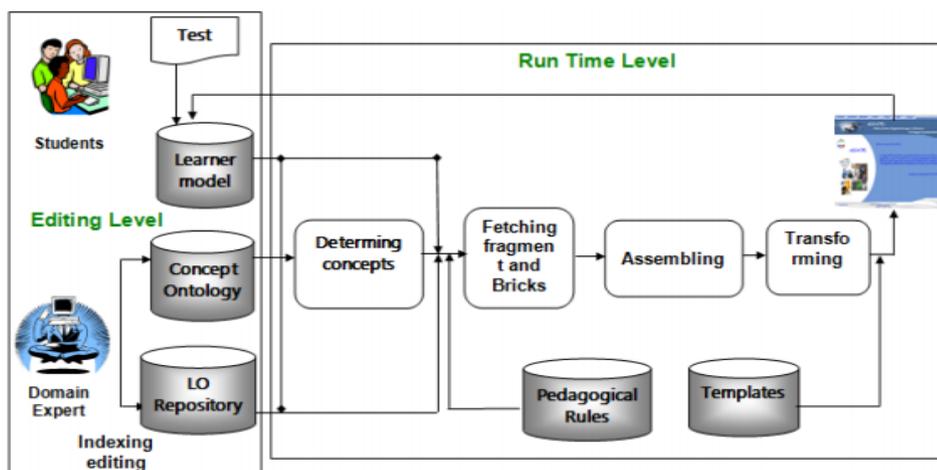


Fig.15. Architecture de système ALS-CPL

Les différents travaux cités se sont intéressés à la construction des entrepôts pédagogiques en se basant sur différentes façons d'annoter les OP et sur différentes approches: le projet Trial Solution sur les ontologie , les projets EPOIS et ALS-CPL sur les métadonnées LOM et sur les ontologies . Dans notre cas on va s'intéresser aux ontologies et aux profils d'applications (un assemblage de métadonnées LOM adaptées au contexte d'utilisation spécifique).

10. Conclusion

Ce chapitre a essayé de faire une mise au point sur les technologies utilisée pour permettre la réutilisation de contenu pédagogique , notamment les métadonnées LOM et les ontologies ainsi que quelques travaux dans le domaine de la réutilisation de ressources pédagogiques .

Nous avons commencé par présenter les définitions les plus répandues dans la littérature des ressources pédagogiques et objets pédagogiques. Après, nous nous sommes focalisés sur les OPs en présentant leurs propriétés , et la granularité fine. En suite, nous avons fait le tour des standards les plus répandus pour la création et l'indexation des contenus pédagogiques. Nous avons par la suite, passé en revue les métadonnées, les technologies associées et leurs apports pour la réutilisation des données dans les systèmes e-learning. A la fin de ce chapitre, nous avons présenté les entrepôts des objets pédagogiques ainsi que quelques travaux connexes dans le domaine de la réutilisation des données en e-learning .

Le chapitre suivant s'intéressera à la réutilisation des fonctionnalités e-learning : les services web e-learning et leur description sémantique pour l'automatisation de processus de découverte . Vu l'importance de la réutilisation des fonctionnalités et son impact indéniable dans la création des nouveaux systèmes e-learning , nous avons jugé intéressant de lui consacrer le chapitre suivant.

Chapitre

3

Réutilisation des fonctionnalités

E learning : Services Web

Chapitre 3

Réutilisation des fonctionnalités E-learning : Services Web

1. Introduction

Aujourd'hui nous sommes face à une prolifération des plateformes e-Learning dont les fonctionnalités se ressemblent en grande partie. Les efforts de standardisation dans ce domaine se concentrent beaucoup plus sur la réutilisation de contenu pédagogique que sur la réutilisation des fonctionnalités des plateformes d'apprentissage. Compte tenu du coût de production de telles fonctionnalités et de l'expertise nécessaire pour les produire, il est primordial de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables.

Le paradigme SOA a vu le jour dans le but de satisfaire le besoin de réutilisation. Ce paradigme SOA est l'un des modèles les plus prometteurs, en effet il adopte les avantages des autres paradigmes (l'orienté objet et l'orienté composant), tels que l'encapsulation et la modularité, et ajoute d'autres concepts, tels que le couplage faible et l'interopérabilité [Hedjila, 14]. Le paradigme SOA possède plusieurs implémentations (OSGI [OSGI alliance,05], services Web [Curbera et al,02].etc). Dans cette étude, nous nous intéressons uniquement aux Web services, qui représentent la concrétisation la plus répandue.

Cependant, le haut degré d'interopérabilité technique fournie par les Web services instaure le besoin d'introduire la sémantique dans cette technologie afin d'automatiser les différentes phases de leur cycle de vie, tout particulièrement la phase de découverte. La technologie du Web sémantique se présente alors comme une solution pour faciliter la découverte et la manipulation automatique (par ordinateur) des Web services et la naissance du concept des Web services sémantiques comme fruit de la convergence entre les Web services et le Web sémantique. En effet, son ultime objectif est de rendre les Web services plus accessibles à la machine en automatisant les différentes tâches qui facilitent leur utilisation.

Dans ce chapitre nous présentons l'architecture orientée services et ses différentes caractéristiques. Nous exposons aussi la notion de Web services et ses concepts sous jacents. Après, nous présentons la problématique de la réutilisation des fonctionnalités e-learning et quelques travaux de recherches dans ce domaine. Nous présentons également quelques Approches de description de services web ainsi que quelques stratégies de découverte proposées dans la littérature.

2. SOA (Service Oriented Architecture)

Le paradigme SOA a été proposé par Yefim V. Natis analyste du Gartner Group dès 1994 [Natis, 94]. L'Architecture Orientée Service permet de construire des applications logicielles utilisant des services disponibles dans un environnement distribué. Elle se base sur le principe des couplages faibles entre les composants logiciels pour permettre leur réutilisabilité. Les applications sont composées de services ayant des interfaces bien définies indépendantes de leurs techniques d'implémentation. C'est ainsi que l'Architecture Orientée Service fournit des réponses instantanées aux demandes des clients à travers des services qui offrent des fonctionnalités métier utilisées dans différentes applications ou processus métier [Zhao et al, 05].

D'autres définitions proposées par différents experts du domaine peuvent être trouvées dans la littérature, [Dodani, 04] propose la définition suivante: "L'architecture orientée service est un paradigme qui permet l'intégration d'applications et de ressources de manière flexible en : (1) représentant chaque application ou ressource sous la forme d'un service exposant une interface standardisée, (2) permettant à un service d'échanger des informations structurées (messages, documents, objets métier), (3) coordonnant et organisant les services afin d'assurer qu'ils puissent être invoqués et utilisés de manière efficace".

Selon [bachtarzi,14], l'architecture orientée services est un style architectural pour la conception, le développement, le déploiement et la gestion de systèmes logiciels distribués qui délivre des fonctionnalités d'application sous forme de services interopérables, soit à l'utilisateur final ou à d'autres services.

2.1. Service

Le service est la brique de base de la SOA. Il représente une entité logicielle fonctionnelle déployée et invocable à distance. Le concept de service est actuellement le sujet de définitions très variées.

- « Un service, dans le cadre des architectures orientées services, expose une partie de la fonctionnalité fournie par l'architecture et respecte trois propriétés : (1) le contrat du service est exposé dans une interface indépendante de toute plateforme, (2) le service peut être dynamiquement localisé et invoqué, (3) le service est autonome et sait maintenir son propre état courant ». [Hashimi, 03].
- « Un service permet d'exposer une ou plusieurs fonctionnalités, offertes par un fournisseur, à des clients potentiels ». [pourraz,07]
- un service est défini comme une entité qui représente certaines fonctionnalités (application fonctionnelle, transaction commerciale, un service du système de base, etc.) exposée en tant que composant d'un processus métier. Un service est défini à l'aide d'une interface qui expose les fonctionnalités et masque les détails de mise en œuvre sous-jacents. Le service doit être sans état pour assurer qu'il ne dépend pas de l'état ou du contexte d'autres services. Les services sont appelés via des protocoles de communication bien définis qui mettent l'accent sur l'interopérabilité et la transparence de localisation. [Dodani,04]

Dans ce qui suit, nous allons définir le concept de service Web ainsi que les différents standards qui entourent cette technologie.

3. Architecture orientée service Web (WSOA)

Les services Web sont une implémentation particulière de l'architecture SOA. Les Services Web sont des composants logiciels interopérables permettant la communication et l'échange de données entre applications et systèmes hétérogènes dans des environnements distribués. Les spécifications des services Web sont complètement indépendantes des langages de programmation, des systèmes d'exploitation et de matériel spécifique. Ceci pour permettre un couplage faible entre les consommateurs de services et les fournisseurs. Les services Web sont basés sur des technologies ouvertes

telles que XML (eXtensible Markup Language) [XML], SOAP (Simple Object Access Protocol) [SOAP], UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [UDDI] et WSDL (Web Services Description Language) [WSDL]. L'utilisation de standards ouverts offre une large interopérabilité entre les différents fournisseurs de solutions (services) [Bachtarzi,14].

3.1. Définition de Service web

Les services web représentent un mécanisme de communication entre applications distantes à travers le réseau internet indépendant de tout langage de programmation et de toute plateforme d'exécution. Les services web ont été proposés initialement par IBM et Microsoft, puis en partie standardisés par le W3C (le consortium du World Wide Web). Plusieurs définitions des services web ont été proposées dans la littérature.

D'un point de vue technique, un service Web est une entité logicielle offrant une ou plusieurs fonctionnalités allant des plus simples aux plus complexes. Ces entités sont publiées, découvertes et invoquées à travers le web grâce à l'utilisation d'internet comme infrastructure de communication ainsi que de formats de données standardisés comme XML [Dress,11].

Selon IBM¹

« Les services web sont la nouvelle vague des applications web. Ce sont des applications modulaires, auto-contenues et auto-descriptives qui peuvent être publiées, localisées et invoquées depuis le web. Les services web effectuent des actions allant de simples requêtes à des processus métiers complexes. Une fois qu'un service web est déployé, d'autres applications (y compris des services web) peuvent le découvrir et l'invoquer ».

Les deux premières définitions affirment que les services web sont accessibles par d'autres à travers le web en utilisant des protocoles et des formats standards, mais elles ne mettent pas en évidence les technologies utilisées pour mettre en œuvre un service web.

¹ IBM Web services tutorial. Online: <http://www-106.ibm.com/developerworks/webservices/>.

Selon le W3C¹

« Un service web est un système logiciel identifié par une URI et conçu pour supporter l'interaction interopérable de machine à machine sur un réseau. Il possède une interface décrite dans un format exploitable par la machine, c.à.d décrite en WSDL (web Services Description Language). D'autres systèmes interagissent avec le service web d'une façon prescrite par sa description en utilisant des messages SOAP (Simple Object Access Protocol), typiquement en utilisant HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) avec une sérialisation XML en même temps que d'autres normes du Web ».

Dans cette dernière définition, le W3C met en évidence les technologies et leurs rôles pour mettre en œuvre un Service Web. Cette définition ne mentionne pas la découverte de Services Web.

Une définition plus raffinée des services web est : Un service web est un composant applicatif (programme) mis à la disposition d'autres systèmes sur le Web . Un service web dispose de méthodes que l'on peut invoquer à distance en utilisant des protocoles standards (HTTP, etc.). Les services web présentent l'avantage d'être indépendants des plateformes et réutilisables. Un service web est décrit par une description WSDL (Web Service Description Language) au format XML qui est enregistré dans des registres UDDI (Universal Description Discovery and Integration). Les autres systèmes (web services, applications...) communiquent avec les services web en utilisant des messages SOAP, au format XML, transmis avec le protocole HTTP [Rabahallah et al , 15a].

3.2. Intérêt des services Web

Les services web fournissent un lien entre applications. Ils sont normalisés car ils utilisent les standards XML et HTTP pour transférer des données et sont compatibles avec de nombreux autres environnements de développement. Ils sont donc indépendants des plates-formes. Ainsi, des applications utilisant des technologies différentes peuvent envoyer et recevoir des données au travers de protocoles compréhensibles par tout le monde. C'est dans ce contexte qu'un intérêt très particulier a été attribué à la conception des services Web puisqu'ils permettent aux entreprises d'offrir des applications accessibles à distance par d'autres entreprises [Amrane,15] .

¹www.w3c.org

Ils sont un concept clé de l'approche SOA .Ils fournissent diverses fonctionnalités qui peuvent être accessibles via le réseau. Dans la vision SOA, le développement de systèmes logiciels peut être effectué rapidement et à faible coût.

Dans le domaine e-learning , ils sont utilisé comme un moyen de faciliter le développement de nouveaux systèmes , au lieu de construire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web e-learning existants. Ceci permet de réduire considérablement le temps, les efforts et les coûts nécessaire au développement de nouveaux systèmes e-learning [Rabahallah et al , 15b].

3.3. Architecture des services web

Nous allons présenter l'architecture de base des services web tel que proposée par IBM. Cette architecture comporte trois entités: le fournisseur de service, l'annuaire de services et le client ou utilisateur du service (Cf. Figure 16).

- **Le client** : C'est une application qui requière un service. C'est l'entité qui initie la localisation du service dans l'annuaire, interagit avec le service à travers un protocole et exécute la fonction exposée par le service.
- **Le fournisseur de service** : c'est une entité adressable via un réseau, il accepte et exécute les requêtes venant d'un client. Le fournisseur de service publie le contrat de service dans l'annuaire pour qu'il puisse être accédé par les clients.
- **L'annuaire de service (UDDI)** : est un annuaire qui contient les services disponibles. C'est une entité qui accepte et sauvegarde les contrats du fournisseur de service et présente ces contrats aux éventuels clients.

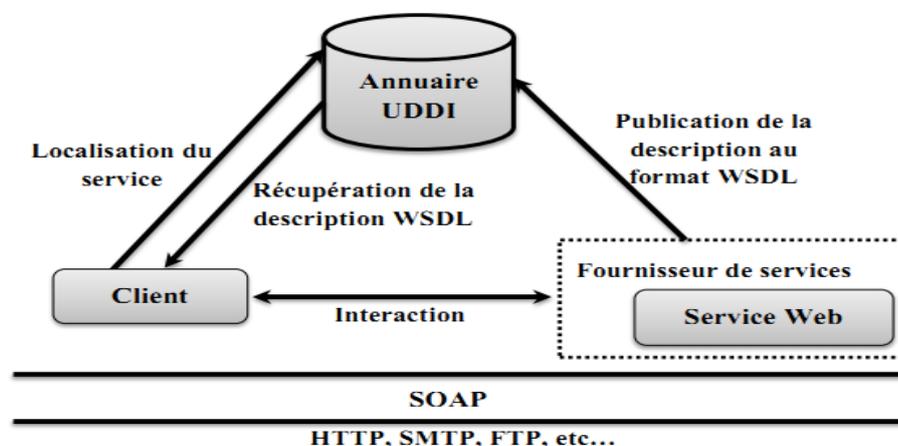


Fig.16. Publier, Trouver, Invoquer

Le fournisseur de services définit la description de son service et la publie dans un annuaire de service UDDI qui peut être public ou privé. Le client utilise les facilités de recherche disponibles au niveau de l'annuaire pour retrouver et sélectionner un service donné. Il récupère ensuite les informations nécessaires sous format WSDL, à partir de la description du service sélectionné, lui permettant de se connecter au fournisseur du service et d'interagir avec l'implémentation du service considéré. La communication entre le demandeur de service et le fournisseur est assurée par le protocole SOAP et les autres protocoles de communication. Le demandeur de service envoie une requête SOAP vers le fournisseur de service, cette requête est véhiculée par le HTTP jusqu'au fournisseur. Ensuite le web service du fournisseur renvoie sa réponse au demandeur sous la forme d'un document XML via SOAP et HTTP.

3.4. Les standards des services Web

Afin de permettre le développement des applications distribuées à travers Internet, les services Web utilisent des standards développés autour des standards HTTP et XML. Pour cela, la communication est réalisée en utilisant le standard SOAP, la description du service est réalisée par le standard WSDL et les registres de services utilisent le standard universel UDDI. Les organisations de standardisation pour les services Web les plus connues sont OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) et W3C (World Wide Web Consortium).

Dans cette section, nous allons présenter d'abord le langage XML. Après nous définirons les différentes couches horizontales illustrées dans la Fig.17 qui décrit la pile de langages et de protocoles des services web. Il est à noter que les couches verticales présentées dans cette même figure sortent du cadre de ce mémoire.

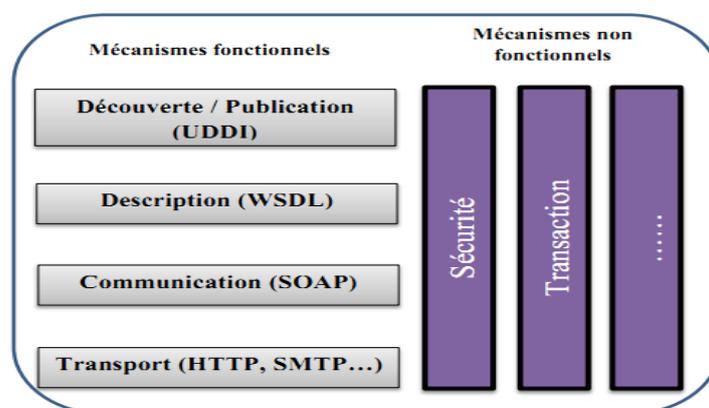


Fig.17. La pile protocolaire simplifiée des services web [chemaa, 14]

3.4.1. *Le langage XML (Extensible Markup Language)*

XML constitue la technologie de base des architectures Web services ; c'est un facteur important pour contourner les barrières techniques. XML est un standard qui permet de décrire des documents structurés transportables sur les protocoles d'Internet. En effet, il apporte à l'architecture des Web services l'extensibilité et la neutralité vis à vis des plateformes et des langages de développement.

La technologie des Web services a été conçue pour fonctionner dans des environnements totalement hétérogènes. Cependant, l'interopérabilité entre les systèmes hétérogènes demande des mécanismes puissants de correspondance et de gestion des types de données des messages entre les différents participants (clients et fournisseurs). C'est une tâche où les schémas de type de données XML s'avèrent bien adaptés. C'est pour cette raison que la technologie des Web services est essentiellement basée sur XML ainsi que les différentes spécifications qui tournent autour (les espaces de nom, les schémas XML, et les schémas de Type) [Melliti,04].

3.4.2. *Couche de Transport*

Cette couche s'intéresse aux protocoles de transport de bas niveau, ces derniers vont transporter les requêtes et les réponses échangées entre services. Le protocole le plus utilisé (et recommandé par le consortium « Web Service Interoperability») est l'HTTP, mais d'autres implémentations peuvent utiliser un autre ensemble de protocoles tels que : FTP, SMTP, JMS (java messagerie services),etc.

3.4.3. *Couche de Communication (SOAP)*

La communication par messages constitue un point central dans toutes architectures orientées service web afin de coller au paradigme SOA , en particulier promouvoir un faible couplage. Les messages qui transitent au sein d'une architecture orienté service Web sont, en général, basés sur XML afin de permettre l'échange de données structurées, indépendamment des langages de programmation ou des systèmes d'exploitation. Les types de données utilisés sont eux aussi basés sur XML, c'est ce qu'on appelle l'encodage [pourraz, 07].

❖ SOAP

SOAP (Simple Object Access Protocol) [Gudin et al, 2003] est un protocole d'échange de message indépendant des plateformes, c'est un produit de Microsoft et IBM. Sa première version a été acceptée par le W3C (World Wide Web Consortium) en 2000. Il est constitué de deux parties : une enveloppe XML, et un entête d'un protocole de transport. La

spécification du protocole SOAP ne donne aucune indication sur le mécanisme de transport du message.

SOAP fait une séparation entre le message (i.e. le document XML) et le moyen de transport utilisé. Actuellement, SOAP utilise les protocoles HTTP, SMT ou SMTP pour assurer le transport. L'enveloppe XML contient à son tour trois sous éléments :

- L'entête « Header » : qui est optionnel et qui contient des informations d'entête
- L'élément « Body » : est obligatoire, il contient les éléments suivants :
 - ✓ Soit le nom de méthode, avec les données correspondantes, ou un simple document XML, pour le cas d'une requête.
 - ✓ Soit les valeurs de retour pour le cas d'une réponse.
- L'élément « Fault » : qui est optionnel et qui fournit des informations sur d'éventuelles erreurs survenues lors de l'analyse du message

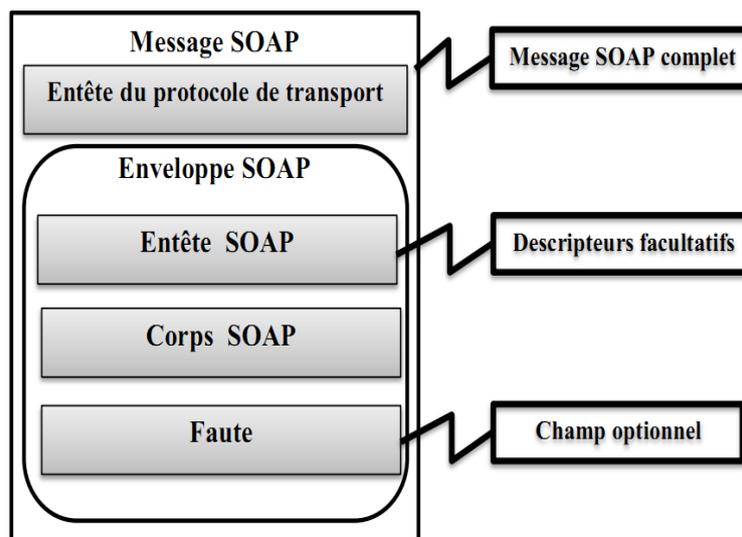


Fig.18. Schéma d'un message SOAP

3.4.4. La couche de Description (WSDL)

Parmi les nombreux objectifs de l'Architecture Orientée Services est que les briques de base de l'implémentation (les services) puissent être réutilisées dans d'autres systèmes. Cette réutilisation est conditionnée par le fait que chaque service utilisé dans un système basé sur une SOA doit être, au préalable, décrit par son fournisseur. WSDL (Web Service Description Language) est un format de description des Web services fondé sur XML, il décrit un service à travers une interface présentant un ensemble d'opérations et leurs

paramètres d'entrée et de sortie respectifs. L'interface WSDL décrit la fonctionnalité accomplie par le service (ce que le service fait) mais il ne décrit pas les modalités d'accomplissement de cette fonctionnalité (comment le service le fait) [Lahoud,10],[Bachtarzi ,14].

Le W3C a défini notamment les catégories d'informations à prendre en compte dans la description d'un service Web. Les éléments décrits dans WSDL sont principalement les suivants :

- les opérations proposées par le service Web;
- les données et messages échangés lors de l'appel d'une opération ;
- le protocole de communication ;
- les ports d'accès au service.

Le standard WSDL offre une description sur deux niveaux : une description abstraite décrivant la fonction abstraite offerte par un service et une description concrète décrivant comment et où accéder à cette fonction[Chinnici et al, 07] .Le niveau abstrait est utilisé principalement lors du processus de sélection tandis que le niveau concret est plutôt utilisé lors de l'invocation des opérations du service Web. La Fig.19 représente la spécification WSDL.

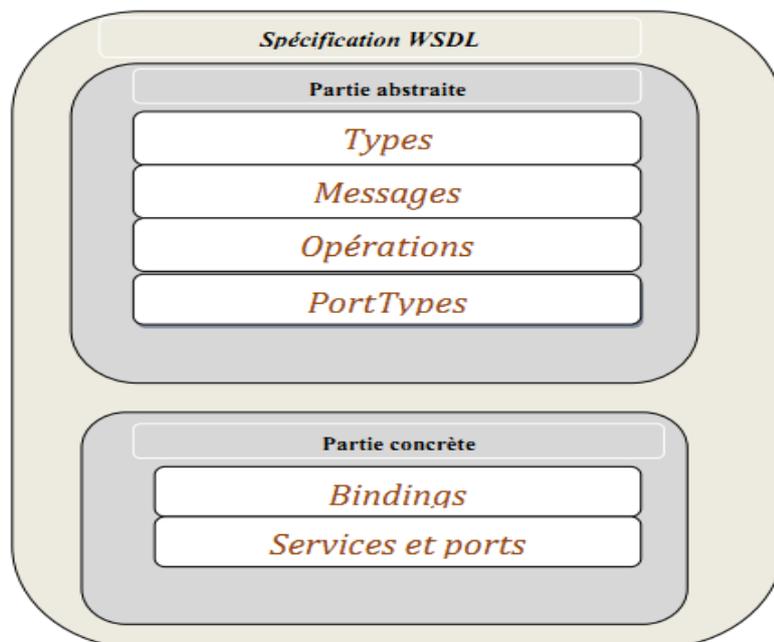


Fig.19. Les éléments de l'interface WSDL

■ *Description abstraite*

Le niveau abstrait décrit les informations propres aux opérations proposées par le service ainsi que les informations traitant les messages et les données échangés lors de l'invocation du service. Ce niveau décrit les informations suivantes :

- ❖ `<types>` : L'élément « types » décrit tous les types de données complexes utilisés entre le client et le serveur. WSDL n'est pas exclusivement lié à un système de typage spécifique, mais il utilise la spécification W3C XML Schéma comme choix par défaut. Si le service utilise uniquement des types simples, tels que les chaînes de caractères et les entiers, l'élément types n'est pas requis.
- ❖ `<message>` : L'élément « message » décrit les messages échangés par le service (les messages entrants et sortants). Il est composé d'un ou plusieurs éléments nommés `<part>`, ces derniers peuvent faire référence à des paramètres d'entrée ou à des valeurs de retour.
- ❖ `<portType>` : L'élément « portType » représente une collection d'opérations. Une `<operation>` est une action abstraite accomplie par le service. Elle peut contenir éventuellement les sous éléments `<input>` et /ou `<output>` décrivant respectivement le message d'entrée et le message de sortie.

Un client souhaitant invoquer un service Web particulier doit en plus des informations contenues dans le niveau abstrait, connaître comment et où les messages échangés seront envoyés. Cet échange de message se fait conformément aux spécifications de la partie concrète du modèle WSDL notées à travers des éléments "binding".

■ *Description concrète*

Les principales informations décrites au niveau concret sont les suivantes :

- ❖ `<Bindings>` : est élément qui définit le lien entre les différents `<portTypes>` et les protocoles utilisés .
- ❖ `<Ports>` : définit un point d'accès au service défini par une adresse réseau .
- ❖ `<Services>` : contient plusieurs éléments `<Ports>`, contenant chacun un nom, une URL de point d'accès et une référence à une liaison donnée.

WSDL 1.1 a été proposé en 2001 au W3C pour standardisation. La version 2.0 a été recommandée en 2007 et elle est désormais une recommandation officielle du W3C. WSDL 2.0 a apporté quelques changements à la version WSDL 1.1, ils sont résumés comme suit :

- <portType> est devenu <interface>.
- <port> est remplacé par <endpoints>.
- <message> est supprimé et l'élément <xs :element> est utilisé pour spécifier les données échangées.

3.4.5. Couche de publication et Découverte (UDDI)

UDDI (Universal Description, Discovery and Integration) [Clement et al, 04] (pour la version 3.0.2) définit un modèle de représentation des données et des métadonnées nécessaires à la découverte des services. Est une spécification d'annuaires de services web, cette norme W3C propose un ensemble de structures à publier par les fournisseurs de services. Ces structures sont formalisées en XML, elles proposent 03 types d'informations (voir la Fig.20) :

- a. Les **pages blanches** : qui décrivent les informations de contacts sur les entreprises.
- b. Les **pages jaunes** : qui décrivent des informations de classification de services.
- c. Les **pages vertes** : qui donnent des informations techniques des services.

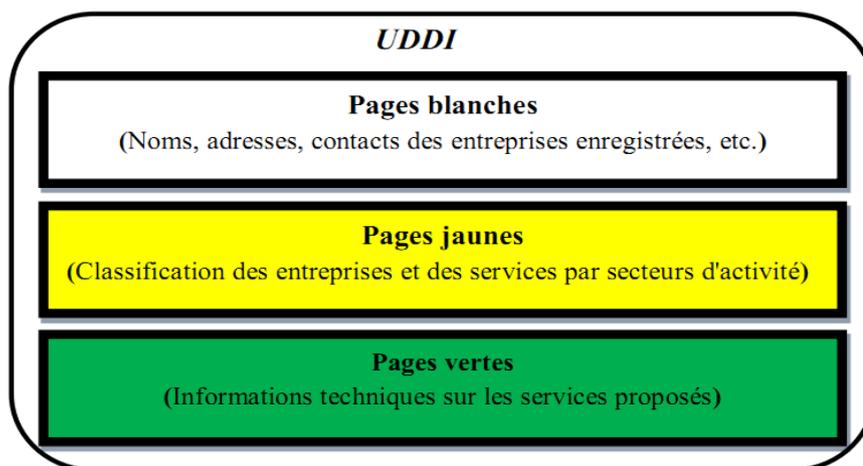


Fig.20. Le contenu de l'annuaire UDDI

La norme UDDI offre aussi une API aux applications clientes, pour rechercher des services et/ou ses fournisseurs, ajouter ou modifier des services ou des entreprises. Nous distinguons deux types d'annuaires UDDI (publiques et privés).

Les structures de données d'un UDDI sont illustrées dans la Fig.21

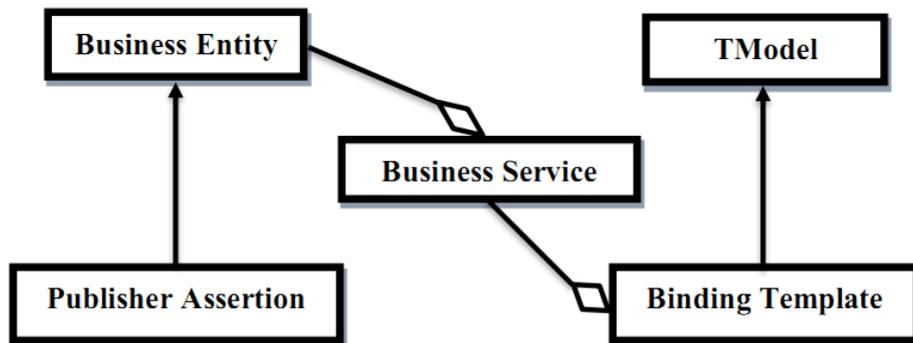


Fig.21. Les structures de données d'UDDI.

- La partie « **pages blanches** » : est constituée de deux éléments <businessEntity> et <publisherAssertion>.
 - ✓ <businessEntity> donne des informations de contact sur l'organisation fournissant les services (les noms des dirigeants, les emails, les numéros de téléphones, le site web, etc.).
 - ✓ <publisherAssertion> spécifie les liens d'affiliation entre deux entreprises (mère et fille). Lorsque deux éléments <businessEntity> référencent la même <publisherAssertion>, nous parlons de relation d'affiliation entre ces <businessEntity>.
- La partie « **pages jaunes** » : est constituée des éléments <businessService> ou <serviceEntity>.
 - ✓ <businessService> décrit un ensemble de services fournis par une organisation (le nom du service, la description textuelle, les informations de classification). Un <businessService> est un sous élément de <businessEntity>.
- La partie « **pages vertes** » : est constituée des éléments <bindingTemplate> et <tModel>.
 - ✓ <bindingTemplate> spécifie des informations techniques, telles que l'URI du service. Un <bindingTemplate> est un sous élément de <businessService>.
 - ✓ <tModel> définit des structures d'informations techniques telles que l'interface WSDL, les taxonomies industrielles, les ontologies, etc. Un élément <tModel> peut être réutilisé par plusieurs éléments <bindingTemplate>.

4. Services Web e-learning

Les technologies des web services sont utilisées dans de nombreux domaines à savoir : services dédiés au commerce en ligne (e-Enterprise, e-Business), à la recherche scientifique (e-Science), à l'éducation (e-Learning), ainsi que ceux dédiés aux citoyens (e-Government, e-Democracy), etc. Dans notre cas on s'intéresse au domaine e-learning, pour cela nous présentons ici quelques travaux de recherches dans le domaine de la réutilisation des fonctionnalités pédagogiques .

4.1. Systèmes à base de Services Web

Différents travaux de la littérature s'intéressent à la réutilisation des fonctionnalités dans le domaine e-learning , citons les projets suivants :

- Dans [Vossen et al, 03] , le système d'apprentissage est vu comme un ensemble d'activités qui peuvent être modelées comme processus et comme web services, à savoir la création de contenu, la configuration de contenu dans des cours, la gestion des LO (Learning Object), la mise à jour de contenu, la gestion et l'enregistrement d'apprenant, l'adaptation de contenu, profil et suivi d'apprenant, le test des connaissances acquises, etc. En se basant sur le principe des web services, tous les LOs, classes, et cours, qui peuvent être stockés sur différents serveurs, enregistrent leurs offres dans un annuaire central avec une information additionnelle sur le contenu du matériel d'apprentissage. La plateforme peut appeler un web service, qui est enregistré dans l'annuaire, pour utiliser ses fonctionnalités. La figure suivante montre le principe :

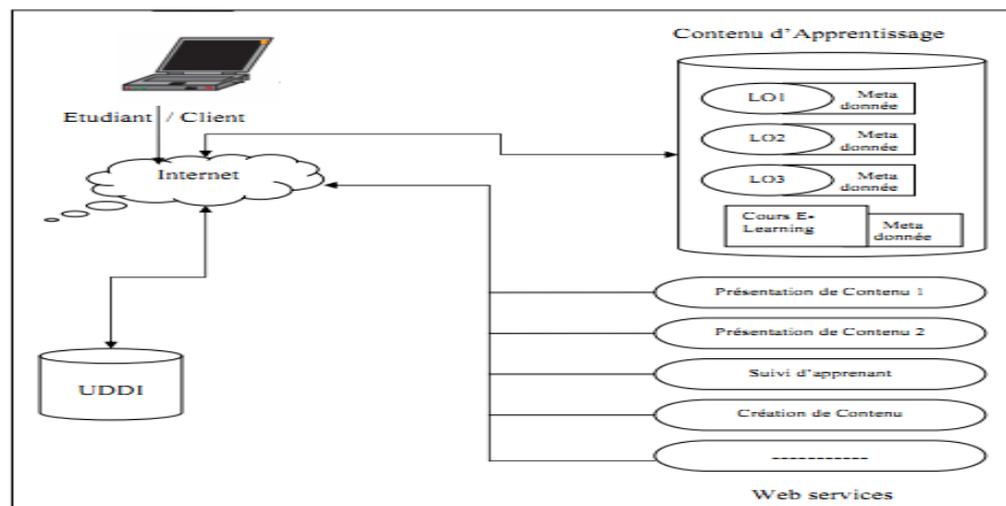


Fig.22. Plateforme e-learning comme web services. [vossen et al, 03]

Les systèmes traditionnels importent les objets d'apprentissage (LOs) vers leur propre base de données afin de les utiliser, mais avec ce système LearnServe l'utilisation des LOs a, aussi, devenu dynamique. Ceci permet au système d'éviter le problème du non disponibilité des LOs. Un annuaire de contenu central est employé afin de permettre aux auteurs de réduire la charge de travail en offrant la possibilité de créer des cours en réutilisant le contenu des autres auteurs. Avec ce système, on trouve deux types différent de web services, internes et externes. L'auteur peut choisir, en effectuant une recherche dans l'annuaire UDDI, un service pour la création de contenu. Le système appelle le service trouvé, et l'auteur peut créer le contenu à l'aide du module choisi. A la fin de la création, l'auteur doit enregistrer le nouveau LO à l'annuaire de contenu central et le stocker sur un serveur. En fin de compte, l'auteur peut choisir de créer un autre LO ou accomplir une tâche différente comme créer des cours à partir des LOs existants. Ce processus peut être divisé en deux sous – processus, à savoir la création d'un LO et la publication de ce LO, les deux actions peuvent être mises en application en tant qu'un web service atomique. Pour le lecteur, il a besoin juste d'un web browser pour utiliser le système et il ne connaît pas quelle partie de la plateforme fait partie du serveur du système et quelle partie est juste un web service inclus.

- les travaux de [Moon Ting Su et al ,07] ; vise à construire un ensemble de Web services e-learning. Les services web développés comprennent l'évaluation, la gestion de cours, classement, annotation, métadonnées, Enregistrement, compte rendu, etc. Dans le service web annotation, les rubriques peuvent être définies pour aider à l'estimation de l'évaluation. Le service web métadonnées, Learning Object Metadata (LOM) est appliqué pour capturer la description des objets pédagogique. Ces services Web sont très en demande, très utiles et importantes comme fonctionnalités dans les systèmes e-Learning . Par la suite, au lieu de construire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web liés à l'e-learning, la Fig. illustre l'architecteur design de ces services web e-learning.

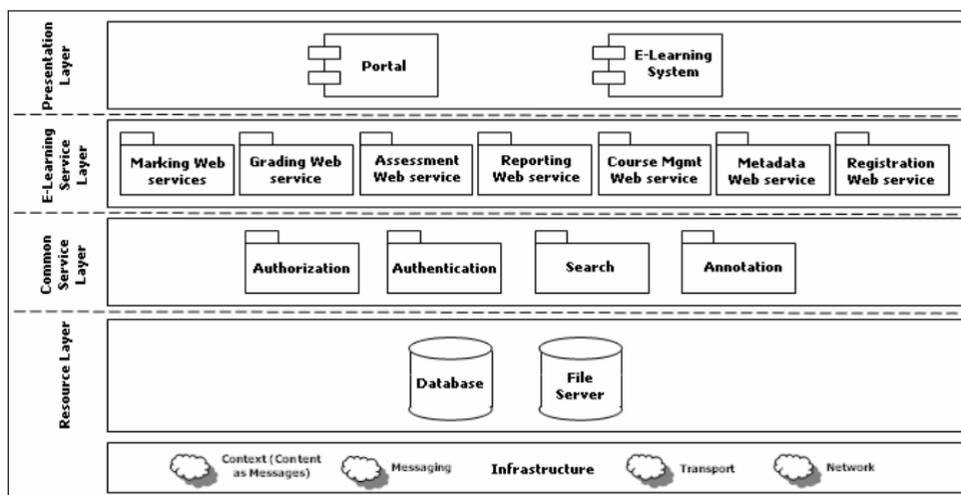


Fig.23. Architecture conceptuelle des services web e-learning

■ Synthèse

Les différents travaux cités se sont intéressés à la construction des Services web e learning mais la mise à disposition des services web e-learning n'est pas suffisante pour garantir leur réutilisation. La première approche [Vossen et al, 2003] a comme principe la création des services web e-learning plus la description WSDL , la deuxième approche [Moon Ting Su et al, 2007] est limitée juste à la création des SWE . Les deux approches ont comme points forts : simple et facile à implémenter et comme points faibles : pas de personnalisation dans les données générées par le service et pas de description sémantiques des services web e-learning pour faciliter leur découvertes.

Approche	Principe	Points forts	Points faibles
(Vossen et al, 2003)	Création SW E +description WSDL	Simple, facile à implémenter	-pas de personnalisation -Pas de sémantique
(Moon Ting Su et al, 2007)	Création SWE	Simple, facile à implémenter	-pas de personnalisation -Pas de sémantique

4.2. entrepôt de services web e-learning

En se basant sur les définitions citées dans le chapitre 2, nous définissons l'entrepôt de services web e-learning comme étant : « une source de description sémantique de services web e-Learning distribués dans les différents établissements de formation, orientés-sujets, filtrés,

intégrés et historiés (version), organisés comme support pour la publication, la découverte (recherche), et la réutilisation des services web e-Learning.

Nous décrivons dans ce qui suit les termes essentiels de cette définition :

- Orientés-sujet : grâce aux concepts de l'ontologie de services, les services web e-learning peuvent s'organiser par formation ou domaine. Cette spécificité permet de faciliter la recherche, l'interrogation et l'analyse
- Filtrés : l'entrepôt ne contient que les descriptions sémantiques de services web e-learning pertinentes.
- Intégrés : Les descriptions sémantiques de l'entrepôt sont le résultat de publication de services web distribués dans les différents établissements d'enseignement.
- Historiés : l'entrepôt doit permettre l'historisation des descriptions sémantiques « archivage » de façon fiable, durable et sécurisé.

Les services web e-learning sont produits en quantités très importantes et qui nécessitent d'être archivées de manière pérennes et indexés pour pouvoir être retrouvées.

4.3. Objectif de l'entrepôt de services web

Les entrepôts de services web e-learning doivent permettre d'éviter les inconvénients des moteurs de recherches qui ne permettent pas des interrogations précises et aussi considérer comme un moyen pour rassembler les services web e-learning . Parmi les objectifs de notre modèle :

- Constituer des base de données relatives aux « services web e-learning ». Exemple : entrepôt des services web e-learning pour la formation informatique, électronique, littérature.
- Faciliter la mise à jour et la réutilisation
- Abaisser les coûts, temps, efforts de construction des fonctionnalités pédagogiques
- Fournir un meilleur accès aux fonctionnalités pédagogiques
- Faire des recherches avec des critères sémantiques « recherche multicritères ».
- Faciliter la création des nouveaux systèmes e-learning par la réutilisation des fonctionnalités e-learning existantes.

Toutefois, le mécanisme de découverte soutenu par le standard UDDI qui fournit une interface de recherche syntaxique basée sur les mots-clés, n'est pas assez puissant pour la découverte automatisée des services. Ceci est dû au manque de considération de la sémantique dans le processus de découverte adopté. En effet, d'éventuels problèmes d'hétérogénéités sémantiques peuvent apparaître aux moments de la découverte, de la composition et même de l'invocation. La réponse à de telles exigences d'interopérabilité sémantique a été apportée par les services Web sémantiques qui combinent le web sémantique et la technologie des services Web afin de permettre une interaction automatique et dynamique entre les systèmes. Ainsi, les machines peuvent coopérer grâce à des interfaces de services Web décrites explicitement avec une sémantique basée sur des ontologies de référence. Ceci offre aux services Web, d'une part, une description sémantique aussi compréhensible par les agents logiciels que par les utilisateurs humains, et d'autre part, une interprétation correcte des informations envoyées et reçues dans le cadre de la découverte, de l'invocation et de la composition [Berners-Lee et al., 01].

5. Les web services sémantiques

Les services web sémantiques sont des services web décrits de telle sorte qu'un agent logiciel puisse interpréter les fonctionnalités offertes par le service web. Un agent logiciel doit être capable de lire la description d'un service web pour déterminer si le service web fournit les fonctionnalités désirées, et s'il est lui-même capable d'utiliser ce service. Pour aboutir à cette fin, la description du service web doit être complétée en information sémantique interprétable par machine. Les paramètres du service web doivent être décrits de façon qu'un agent logiciel puisse connaître leur signification. Cela peut s'accomplir en définissant les vocabulaires organisés en ontologies.

6. Approches de description de services Web

Nous distinguons deux niveaux de description pour les services Web à savoir syntaxique et/ou sémantique. Les spécifications introduites par [Chinnici et al,02] ont mis l'accent sur le besoin fonctionnel décrit à un niveau purement syntaxique.

6.1. Approches de description syntaxique

Le langage WSDL est notamment un standard W3C utilisé comme langage de base dans l'industrie pour la description des services Web implémentant des architectures du SOA.

Il est limité au niveau de description syntaxique. Les éléments décrits dans WSDL sont principalement les suivants :

- les opérations proposées par le service Web;
- les données et messages échangés lors de l'appel d'une opération ;
- le protocole de communication ;
- les ports d'accès au service.

6.2. Approches de description sémantique.

L'interface WSDL, cités précédemment n'est pas suffisante pour décrire de manière formelle les capacités d'un service. Par exemple, il est possible de trouver deux opérations (i.e. deux interfaces WSDL) qui ont les mêmes paramètres d'entrées/sorties (les noms et les types), mais ils font des fonctions différentes, nous pouvons trouver aussi des opérations ayant des paramètres différents, mais qui font des fonctions similaires.

Pour lever ces ambiguïtés la communauté de recherche a introduit plusieurs spécifications sémantiques qui fournissent des descriptions formelles des capacités (entrées, sorties, pré-conditions, effets...).

6.2.1. Approches de description à base d'annotations

Cette approche consiste à annoter les langages existants avec de l'information sémantique. L'avantage principal de ce genre de solutions réside dans la facilité pour les fournisseurs des services d'adapter leurs descriptions existantes aux annotations proposées. Il existe trois modèles qui suivent l'approche d'annotations sémantique, à savoir WSDL-S, SAWSDL, et METEOR-S.

6.2.2. Approches basées sur des langages sémantiques

L'approche basée sur les langages sémantiques consiste à développer un langage complet qui décrit les services web ainsi que leur sémantique. Cette approche englobe plusieurs langages de description tel que : WSMF, IRS-II, WSMO et OWL-S. Dans notre cas nous avons choisi de travailler avec l'OWL-S dont nous détaillons en dessous.

■ ***OWL-S (Ontology Web language Service)***

Owl-s [David et al, 04] fournit une description de haut niveau des services web (voir la Fig.24). Cette ontologie de haut niveau indique qu'une ressource est liée à un

service, à son tour le service est constitué d'un profile, d'un service model et d'un service grounding. En bref, le profile indique ce que fait le service, le service model décrit le comment : les étapes qui composent le service et le flot de control, et le service grounding décrit la manière d'accéder au service. Ces trois concepts sont conçus pour donner une vue globale sur les capacités du service.

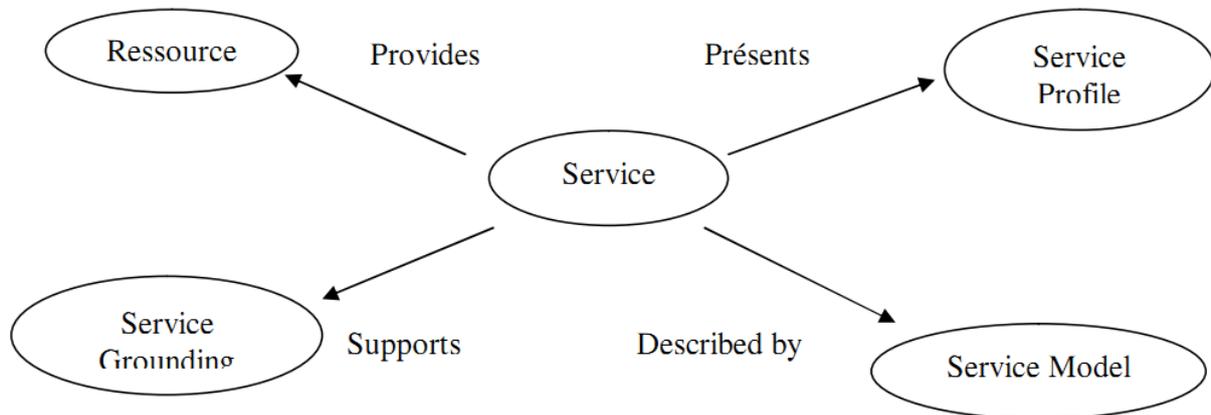


Fig.24. Ontologie de Haut Niveau d'OWLS

- **Service Profile**

Le « profile» [David et al, 04] décrit ce que fait le service. Un système recherchant un service examinerait la première fois le « profile» pour voir si le service fournit ce qui est nécessaire. Le « profile» contient les informations suivantes:

- Le nom du service, les contacts et la description qui sont communément appelés propriétés non fonctionnelles.
- La description de fonctionnalité "IOPE" (inputs, outputs, preconditions, effects).
- Une classification selon une taxonomie industrielle et une description de qualité.

Le nom de service peut être employé comme identification, alors que les descriptions de contact et de service sont du texte destiné spécialement pour des humains. La description de fonctionnalité permet au « profile» d'exposer les entrées, les sorties, les effets et les conditions préalables du service. En fin, le « profile» contient aussi de l'information sur la classification de service dans les diverses taxonomies, et quelques attributs pour décrire la qualité des services.

• Service Model

Le modèle de service [David et al, 04], décrit le fonctionnement interne du service en terme de processus. Cette partie décrit la transformation entreprise par le service à travers Les données (les entrées et les sorties) et la transformation d'état (les préconditions et les effets) . Le modèle de service prévoit des primitives pour exprimer les différents types de processus, et des relations de contrôle. Plus précisément owl-s prévoient les types suivants : Processus Atomique, Processus Composé, et Processus Simple.

- Le processus atomique : est exécutable dans une seule étape. Il représente le plus petit module qui sert à la création des autres processus, et il ne contient pas de sous processus en interne.
- Le processus composé : signifie que le processus peut être composé de sous-processus. Un ensemble de constructeurs est utilisé pour spécifier le flot de control et le flot de données tels que la séquence, les primitives de choix, de split (parallélisme)....
- Un processus simple : n'est pas exécutable (ou invocable). Il fournit une vue abstraite d'un processus ou d'un a ensemble de processus composés.

• Service Grounding

Le grounding décrit l'accès au service [David et al, 04]. Il permet de spécifier les protocoles de transport et les formats de message. Le profile et le modèle de service sont considérés comme des représentations abstraites du service. Le rôle du grounding est de transformer ces représentations abstraites en une forme concrète qui peut être employée pour l'interaction. OWLS repose sur WSDL pour spécifier l'interaction des services. Ainsi WSDL peut être considéré comme une couche basse utilisée dans owl-s.

7. Quelques stratégies de découverte

Initialement la découverte de services Web était principalement syntaxique (correspondance syntaxique des mots clés de la requête avec les descriptions des services Web). Mais avec le développement des technologies du Web sémantique, les techniques proposées pour la découverte de service Web sont devenues essentiellement sémantiques (degré de similitude sémantique entre les termes de la requête et les descriptions sémantiques

des services Web). En général, les approches de découverte peuvent être classées en deux catégories :

- Approches basées sur des descriptions syntaxiques des services Web
- Approches Web sémantique.

7.1. Approches basées sur la représentation syntaxique

Le principe général des approches basées sur la syntaxe des descriptions des services est la comparaison syntaxique entre la requête, basée mots clés, de l'utilisateur et les descriptions syntaxiques (WSDL) des services Web.

■ *Approche UDDI*

UDDI est un registre de descriptions de services Web. Dans le cas d'une architecture centralisée, UDDI est utilisé comme registre central pour la publication et la découverte, basée mots clés, des services Web.

A l'étape de recherche, l'utilisateur ou le programme de recherche envoie une requête constituée de mots clés, cette requête est ensuite comparée avec les mots clés du registre UDDI. Un ensemble de descriptions des services Web est ensuite donné comme résultat de recherche, l'utilisateur sélectionne le service Web qui répond au mieux à ses exigences. L'origine de cette approche est issue du domaine de recherche d'information (Information Retrieval IR). Malgré sa simplicité et sa facilité d'implémentation, elle présente quand même quelques inconvénients, la méthode renvoie un nombre important de résultats ou au contraire peu de résultats. Pour rendre la découverte de services Web basée mots clés plus efficace, une technique issue du domaine de IR a été adoptée [Sajjanhar,04]. Elle consiste à représenter les descriptions des services Web sous forme de vecteurs, tel que chaque vecteur contient un ensemble de mots issus des termes utilisés dans toutes les descriptions des Services Web. Les vecteurs de description sont ensuite organisés sous forme de matrice (terme \times description). La deuxième étape consiste à appliquer, sur cette matrice, la technique LSI (Latent Semantic Indexing)³. Cette méthode permet de renvoyer toute description de service Web qui a une relation sémantique avec la requête de recherche.

7.2. Approches Web sémantique

De récents travaux se sont focalisés sur la description sémantique des services Web. Ce développement est de plus en plus significatif puisqu'il semble pouvoir aborder certaines insuffisances des approches basées sur les mots clés. Les ontologies sont le modèle utilisé pour la représentation sémantique des services Web, elle permet d'établir des relations sémantiques entre les différents concepts d'un domaine.

■ *Approche OWL-S*

La découverte de services Web sémantiques définis par l'ontologie OWL-S est basée sur l'algorithme Matchmaking. Cet algorithme permet de rechercher les descriptions des services Web qui ont une correspondance sémantique entre les paramètres fonctionnels définis dans les descriptions des services et ceux introduits dans la requête de recherche [Srinivasan et al,04].

Il y a correspondance sémantique entre les paramètres de Sortie mentionnés dans la requête et ceux d'un service Web si et seulement si pour chaque paramètre de Sortie de la requête il existe un paramètre de Sortie qui peut lui correspondre dans la description du service Web. Si un des paramètres de Sortie de la requête n'a pas de correspondance sémantique avec un des paramètres de sortie du service alors le service n'est pas sélectionné. La correspondance sémantique entre les paramètres d'entrée est aussi faite de la même façon que pour les paramètres de sortie, sauf que l'ordre est inversé, c'est-à-dire la recherche d'une correspondance sémantique entre les paramètres d'entrée d'un service Web contre les paramètres d'entrée cités dans la requête.

Le degré de correspondance sémantique entre deux paramètres de sortie ou deux paramètres d'entrée dépend de la correspondance sémantique entre les concepts associés à ces paramètres d'entrée et de Sortie. La correspondance sémantique entre deux concepts est basée sur la relation entre ces deux concepts dans leurs ontologies OWL-S. Par exemple, considérant un service Web de vente de véhicules (Selling vehicle Web Service) dont le paramètre de sortie est spécifié comme 'Vehicule', et une requête de recherche dont le paramètre de sortie est spécifiée comme 'Car'. Bien qu'il n'y ait pas de correspondance sémantique exacte entre le paramètre de sortie de la requête et celui du service Web, étant donné le fragment de l'ontologie de véhicule (voir figure 26), l'algorithme a pu déterminer un autre niveau de correspondance puisque le concept 'Vehicule' englobe (subsume) le concept 'Car'.

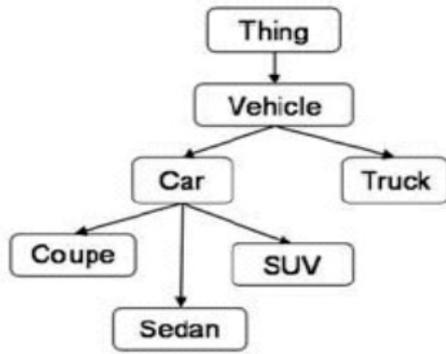


Fig.25. Ontologie de véhicule

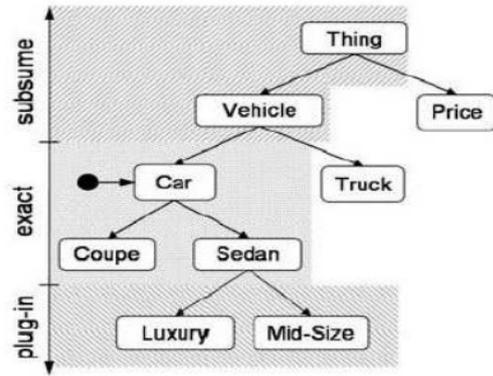


Fig.26. Niveaux de correspondance

L'algorithme permet de déterminer quatre niveaux de correspondance sémantique entre deux concepts. Soit OutR représente le paramètre de sortie cité dans la requête de recherche, et OutA le paramètre de sortie d'un service Web.

Le degré de correspondance entre OutR et OutA peut être :

- Exact : Si OutR est OutA sont les même ou si OutR est une sous classe immédiate de OutA dans l'ontologie du domaine de recherche.
- Plug in : Si OutA englobe (subsume) OutR
- Subsume : Si OutR englobe (subsume) OutA, dans ce cas le service Web peut ne pas satisfaire la requête complètement
- Disjoint : S'il n'y a aucune relation entre OutA et OutR.

Le niveau de correspondance sémantique entre les paramètres d'entrée est assigné de la même manière que pour les paramètres de Sortie, sauf que les arguments sont inversés. La dernière partie de l'algorithme est la partie consacrée à la classification des descriptions des services sélectionnés. Les services sont classés selon le niveau de correspondance sémantique entre leurs paramètres de sortie et ceux cités dans la requête. Si deux services sont du même niveau de correspondance sémantique avec la requête de recherche par rapport à leurs paramètres de sortie, une comparaison sur le niveau de correspondance sémantique par rapport aux paramètres d'entrée est alors effectuée. Cet algorithme permet de rechercher et de sélectionner un ensemble de services Web sémantiques candidats satisfaisant la requête de recherche en terme de paramètres d'entrées et de sorties.

7.3. Un modèle pour indexer et découvrir les services e-learning

[Kassem Zein et al, 05] propose un modèle de métadonnées pour l'indexation et la recherche des services e-learning. Il propose la description et la classification des services e-learning selon trois dimensions : en tant que ressources d'apprentissage, comme services qui contribuent et aident les chercheurs et en tant que service général. Ils peuvent être employés par des clients (des étudiants ou des enseignants) pour interroger et découvrir des services par l'intermédiaire des pages jaunes comme UDDI . Il a utilisé les ontologies et la représentation de connaissances pour classer et stocker les caractéristiques des services.

1. *Ressource d'apprentissage* : une ressource est décrite par : le Titre, le Créateur du contenu de la ressource, le Sujet de la ressource (les mots clés ou les phrases qui décrivent le sujet ou le contenu de la ressource), une Description textuelle du contenu de la ressource (y compris le résumé dans le cas d'un article et d'objet et une description de contenu dans le cas d'une ressource visuelle), Editeur de la ressource (la personne ou l'organisation créateur additionnel), la Date, la Langue du contenu, le Format (text/html, JPEG image,..) et les Droits d'utilisations.
2. *Ressource de recherche*: leur investigation consiste à décrire les services qui contribuent et aident les chercheurs à collaborer, travailler ensemble et pour échanger les informations dans leurs activités de recherches. Elle comporte les éléments suivants :
 - Le domaine de recherche: qui est identifié par l'Index (les mots clés qui décrivent le domaine de recherche), les Références (ensemble de papier, document et URLs qui sont utiles dans ce domaine de recherche), les Liens vers d'autres domaines et sujets liés à ce domaine de recherche, et une Description textuelle du domaine de recherche.
 - Un chercheur peut être décrit par: les informations personnelles (nom, email, TEL, site web, CV), le Titre (ingénieur, professeur, ...), Domaine de recherche, domaine d'enseignement, les publications, et le département auquel le chercheur est attaché.
 - Un département peut être décrit par: le Nom (du département et l'université ou l'organisation à laquelle est attaché), l'Adresse physique du département, Description, domaine de recherche, liste des chercheurs

attachés au département, les groupes constituant le département, et le type du service (peut être une ressource d'apprentissage, un programme, un document,...).

3. Service: le service au sens général peut être décrit par :

- Fournisseur et localisation: les informations du fournisseur (nom, adresse,..) et localisation du service (adresse de la compagnie, URL,..) ;
- Canaux de demande et de livraison: avec lesquels l'utilisateur peut communiquer avec le service ;
- Paiement et évaluation: c'est le processus de vente défini par le fournisseur afin de collecter le prix du service à partir des consommateurs ;
- Environnement: les caractéristiques de l'environnement utilisé pour exploiter le service tel que la bande passante ;
- Système de livraison: comme la Visio-conférence dans le cas des ressources d'apprentissage ;
- Outils d'aide: tel que le chat qui aide les clients à utiliser les services.

■ *Synthèse des différentes stratégies*

Dans le contexte des web services, la fonctionnalité de découverte désigne une recherche, dans l'annuaire UDDI, des services qui répondent au mieux aux exigences et conditions de la requête de l'utilisateur. Initialement, les web services étaient décrits de façon syntaxique (les descriptions WSDL), l'opération de découverte était basée sur des techniques basées sur la recherche de mot-clé (la stratégie UDDI). Par la suite la description a été enrichie par la description sémantique du service . OWL-S permet d'étendre UDDI avec une description sémantique des services Web.

Nous remarquons que, les deux premières stratégies sont basées sur des descriptions générales des services (UDDI et OWL-S). Cependant, le modèle de métadonnées de [Kassem Zein et al , 05] offre une tentative de descriptions des services e-learning.

8. Conclusion

Dans ce chapitre , nous nous sommes tout d'abord intéressés à la technologie de services web et son intérêt dans le domaine de la réutilisation en e-learning . Les services web e-learning sont produits en quantités très importantes et nécessitent d'être archivées de manière pérennes et indexées pour pouvoir être retrouvées. Une des solutions est apportée par les entrepôts de services web e-learning . Avec l'avènement des web services sémantiques, de nouvelles approches de découverte dites approches sémantiques ont été proposées, ces dernières donnent de bons résultats comparées aux anciennes approches (les approches syntaxiques).

Le chapitre suivant présentera la conception d'un entrepôt partagé de services web e-learning pour faciliter la réutilisation des fonctionnalités dans le développement de nouveaux systèmes e-learning ESWSE (Entrepôt de Services Web pour faciliter la création des Systèmes E-learning).

Man, he is constantly growing and when he is bound by a set pattern of ideas or way of doing things, that's when he stops growing.

[Jun Fan]

Partie

II

Conception et mise en Œuvre

Chapitre 4

Conception et modélisation de *ESWSE* (*Entrepôt de Services Web pour faciliter la création de systèmes e-learning*)

1. Introduction

Aujourd'hui nous sommes face à une prolifération des plateformes e-learning dont les fonctionnalités se ressemblent en grande partie. Chaque établissement devant alors créer des fonctionnalités qui ont les mêmes objectifs pédagogiques, sans prise en compte de l'existant. Cette augmentation sans cesse croissante des fonctionnalités pédagogiques a engendré plusieurs difficultés liées aux volumes à manipuler, à leurs coûts élevés, mais également à leur hétérogénéité. Compte tenu du coût de production de telles fonctionnalités et de l'expertise nécessaire pour les produire, il est primordial de les rendre facilement accessibles, exploitables et réutilisables.

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à la conception de notre environnement *ESWSE*. L'objectif principal que nous voulons atteindre est de proposer une solution pour faciliter la création des nouveaux systèmes e-learning en se basant sur le critère de réutilisation dans le domaine d'e-learning. Par la suite, au lieu de reconstruire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web liés à l'e-learning. Ceci permet de réduire considérablement le temps, les efforts et les coûts nécessaires au développement de nouveaux systèmes e-learning.

Cette plateforme reposera sur des ontologies prédéfinies (Domaine, Objets Pédagogique, Services Web, Profil Utilisateur), un gestionnaire d'ontologies, un entrepôt local de services web e-learning pour faciliter la découverte des fonctionnalités pertinentes pour répondre aux besoins des apprenants et enseignants et enfin, sur un entrepôt partagé

contenant les descripteurs sémantiques de services web e-learning distribué dans les entrepôts de différentes institutions . Ce dernier est interrogé essentiellement par les développeurs de nouveaux systèmes e-learning dans le cadre de la découverte des fonctionnalités e-learning.

Nous allons définir conceptuellement notre environnement *ESWSE*. Nous allons commencer par nous intéresser aux modèles de données. Ensuite nous allons présenter notre modèle de services y compris l'entrepôt local , nous allons parler des insuffisances de OWL-S pour la description des web services e-learning et de l'ontologie ajoutée à OWL-S, nous allons expliciter les étapes d'accès aux services web de l'entrepôt local par notre système e-learning et enfin le entrepôt partagé avec ses différents modules (publication, découverte et invocation).

2. Cadre de recherche et méthodologie de conception

L'environnement *ESWSE* est développé pour assurer les fonctions suivantes:

- Représentation et création des Objets pédagogiques basées sur les modèles et les technologies du web sémantique ainsi que la modélisation de sujet de l'enseignement. Notre recherche s'est orientée naturellement vers les ontologies. En effet, les ontologies présentées au chapitre 2, nous permettent de modéliser un ensemble de connaissances.
- Création des services web e-learning : chapitre, exercice, évaluation, simulateur . Ces services sont de type hypermédia adaptatif dynamique. Ils permettent la construction dynamique des contenus en adaptant l'offre de formation en fonction des profils et des réactions des utilisateurs.
- La proposition d'une extension à OWL-S pour la description sémantique des Services Web e-learning qui consiste en l'apport d'une ontologie dite ontologie de qualité pédagogique qui assure l'automatisation de leur découverte ;
- La proposition d'un entrepôt local de services web e-learning pour faciliter la recherche des fonctionnalités e-learning pour répondre aux besoins des apprenants et enseignants
- Repose sur un entrepôt partagé qui contient les descriptions sémantiques de services web distribués dans les entrepôts de différentes institutions et cela pour élargir leur diffusion et pour être accessible et exploitable par les développeur de nouveaux systèmes e-learning .

3. Objectifs de la démarche

Afin de présenter les aspects conceptuels et fonctionnels de l'environnement ESWSE, il paraît maintenant utile de récapituler les objectifs que nous nous sommes fixés dans ce mémoire. Tous ces objectifs constituent des axes d'améliorations par rapport aux systèmes étudiés. L'objectif principal est l'obtention d'un entrepôt pédagogique partagé qui sera alimenté par l'ensemble des descripteurs sémantiques de services web e-learning distribués dans les différents établissements. Nous visons dans notre travail à satisfaire essentiellement les objectifs suivants :

- Proposer un modèle complet incluant différentes ontologies descriptives.
- Offrir une interface graphique ergonomique permettant à l'utilisateur (auteur/expert) d'alimenter l'entrepôt local de services web e-learning (création, extraction, chargement, indexation).
- Offrir une interface graphique ergonomique permettant aux fournisseurs de différentes institutions de publier leurs offres et aux développeurs de nouveaux systèmes e-learning la découverte et l'invocation de fonctionnalités selon leur besoins.

Dans la suite de ce chapitre , nous allons illustrer notre solution proposée pour la structuration des données et des services pour le domaine de l'e-learning.

4. Modèles de données

Nous avons conçu des ontologies pour structurer les données : l'ontologie complète pour représenter les OPs et l'ontologie de l'utilisateur.

4.1. La représentation des objets pédagogiques

Pour représenter les OPs nous considérons différentes connaissances. Des connaissances sur l'objet lui-même et des connaissances sur le concept abordé par l'objet en question. Toutes ces connaissances sont représentées en utilisant des ontologies permettant d'associer des annotations sémantiques au contenu des OPs afin de pouvoir facilement les retrouver et les adapter aux divers profils utilisateurs.

4.1.1. Ontologie de domaine

Il existe plusieurs manières de structurer un cours, mais la plus utilisée étant celle qui nous a inspirée et qui consiste à structurer la matière à enseigner en concepts [Bourekache ,14], [Mhanane ,14], [El Mezouary , 12], [Behaz, 12], [Jacquiot , 06], [Benadi , 04]. Ces concepts sont représentées par des ressources pédagogiques de divers types désignés différemment selon les auteurs : briques élémentaires (BE) [Benadi , 04],Objet pédagogique [Behaz, 12], Fragment [El Mezouary,12] , etc.

En effet, la matière à enseigner est l'essence même du système car si elle est mal représentée, elle va systématiquement être mal interprétée par l'apprenant, ce qui est difficilement rattrapé par l'efficacité des autres modules du système. Plusieurs formalismes de représentation ont été essayés mais afin de satisfaire le besoin d'identification des concepts tout en respectant les contraintes formulées par les apprenants, nous n'avons pas d'autres choix que d'utiliser un formalisme de description plus puissant basé sur la sémantique. Le formalisme des ontologies nous semble adapté pour modéliser la sémantique d'un domaine.

Cette ontologie consiste à structurer la matière à enseigner en concepts .Ces concepts sont décrits par un graphe où les nœuds sont les concepts abordés par la matière à enseigner et les arcs les relations sémantiques entre elles. La Fig.27 représente l'ontologie de domaine d'application

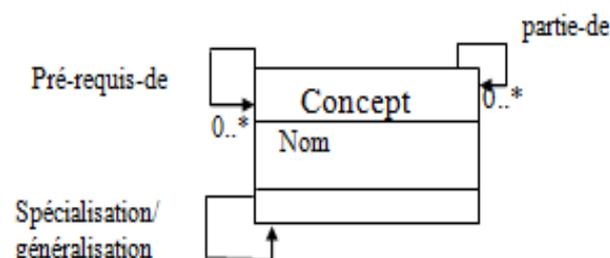


Fig.27. Modèle conceptuel de l'ontologie Domaine d'application

Par exemple, l'ontologie d'un champ d'enseignement informatique contiendra les domaines suivants : réseaux informatiques , système d'exploitation ,bases de données , etc. La Fig.28 montre un exemple d'ontologie pour le domaine réseaux informatique avec l'éditeur d'ontologie protégé 2000.

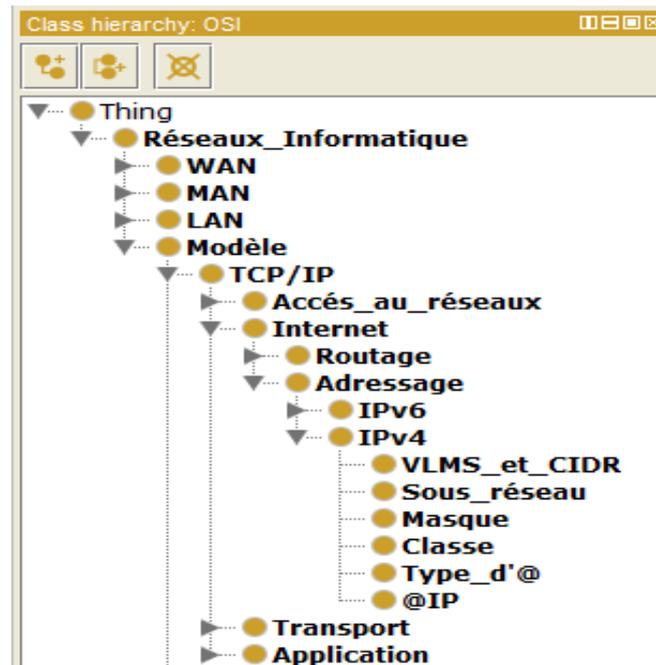


Fig.28. Une partie de l'ontologie de domaine "Les Réseaux informatiques" avec protégé 2000.

Les différents types de relations définies entre concepts sont :

- La relation **pré-requis-de** : Indiquera par exemple que l'apprentissage d'un concept A est assujetti à la maîtrise du concept B qui le précède.
- La relation **partie-de** : Un concept A partie-de concept B si A est une notion faisant partie de B. En effet cette relation nous permet de décomposer un concept en concepts plus simples et présenter à l'apprenant des objets pédagogiques moins complexes .
- La relation **Généralisation/Spécialisation (G/S)** : Ce sont les liens de type « est-un », exprimant qu'un nœud représente un concept générique et ses successeurs décrivent les sous-classes de ce concept, c'est-à-dire des concepts plus spécifiques.

Le tableau ci-dessous (Cf.Table4) présente la description des liens par les attributs que nous jugeons nécessaires dans notre cas.

Relation	Concept Source	Concept Cible	Attribut	Cardinalité	Relation inverse
Partie-de	C	C		0,*	Composé-de
Prérequis-de	C	C	Poids	0,*	A-prérequis
Généralisation/ spécialisation	C	C		1.1	Est-un

Table4 . Description des liens par attributs

Un poids P_{ij} entre deux concepts C_{li} et C_{lj} exprime la quantité d'information contenue dans C_{li} , nécessaire pour la compréhension de C_{lj} . La relation de pré-requis joue un rôle fondamental dans le choix d'un concept C_l à présenter en premier. Par exemple si nous considérons un concept C_{li} pré-requis des concepts C_{lj} , C_{lk} et C_{ll} avec respectivement P_{ij} , P_{ik} et P_{il} les poids de la relation entre ces concepts tel que $P_{ik} > P_{ij}$ et $P_{ij} > P_{il}$, l'ordre de présentation de ces concepts après C_{li} sera C_{lk} , C_{lj} , C_{ll} . Car, le concept C_{li} véhicule le plus d'information pour C_{lk} , suivi de C_{lj} puis de C_{ll} .

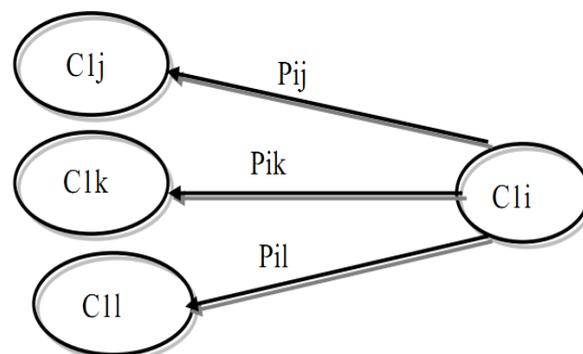


Fig.29. Exemple de relation de pré-requis entre plusieurs concepts

■ **Etats d'un concept**

Lors du processus d'apprentissage, un concept peut avoir différents états selon l'avancement de l'apprenant dans son apprentissage. Le changement d'états d'un concept donné dépend étroitement, d'une part, de l'état d'avancement de l'apprenant dans son apprentissage, et d'autre part, des pré-requis de ce concept. Dans notre conception, nous avons défini Cinq états (Cf. Figure30) qu'un concept peut avoir lors du processus d'apprentissage. Ces états peuvent être définis comme suit :

- **Concept Non Acquis** : il s'agit dans ce cas de figure d'un concept non encore visité par l'apprenant ou bien l'apprenant n'a pas réussi le test de ce concept ;
- **Concept non-accessible** : c'est-à-dire que l'apprenant ne peut pas accéder à un concept donné parce qu'il n'a pas acquis les pré-requis de ce concept ;
- **Concept accessible** : c'est-à-dire que l'apprenant peut accéder à ce concept soit parce que le concept en question n'a pas de pré-requis soit les pré-requis de ce concept sont déjà acquis.
- **Concept En Cours d'Acquisition** : l'apprenant ici a accédé au concept sans passer le test ;
- **Concept Acquis** : dans ce cas, l'apprenant a passé le test, en liaison avec ce concept, avec succès.

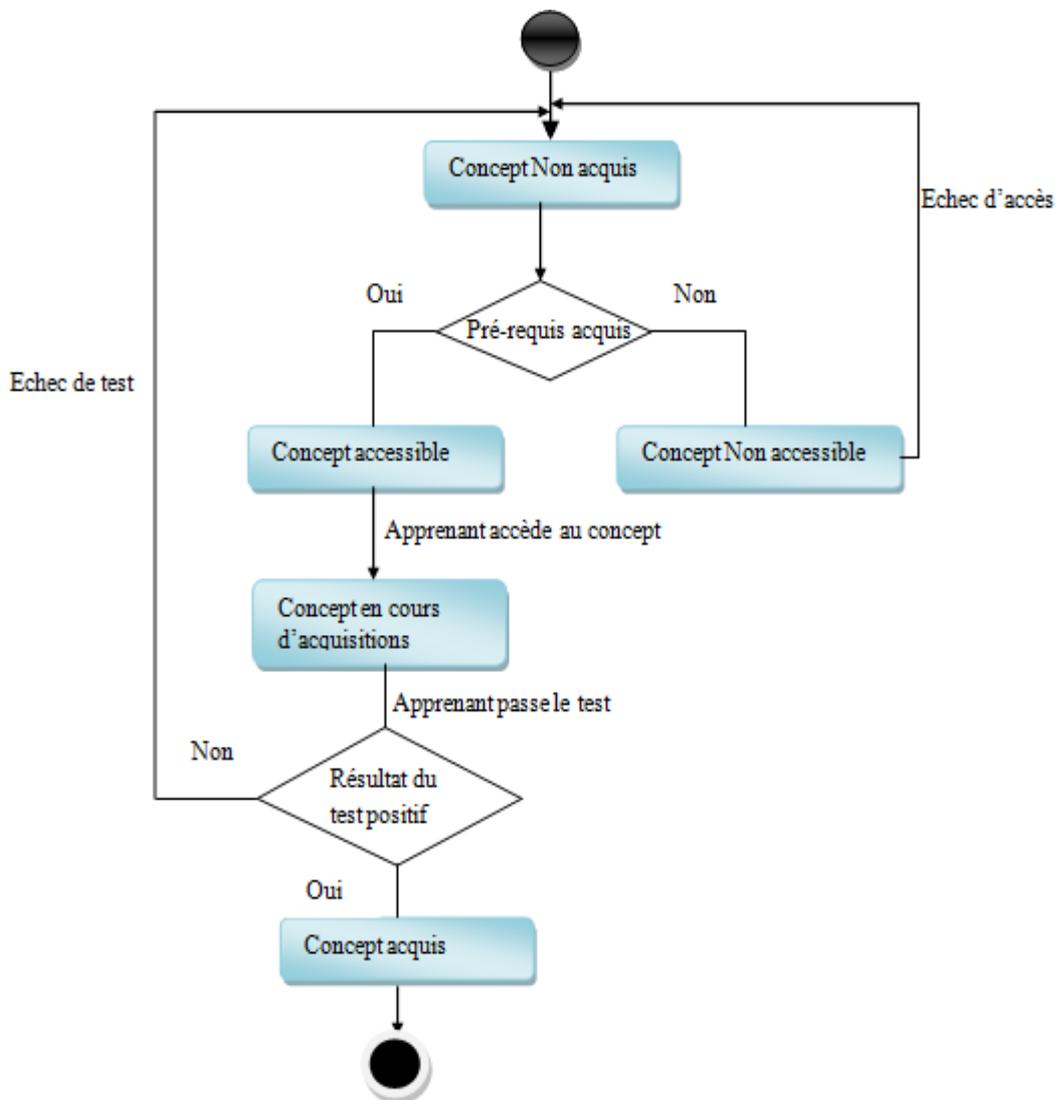


Fig .30. Diagramme d'état d'un concept lors du processus d'apprentissage.

4.1.2. Ontologie des Objets pédagogiques

Chaque concept du domaine d'enseignement indexe des objets pédagogiques. Un objet pédagogique (OP) dans notre cas fait référence à différents niveaux de granularités (définition, illustration, exemple, exercice, évaluation, etc.) [Rabahallah et al ,15a]. En s'inspirant des travaux [El Mezouary et al ,12],[Behaz,12] et [Noppamas,14] , nous proposons de décrire ces OPs par une ontologie dont l'intérêt est d'associer des annotations sémantiques au contenu des objets pédagogiques, afin de permettre aux agents logiciels d'effectuer des tâches de recherche et de sélection des OPs pour les utilisateurs. La Fig.31 illustre cette ontologie.

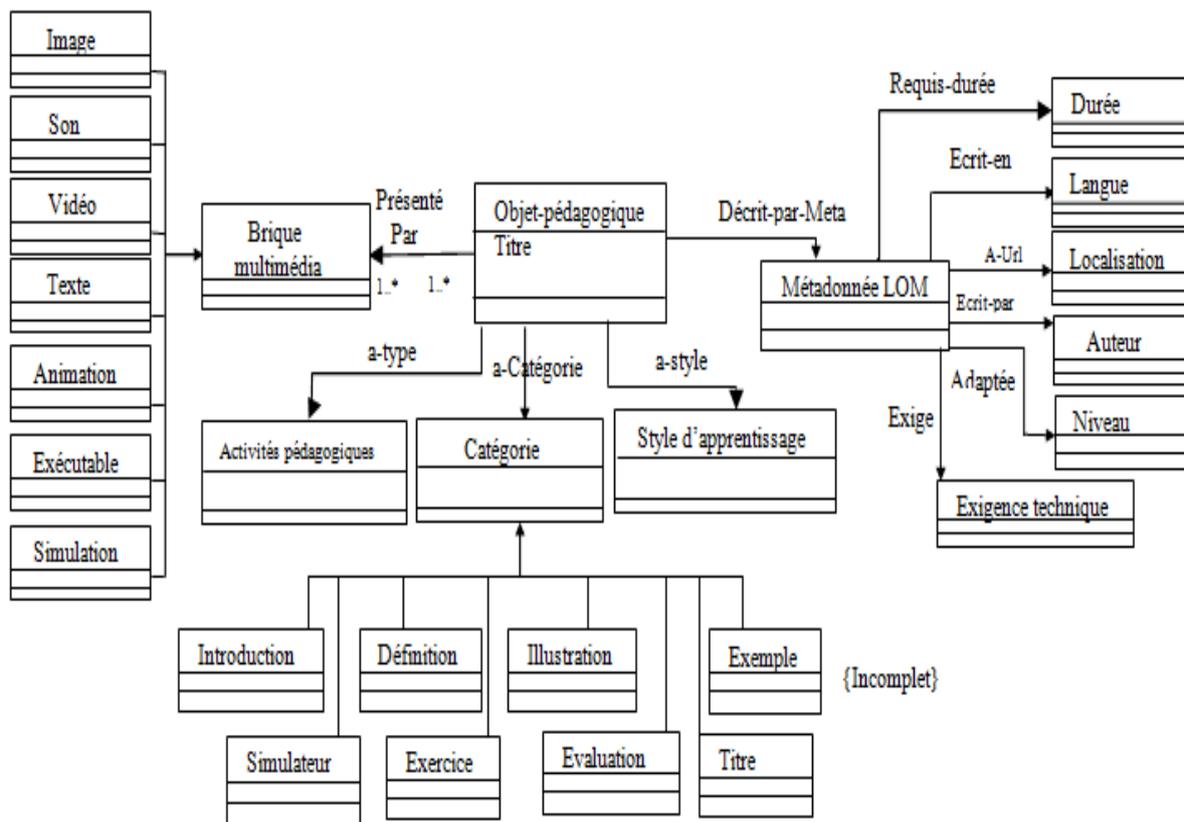


Fig.31. Modèle conceptuel de l'ontologie objets pédagogiques

Plusieurs facettes sont proposées pour la description d'un OP :

- *Facette Métadonnées* : Permet de décrire les principales caractéristiques de l'objet pédagogique (auteur, date, langue, niveau, exigence technique, etc.) Cette partie est comparable aux métadonnées décrites dans la norme LOM [LOM,02] mais aux besoins de notre application. Cette description LOM est rattachée à chaque objet

pédagogique. Les annotations sémantiques associées permettent de renseigner, d'une manière bien classifiée, les différentes informations nécessaires sur chaque objet pédagogique, de façon à ce que les recherches ultérieures soient rendues plus efficaces.

- *Facette Catégorie* : Permet de classer les objets pédagogiques en différentes catégories (Définition, Exemple, Illustration, Exercice, évaluation,...) en se basant sur leurs contenus.
- *Facette Style d'apprentissage* : Cette facette permet de spécifier que le contenu de l'objet pédagogique est plutôt adapté pour un style d'apprentissage donné

	VIS	VER	SEN	INT	SEQ	GLO	ACT	REF
Texte	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Image	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Audio	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vidéo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Animation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

- *Facette Brique multimédia* : Un OP est présenté par des briques multimédias et qui peut être soit une image, une vidéo, un son, un texte, un exécutable, une animation, ou simulation, etc
- *Facette Activités pédagogiques* : Permet de classer les objets pédagogiques en différentes activités (chapitre , exercice , évaluation , simulateur) selon le contexte d'usage .

Les deux ontologies élaborées domaine d'application et objets pédagogiques sont liées par les relations sémantiques suivantes (Cf.Figure32)

- La relation a-pour-objet : Cette relation lie un concept X de l'ontologie de domaine à un ou plusieurs objets pédagogiques.
- Le lien Traite : Ce lien permet de lier un objet pédagogique à un concept de l'ontologie de domaine.

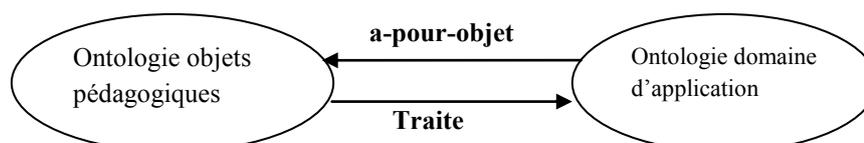


Fig.32. Modèle complet de description des objets pédagogiques

4.2. Ontologie de l'utilisateur

Afin de proposer une représentation sémantique du profil utilisateur (apprenant , développeur,etc.) , nous nous sommes inspirés de certaines ontologies présentées dans la littérature [El Mezouary et al , 12],[Behaz et al ,12],[Mhanane et al ,13] et [Battou,12]. Nous proposons de décrire un utilisateur à l'aide de six facettes (Cf.Figure 33)

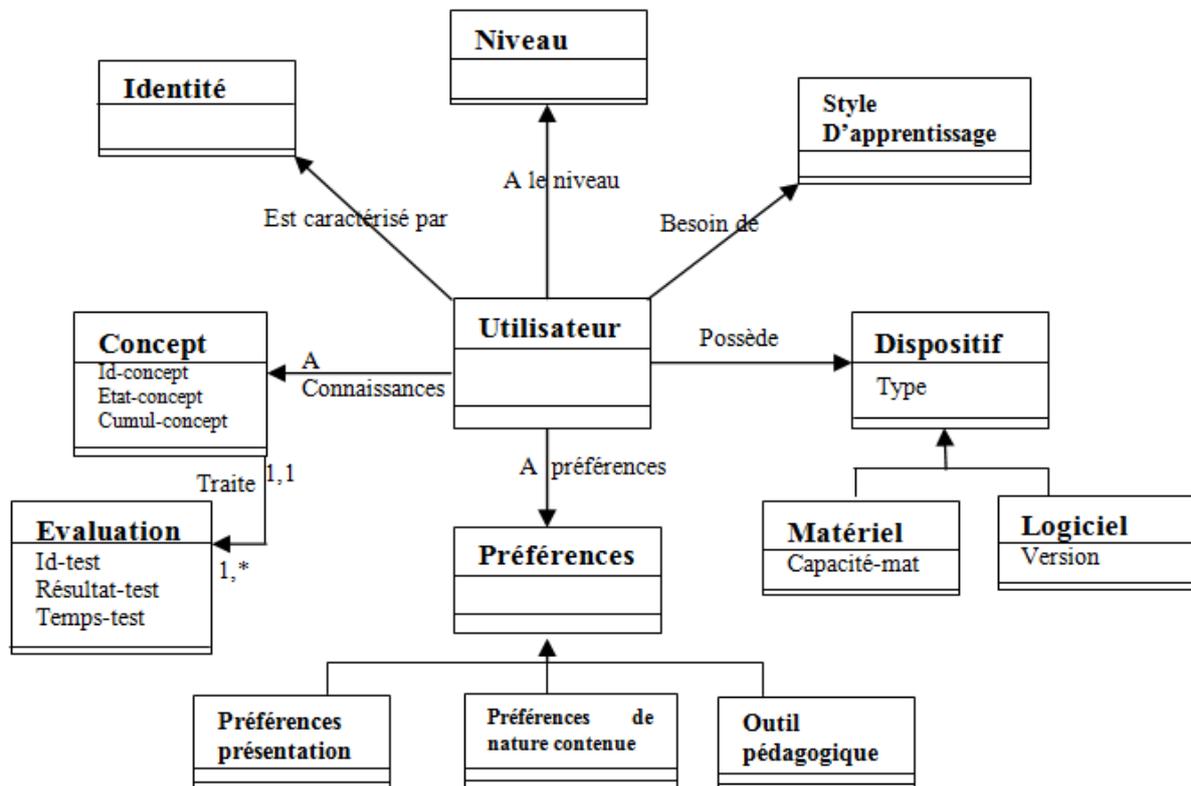


Fig.33.Modèle conceptuel de l'ontologie profil utilisateur

- Facette **Style d'apprentissage** : [Felder,05] a défini le style d'apprentissage comme : "les forces de caractéristiques et préférences dans la manière dont les apprenants prennent les informations et le processus d'apprentissage". L'apprenant se distingue par son style d'apprentissage ; cela signifie que certaines approches pédagogiques sont plus efficaces pour lui que d'autres.
 - a. Visuel (vis) : facile pour eux de se rappeler ce qu'ils voient: des images, des diagrammes, films, etc.
 - b. Verbal (ver) : ils se rappellent de ce qu'ils ont entendu, lu ou dit

- c. Actif (act): les apprenants actifs ont tendance à aimer d'avantage le travail d'équipe, pour eux il est nécessaire de travailler avec les autres apprenants.
 - d. Réfléchi (réf): ce genre d'apprenant préfère travailler seul et réfléchit silencieusement à l'information d'abord.
 - e. Détectif (dét) : ce sont des apprenants pratiques, orientés vers les faits et les procédures.
 - f. Intuitif (int): les apprenants conceptuels, innovants, orientés vers des théories.
 - g. Global (glob): ces apprenants préfèrent apprendre le tout puis passent aux détails.
 - h. Séquentiel (seq): ces apprenants sont linéaires, et ordonnés. Ils apprennent progressivement, à petits pas.
- Facette **Dispositif** : Cette catégorie de paramètres représente les contraintes matérielles et logicielles du dispositif avec lequel l'utilisateur accède au système. En effet, ces paramètres sont devenus importants depuis que l'utilisation de dispositifs mobiles s'est accrue.
 - Facette **concept** : inclut des informations synthétiques permettant d'identifier si un concept de domaine est acquis, en cours d'acquisition ou pas encore acquis. Pour, la modification de la valeur de la note d'un concept donné, le système se base sur les résultats du test lié à ce concept. Si plusieurs évaluations sont liées à un concept donné, les notes obtenues (attribut Résultats) sont accumulés dans une variable liée au concept (variable cumul-concept dans la Fig.33). Le concept est considéré acquis, si le cumul atteint un seuil. Dans ce cas, le concept est considéré comme acquis, et la variable Etat-concept est mise à jour.
 - Facette **préférence** : cette partie peut se résumer en trois éléments :
 - a. Préférences relatives à l'adaptation de la présentation des contenus :
Ce sont les préférences multimédias (son, image, vidéo, animation, etc.).

- b. Préférences relatives à la nature du contenu : Ce sont des préférences pédagogiques qui permettent de choisir la pédagogie préférée. Un apprenant peut ici choisir de travailler avec plus d'exemples, plus d'exercices, des illustrations, etc.
 - c. Préférences sur les outils pédagogiques : forum, chat, etc.
- Facette **niveau** : chargée de représenter ou de donner des indications sur le niveau de connaissance d'un apprenant pour un concept. Les valeurs possibles sont: faible, moyen, fort.
 - Facette **Identité** : est chargée de représenter les informations spécifiques à un apprenant particulier. Elle est composée d'attributs prédéfinis indispensables et communs à tous les utilisateurs : nom, prénom, identifiant, mot de passe, âge, etc.

4.2.1. Services web de gestion de profil utilisateur

Afin de gérer les profils d'utilisateurs (administrateur, développeur, enseignant ou apprenant), cette ontologie est exploitée par un système à base de web services dont l'architecture est la suivante :

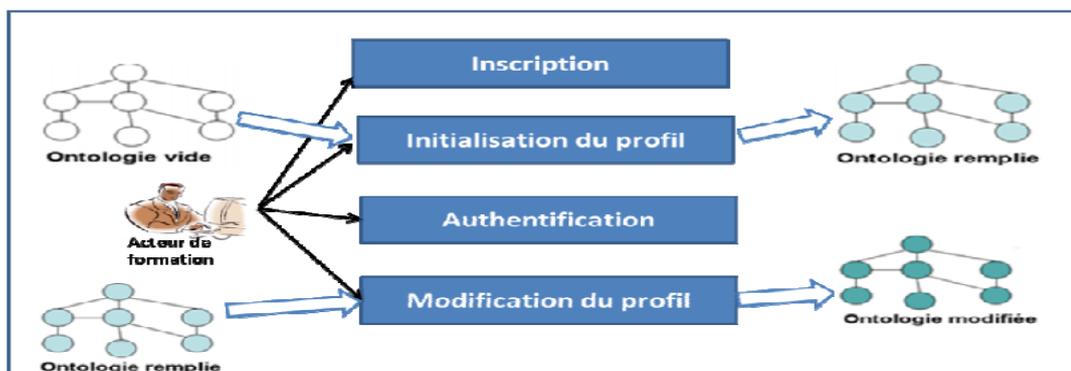


Fig.34.Système de gestion des profils utilisateurs.

Il est donc conçu de manière à ce qu'il puisse être invoqué par n'importe quel autre service web, et pour ce faire, nous avons essayé de recenser les méthodes et fonctionnalités qu'il peut intégrer. Ces fonctionnalités sont :

- **Initialisation du profil** : permet le remplissage d'une partie du profil pour la première fois. Cette tâche s'effectue manuellement par l'utilisateur qui peut être développeur, apprenant, etc . L'initialisation ne concerne pas tous les champs du profil. En effet, il y a des champs à remplir obligatoirement, il y a des champs

optionnels et il y a des champs qui s'alimentent automatiquement au fur et à mesure de l'exploitation de la plateforme tels que les champs concernant les concepts et évaluation.

- **Modification du profil** : permet d'effectuer des mise à jour ou modifications du profil. Ces mises à jour sont autorisées selon des privilèges attribués par l'administrateur.
- **Consultation du profil** : Permet de consulter des informations sur le profil utilisateur.

5. Modèle de Services Web

Les fonctionnalités des plateformes e-Learning se ressemblent dans une large mesure. Les fonctionnalités qui s'étendent sur de nombreux systèmes e-Learning (fonctionnalités communes) peuvent être identifiées et construites comme des composants réutilisables en utilisant des services Web. Il s'agit de subdiviser la fonction principale d'un système e-Learning en un certain nombre d'applications élémentaires, qui peuvent ensuite être réalisées individuellement en tant que services Web. La mise en œuvre de ces services permet une réutilisation des fonctionnalités, comme présenté sur la Fig.35.

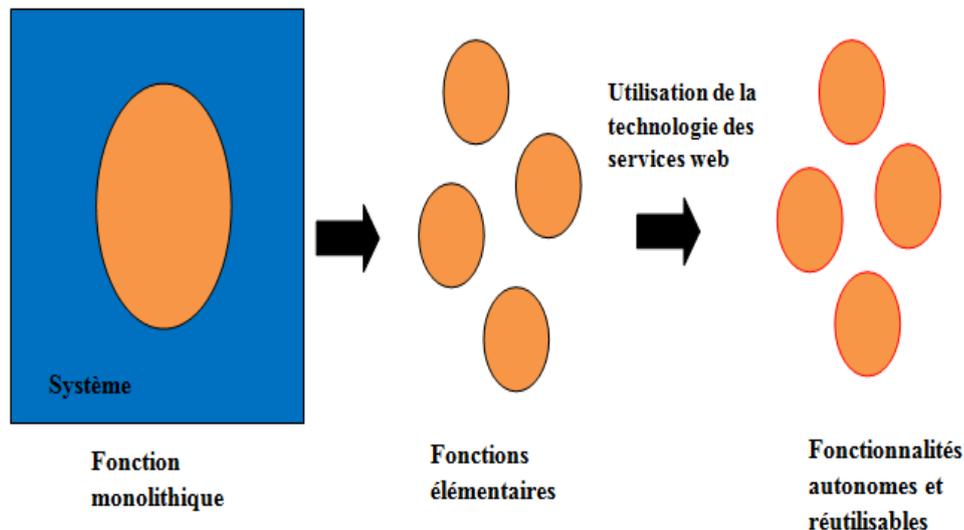


Fig.35. De la fonction monolithique aux fonctionnalités autonomes et réutilisables [Rabahallah et al,15b]

Nous avons identifié les fonctionnalités suivantes d'une plateforme e-Learning [Benadi ,04]:

- ✚ Construction des Chapitres.
- ✚ Génération des Exercices.
- ✚ Gestion des Evaluations.
- ✚ Génération des Simulateurs.
- ✚ Génération des Glossaire

5.1. Modélisation de notre entrepôt local

Le contenu de l'entrepôt pédagogique associé à un établissement d'enseignement , doit être constitué d'un ensemble de services web e-learning . Les services web e-learning doivent être développés (créés) puis stockés dans l'entrepôt. Les services sont décrits par une ontologie afin de les retrouver et de les réutiliser. L'entrepôt pédagogique sera composé de deux parties :

- Une base de données classique qui va contenir l'ensemble des services web e-learning créés ou extraits à partir des sources de services web .
- Une ontologie spécifique qui va contenir l'ensemble de descripteurs sémantiques résultant après la phase d'indexation.

De cette façon, on sépare le stockage des services web e-learning de leurs descripteurs tout en gardant un lien entre eux, et on facilite la recherche des services web e-learning en se basant sur les annotations sémantiques. Notre entrepôt local est présenté par l'architecture suivante (Cf. Figure 36)

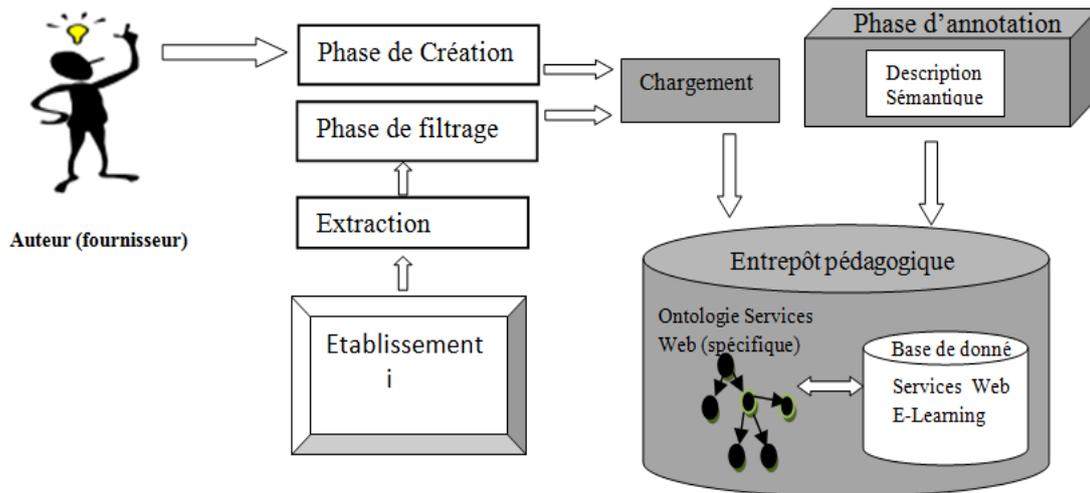


Fig.36. Modélisation d'un entrepôt local

L'intégration des services web e-learning dans l'entrepôt se fait en deux phases :

5.1.1. Phase de création ou filtrage

5.1.1.1. Création : fonctionnement des services web e-learning .

Chaque service manipule une ontologie de domaine :

■ Le service web chapitre

Ce service prend en charge la construction de l'activité pédagogique chapitre selon les entrées qu'il reçoit de l'utilisateur. Ce service a comme entrées le nom de concept de l'ontologie de domaine choisi par l'utilisateur ainsi que les caractéristiques de ce dernier (préférences, connaissance, niveau ,etc) et aura comme sortie le chapitre personnalisé [rabahallah et al ,15b].



C : le nom de concept

CU: caractéristiques de l'utilisateur

Ce service manipule une ontologie de domaine, dans ses concepts indexent des OPs. Le fonctionnement de ce service est illustré dans la Fig.37.

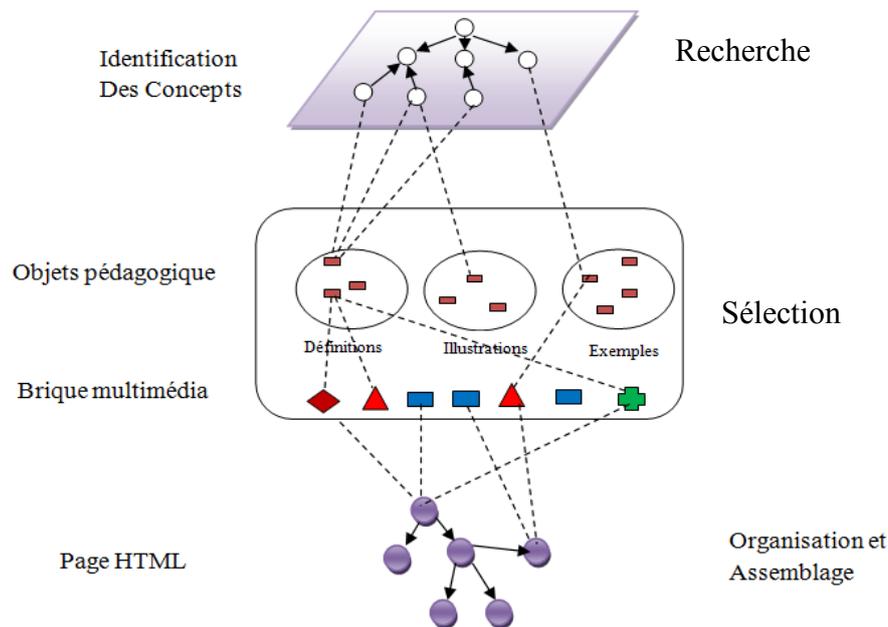


Fig.37. Processus de construction de l'activité chapitre

- a. **Recherche** : recherche des Objets pédagogiques : lorsque l'utilisateur de service a définit le concept sur lequel il veut rechercher les OPs pour construire son chapitre. Le service va vérifier si les pré-requis de ce concept sont acquis par l'utilisateur en utilisant les caractéristiques fournies en entrée , en plus si le concept choisi par l'apprenant est un concept générique, alors le modèle de contenu ajoute à sa sélection les différents concepts qui compose ce concept. Chaque utilisateur doit apprendre progressivement les concepts du domaine en commençant par les concepts liés à son niveau actuel. Le moteur de recherche construit une requête vers la base des OPs. L'annotation proposée connecte systématiquement les objets à leurs concepts. Cette opération renvoie les identificateurs des OPs pertinents aux concepts sélectionnés ;

✚ *Algorithme de recherche proposé*

Les règles pédagogiques que nous avons définies pour la recherche des objets pédagogiques sont comme suit :

Règle 1 : si le concept choisi par l'apprenant a des pré-requis, alors le modèle de contenu ajoute à sa sélection ce concept et ses pré-requis.

Exemple : soit C_i un concept dont les pré-requis sont les concepts C_j, C_k, C_l et C_m

$$C_i = \text{pré-requis}(C_j, C_k, C_l, C_m)$$

Le choix du concept C_i par l'apprenant, implique que le modèle de contenu dans cette phase, ajoute à la sélection de ce concept ses pré-requis C_j, C_k, C_l, C_m .

Règle 2 : si le concept choisi par l'apprenant est un concept générique, alors le modèle de contenu ajoute à sa sélection les différents concepts qui compose ce concept.

Exemple : soit C_i un concept générique qui est composé de C_{i1}, C_{i2}, C_{i3} et C_{i4}

$$C_i = \{C_{i1}, C_{i2}, C_{i3}, C_{i4}\}$$

Le choix du concept C_i par l'apprenant, implique que le modèle de contenu dans cette phase, sélectionne ce concept et les différents concepts qui le composent i.e. $C_{i1}, C_{i2}, C_{i3}, C_{i4}$.

L'approche utilisée pour la recherche des objets pédagogiques adéquats selon les critères cités ci-dessus, se base sur l'algorithme de recherche suivant (Cf. Figure 38)

```

(1) Objet Pédagogique _R={ } : ensemble des objets pédagogiques à
    rechercher
(2) C={C0, C1, ...Cm} : ensemble des concepts à acquérir
(3) F={ (FC01, FC02, ... FC0n), (FC11, FC12...DC1l)... (FCm1, FCm2...FCmk) } :
    ensemble des objets pédagogiques liés aux concepts
(4) Pour chaque Ce concept à apprendre :
    Composant(Ce)={Ce1, Ce2, ..}, Prerequis(Ce)={Ce', Ce'', Ce'''}
    i=0
    Tant que i <=m faire
    Si Ce=Ci
    Alors objet pédagogique _R← objet pédagogique _R ∪ {(FCi1, FCi2, ..., FCil)}
    i=i+1
    Fin Si
    Sinon Si Ci ∈ prerequis(Ce)
    Alors objet pédagogique _R← objet pédagogique _R ∪ {(FCi1, FCi2, ...FCik)}
    i=i+1
    Fin Si
    Sinon Si Ci ∈ composant (Ce)
    Alors objet pédagogique _R← objet pédagogique _R ∪ {(FCi1, FCi2, ...FCik)}
    i=i+1
    Fin Si
    Fin tant que
    
```

Fig.38. Algorithme de recherche de concept à apprendre.

b. Sélection : le résultat de l'étape précédente est une liste d'objets retrouvés explicitement. L'opération du filtrage consiste à ne retenir parmi les OPs résultants de l'étape de sélection que les Objets qui répondent le plus aux critères spécifiés par l'apprenant. Cette opération passe en Quatre étapes. Le premier filtrage prend comme critère le type de l'activité pédagogique à qu'il appartient les OPs , le deuxième se base sur les préférences de l'utilisateur en terme de présentation de contenu , le troisième filtrage se base sur les préférences de l'utilisateur en terme de contenu (est ce que l'utilisateur préfère plus de définitions, plus d'illustrations ,etc , pour assimiler un concept donné). Le quatrième filtrage prend comme critère le niveau de connaissance de l'utilisateur dans le concept (faible, moyen, fort).

En plus des données inclus dans le modèle de l'apprenant, nous avons défini des règles à appliquer lors du filtrage des fragments :

Règle 1 : si le concept est déjà acquis, le modèle de contenu présente à l'apprenant un résumé ou une synthèse sur ce concept.

Règle 2 : si les pré-requis du concept choisi sont déjà acquis alors le modèle de contenu ne retient que le concept souhaité.

c. Organisation et présentation : Cette étape correspond à l'agencement (ordonnancement) des différents OPs sélectionnés par l'étape précédente au sein des documents. Les traitements de présentation concernant la mise en forme des documents XML sont réalisés par des feuilles de styles CSS. Ceci permet la représentation du document en HTML sur le navigateur de l'apprenant.

■ **Service web évaluation**

Ce service prend en charge la génération de test selon les entrées qu'il reçoit de l'utilisateur (concept, niveau, type d'évaluation, etc.) .Ensuite, il retourne la note et le temps passé dans le test dès que l'utilisateur termine le teste. Ce sont ces résultats qui permettent au système de faire la synthèse pour savoir si le concept considéré est acquis ou non par l'utilisateur (apprenant).

■ **Service Web simulateur**

Ce Service propose à l'utilisateur des activités expérimentales, des simulations pour mieux appréhender un phénomène ou un fonctionnement selon les entrées qu'il reçoit de l'utilisateur (concept, niveau, etc.).

■ *Service Web exercice*

Ce service prend en charge la génération des exercices adapté à un profil donné.

5.1.1.2. Filtrage

Phase de filtrage : il s'agit de sélectionner les services web pertinents pour les capitaliser, tout en gardant les relations entre les services appartenant à la même ressource.

5.1.2. Phase d'annotation

La mise à disposition des services web e-learning n'est pas suffisante pour garantir leur réutilisation. Nous proposons de décrire par la suite, les services web e-Learning avec une ontologie qui va prendre en considération les caractéristiques des fonctionnalités e-Learning. Nous avons utilisé l'ontologie OWLS (Web Ontology Language for Web services) pour la description de nos services du fait qu'elle permet la description générale d'un web service (« Service profile » : décrit les fonctionnalités des services Web. Il est utile pour leur découverte et leur sélection. «Service model »: détaille la sémantique des données échangées, au niveau des messages échangés entre services Web. «Service grounding » : indique l'encodage des données échangées, les protocoles de communication, ainsi que toutes les parties concrètes nécessaires à l'invocation du service.). Les services web e-Learning peuvent être distingués selon la fonctionnalité pédagogique assurée par chacune, en quelque sorte selon la qualité de la fonctionnalité fournie. En conséquence, les caractéristiques pédagogiques représentent un élément très important lors du choix d'un service e-Learning. Les caractéristiques technologiques en tant qu'éléments de la description constituent un facteur particulièrement important pour le choix de service web e-Learning. . Toutefois, OWL-S n'offre pas la possibilité de décrire ces critères. Ainsi pour la description de ces caractéristiques, nous proposons une extension à OWL-S qui consiste en l'apport d'une ontologie dite ontologie de qualité pédagogique (QP) qui décrit une fonctionnalité en termes de ces critères. Cette ontologie est schématisée par la figure Fig.39

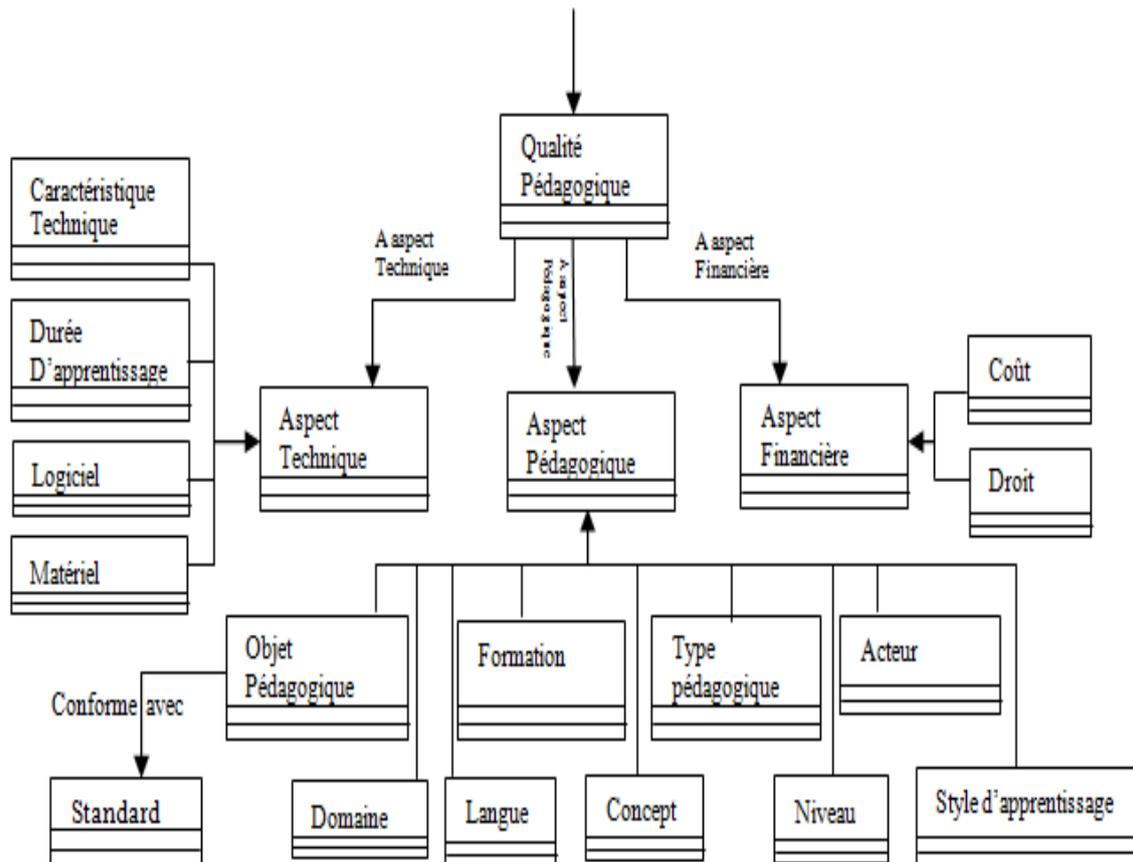


Fig.39.Modèle conceptuel de l'ontologie qualité pédagogique

- La classe « **Qualité pédagogique** » : C'est la classe principale de l'ontologie reliant les différentes classes qui décrivent les qualités d'un service web
 - 1) La classe « **Aspect Pédagogie** » : Les sous classes de cette classe donnent une description de l'aspect pédagogique de service et de son contenu, elle a comme sous classes :
 - a. La classe « **Formation** », indique le champ d'enseignement de service : informatique, médecin, droit... etc.
 - b. La classe « **Domaine** », comme son nom l'indique, décrit les informations relatives au domaine d'apprentissage de service. Par exemple, l'ontologie d'un champ d'enseignement médecine contiendra les domaines suivants : Ophtalmologie, ORL, Dermatologie, etc.
 - c. La classe « **Concept** », indique la liste des concepts de l'ontologie de domaine qui peuvent être enseignés par le service.
 - d. La classe « **Langue** », indique si le service web est multilingue, chaque instance de cette classe indique une langue du service.

- e. La classe « **Niveau** », indique les niveaux des utilisateurs qui sont autorisés à utiliser le service, il peut être : faible, moyen, fort.
- f. la classe « **Type pédagogique** », décrit le type pédagogique de service qui peut être un simulateur ; un chapitre, un exercice, un test d'évaluation, un calendrier (génération de calendrier), présence (pour enregistrer la présence des apprenants électroniquement),etc.
- g. La classe « **Acteur** », décrit l'utilisateur destinataire de service.
- Rôle : Le rôle de l'utilisateur peut être selon les cas un apprenant,un formateur, un auteur-concepteur ou un administrateur
- h. La classe « **Objet pédagogique** » : indique la liste des catégories d'objets pédagogiques manipulés par le service en question qui peut être : définition, illustration, exemple, exercice, évaluation, etc.
- i. La classe « **Standard** » : Décrit les standards respectés par les objets pédagogiques de service (LOM, SCORM...).
- j. La classe « **style d'apprentissage** » : indique le style d'apprentissage adapté à l'activité pédagogique fournie par le service (les quatre dimensions de style d'apprentissages proposé par felder sont expliquer dans facette Style d'apprentissage de l'ontologie d'utilisateur, Fig.33).La Table 5 montre les relations entre les dimensions de styles d'apprentissage et les activités pédagogiques [Mhanane et al ,13].

	VIS	VER	SEN	INT	SEQ	GLO	ACT	REF
Chapitre	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Exercice	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Evaluation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Simulateur	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						

Table 5 : activité pédagogique et style d'apprentissage

- 2) La classe « **Aspect technique** », comme son nom l'indique, englobe toutes les informations techniques sur le service web.
- a. La classe « **Caractéristiques techniques** » décrit les informations technologiques du web service tels que la version, le débit de communication

exigé pour utiliser le service, nombre maximal d'utilisateurs que peut supporter le service, etc.

- b. La classe « **Logiciel** » décrit les outils soft (système d'exploitation, navigateur et autres logiciels) exigés pour faire fonctionner le service.
- c. La classe « **Matériel** » : décrit le type et la capacité du matériel avec lequel le service peut fonctionner.
- d. La classe « **Duré d'apprentissage** » indique la durée nécessaire pour assimiler l'activité pédagogique fournie par le service.

3) La classe « **Aspect financière** » a comme sous-classes les classes suivantes :

- a. Coût : Le coût de Service.
- b. Droit : Les droits d'accès au Service Web.

Le schéma complet de l'ontologie décrivant les services web e-Learning, que nous avons construits par l'intégration et l'assemblage de notre ontologie de QP avec l'ontologie OWLS, est illustré par la figure Fig.40.

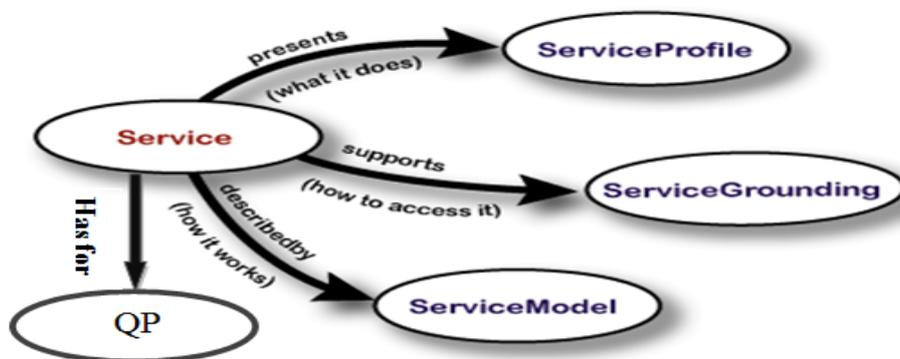


Fig.40. L'ontologie des services web

Après cette présentation de la description des services web e-Learning à travers l'ontologie des services, nous exploitons cette ontologie à deux niveaux

- Au niveau **local** (spécifique) : chaque établissement dispose de son propre ontologie pour la description de ses services
- Au niveau **générique** : Les descripteurs sémantique de services web e-learning distribué dans les différents entrepôts local sont alors utilisés pour capitaliser les connaissances sur les Services Web et alimenter un entrepôt partagé , accessible par tous.

5.1.3. Etapes d'accès aux activités pédagogiques par l'apprenant

Un apprenant (ou enseignant) accède au système e-learning de notre université qui a été créé à base de services web e-learning. La Fig.41 montre les étapes suivies pour afficher une activité à l'apprenant.

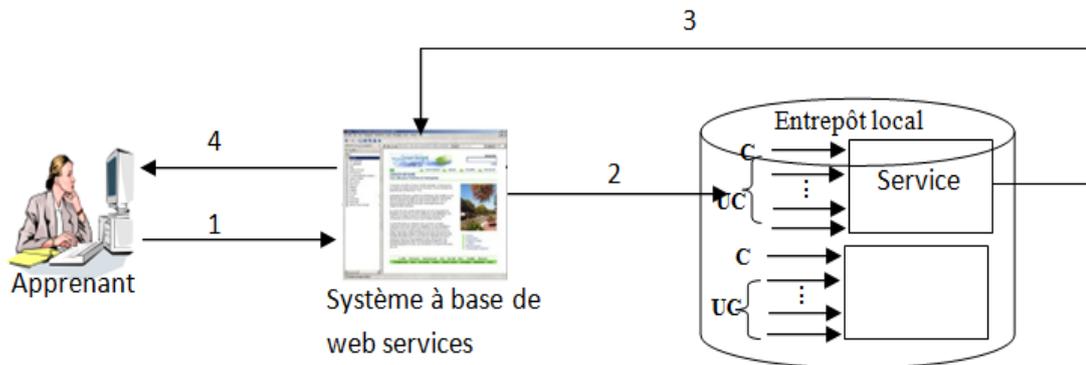


Fig.41. Étapes d'accès aux Services Web de l'entrepôt local

- 1) S'identifier (ou initialisation, modification du profil) pour accéder à la plateforme. Ensuite, l'apprenant va choisir une formation, un domaine, un concept, et un type d'activité pédagogique.
- 2) La requête sera traitée au niveau du système qui va chercher dans l'entrepôt le(s) service(s) pertinent. Ensuite, le système invoque le service qui répond aux besoins de l'apprenant. Une fois le service est invoqué, le système va récupérer les caractéristiques de l'apprenant ainsi que le concept pour être envoyé au service.
- 3) Le service va générer une activité selon les entrées qu'il a reçu de système, ensuite il va l'envoyer le résultat.
- 4) Le système va afficher l'activité à l'apprenant.

5.2. Entrepôt partagé et processus de publication, découverte et réutilisation des fonctionnalités

Dans notre approche, nous proposons une architecture qui consiste à mettre en place un système qui va permettre de :

- Capitaliser au niveau de chaque établissement, tous les Services Web e-learning pertinents produits ;
- Annoter chaque Service Web afin de le rendre accessible et réutilisable.

- Créer un entrepôt pédagogique partagé qui sera alimenté par l'ensemble des descriptions sémantique des services web e-learning distribué dans les différentes établissements. Par la suite, chaque Service pourra être partagé et sera accessible à distance

L'architecture générale du modèle de l'entrepôt partagé est montrée dans la Fig.42

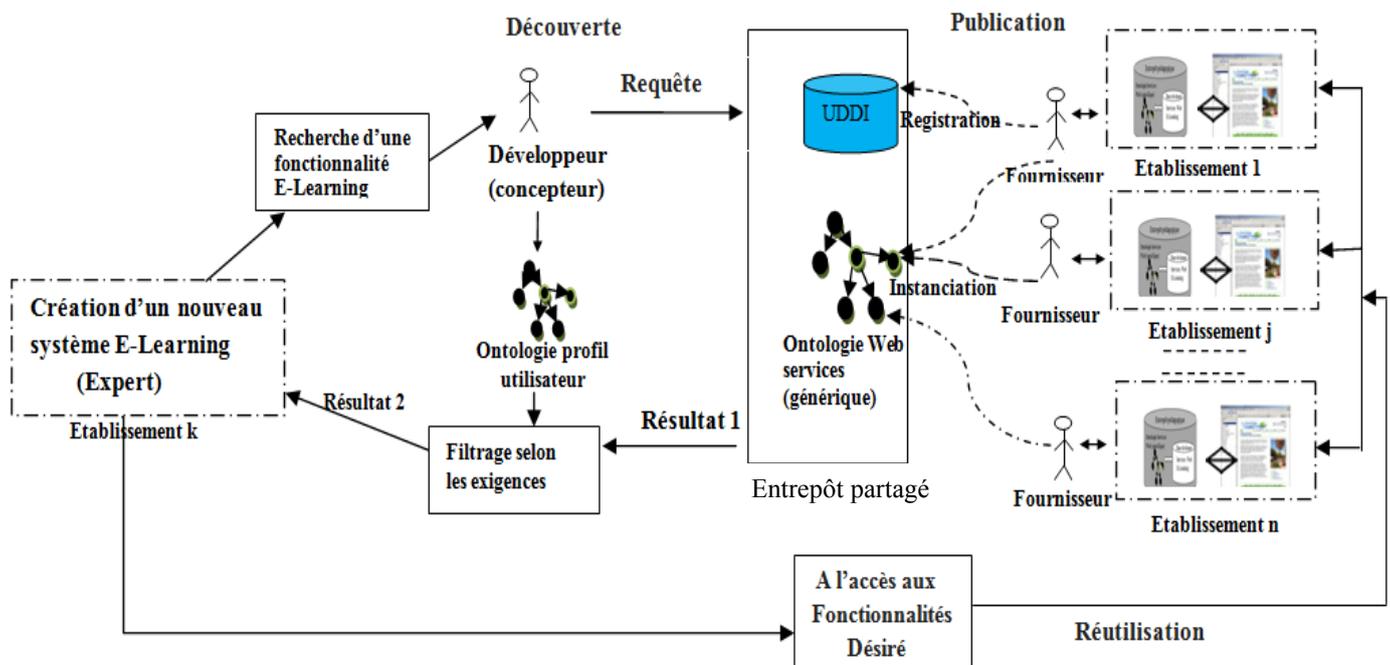


Fig.42. publication, découverte et réutilisation des fonctionnalités

5.2.1. Le module de publication

■ Description du module

Ce module est dédié aux fournisseurs de service voulant publier leurs services proposant ainsi la possibilité d'effectuer les publications de service, en déposant des descriptions WSDL des services au niveau de l'annuaire UDDI et des descriptions sémantiques au niveau de l'ontologie dédiée à la description sémantique, ainsi que l'ajout de fournisseurs de services, en déposant leurs informations au niveau de l'ontologie. L'architecture de ce module est la suivante :

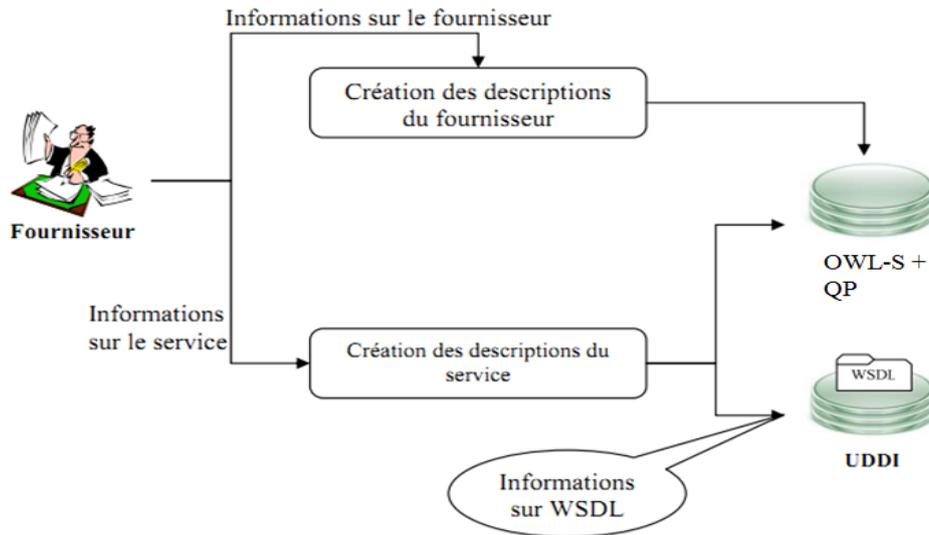


Fig.43. Architecture du module de publication.

■ Fonctionnement du module

Pour une représentation claire et précise des fonctionnalités fournies, nous aurons recours au diagramme de séquence. Ce diagramme offre une représentation dynamique du système. Il montre pas à pas le séquençage des actions constituant le processus de publication.

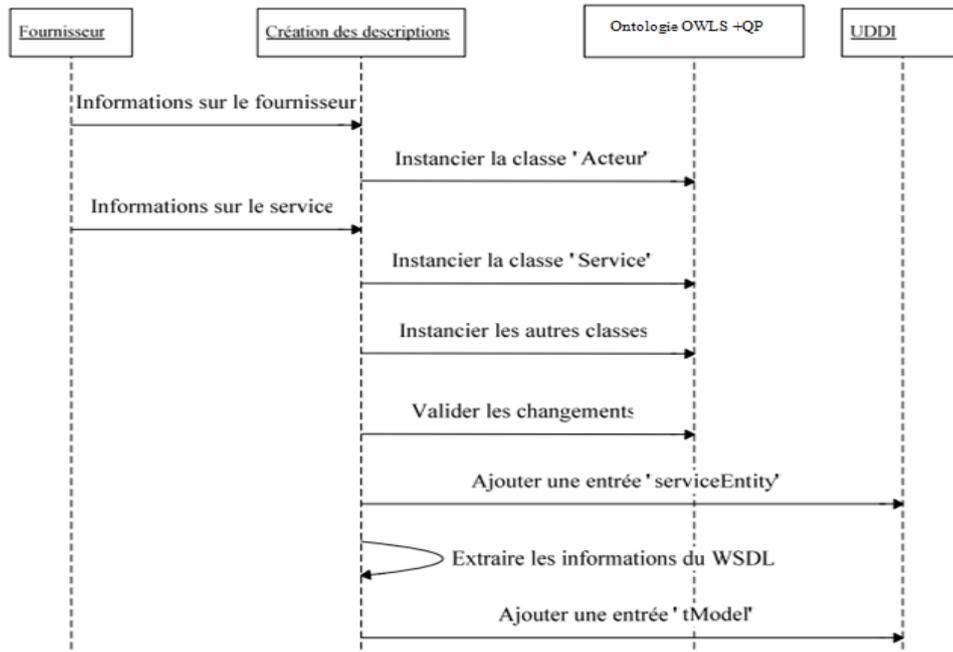


Fig.44. Diagramme de séquence du module de publication.

Le procédé de publication de service est le suivant :

- Le fournisseur introduit ses informations (le nom, adresse, l'URL,) ;
- Le module de publication récupère les informations du fournisseur ;
- Ajoute le fournisseur dans l'ontologie définie précédemment par l'instanciation de la classe correspondante ;
- Le fournisseur introduit les informations nécessaires sur le service à publier (le nom, l'URL, informations pédagogiques, coût, version,....) ;
- Le module de publication récupère les informations du service afin de générer, par la suite, les descriptions sémantiques et les descriptions WSDL ;
- Instancier la classe « Service » ainsi que les classes correspondantes aux informations introduites par le fournisseur ;
- Ajouter une entrée « serviceEntity » dans UDDI.
- Extraire les informations techniques à partir du fichier WSDL afin d'inscrire le WSDL en tant que tModels ;
- Ajouter une entrée tModels dans UDDI.

5.2.2. Le module de découverte

Les utilisateurs de web services doivent pouvoir trouver rapidement un service offrant les fonctionnalités désirées. Une étape préliminaire à l'utilisation d'un web service est sa découverte. C'est par le mécanisme de découverte, que les utilisateurs peuvent localiser et interroger les services.

■ ***Description du module***

Lors de la conception d'un nouveau système e-learning, le développeur peut rechercher selon ses exigences et préférences ; des fonctionnalités existants publiés par les fournisseurs de différentes institution . Une fois les services sont décrits et stockés dans l'ontologie et dans l'annuaire UDDI, il est possible de rechercher ces services en utilisant des requêtes posées par le concepteur (développeur). Deux niveaux de recherche sont possibles :

- Un niveau simple avec lequel la recherche se fait sur le nom et la description du service seulement,

- et un niveau avancé avec lequel l'utilisateur précise les aspects de recherche, en quelque sorte les classes de l'ontologie au niveau desquelles va être effectuée la recherche.

Un aspect important du procédé de découverte est le filtrage des résultats de découverte selon les besoins et préférences du demandeur de service. Pour cela, le demandeur s'authentifie auprès du web service de gestion de profil, qui se chargera de découvrir les préférences du demandeur et de les présenter au module de découverte afin qu'il filtre les résultats trouvés.

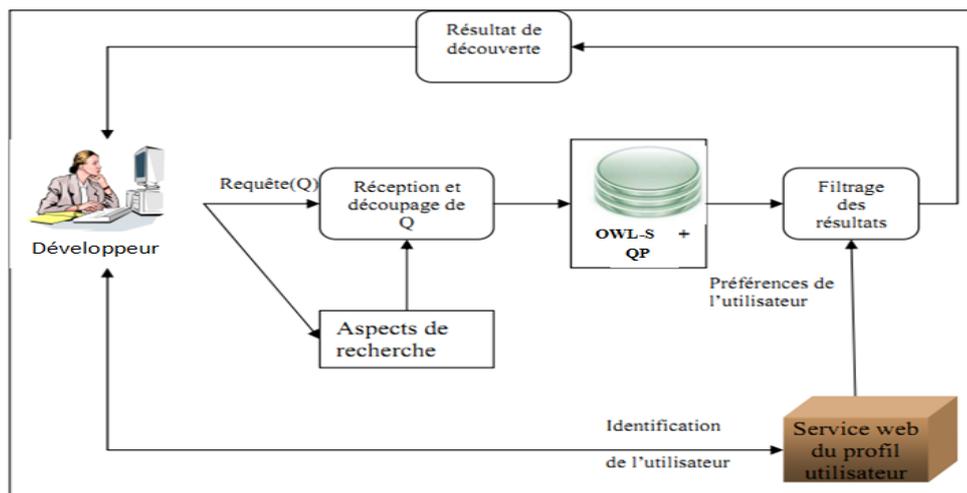


Fig.45. Architecture du module de découverte.

■ **Fonctionnement du module**

Avec notre mécanisme de découverte, la requête de l'utilisateur passe par plusieurs phases de traitement avant d'être envoyée à l'ontologie. Afin d'illustrer ces différentes phases, on présente le diagramme de séquence ci – après :

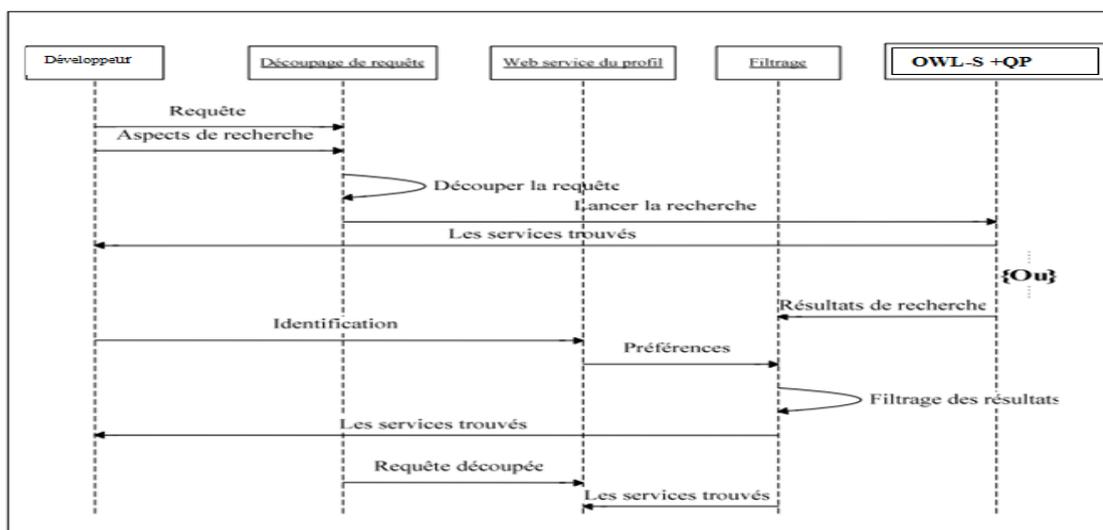


Fig.46. Diagramme de séquence du module de découverte.

Le fonctionnement de l'opération de découverte est le suivant :

- Le demandeur du service introduit sa requête,
- Il précise les aspects de recherche,
- Le système de découverte récupère la requête,
- Ensuite, il la découpe et précise les classes cibles de la recherche selon les aspects et conditions indiqués par le demandeur,
- Il lance la recherche dans l'ontologie,
- Si le demandeur souhaite que le système lui affiche seulement les résultats convenables à son profil, alors il doit s'authentifier auprès du web service de profil, ce dernier récupère ses préférences et les présentes au module de filtrage qui procède au filtrage des résultats.
- Sinon, le système affiche les résultats directement.

■ *Algorithme de découverte*

L'algorithme de découverte consiste à découper la requête de l'utilisateur en un ensemble de mots ou de critères en vue de les utiliser pendant la recherche[Boudali,08]. Ainsi, l'utilisateur indique les aspects de recherche à partir desquels l'algorithme définit les classes qui vont être utilisées pendant la recherche, sinon une seule classe va être utilisée, qui est la classe « ServiceProfil ». Par la suite, le système parcourt tous les services et vérifie s'ils répondent aux différents critères. En vue d'afficher les résultats selon l'ordre d'importance, un poids est associé à chaque service trouvé, ce poids est incrémenté de 1 à chaque fois que le service répond à un critère. L'algorithme suivant illustre les différentes étapes d'exécution de l'opération de recherche de web services:

```

R : requête ;
C : ensemble des critères de recherche ;
A : ensemble des aspects de recherche ;
CL : ensemble des classes cibles de la recherche ;
S : ensemble des services trouvés ;
P : les poids affectés aux services trouvés ;

Entrée
R ←Requête de l'utilisateur;
A ← Aspects de recherche sélectionnés par l'utilisateur ;
Début
//***** Découpage de la requête
C ←découper (R) en un ensemble de mots ;

//***** La recherche dans l'ontologie
Charger l'ontologie ;
CL← la classe « ServiceProfil »
Pour tous les Aj
Si Aj est sélectionné : CL ←CL + classes correspondantes ;
Fpour
Pour toutes les instances de la classe « Service »
Pi←0 ;
Pour tous les critères (C)
Pour toutes les instances des classes de CL du service courant
Si CLj vérifie le critère Ck
Si Pi=0 : S ←S + service courant ;
Pi ←Pi+1 ; Fsi
Fpour
Fpour
i++ ;
Fpour
Afficher (S) selon l'ordre décroissant des Poids (P).

```

■ *Filtrage des résultats de découverte selon le profil de l'utilisateur*

La construction d'une ontologie décrivant le profil d'utilisateur offre des facilités de recherche intéressantes au processus de découverte. A cette fin, on a défini une ontologie pour le profil utilisateur. Pour exploiter cette ontologie, on a conçu un système de gestion de profil sous forme d'un web service. On a opté pour la forme web service, afin d'être utilisé par d'autres systèmes e-learning à savoir système d'adaptation, système d'évaluation,etc.

Algorithme de filtrage des résultats de découverte

Pour réaliser le filtrage des résultats trouvés, le système de découverte invoque le web service de gestion de profil afin d'authentifier l'utilisateur et de récupérer ses préférences. Le poids d'un service est incrémenté du nombre de préférences vérifiées. Un service est enlevé de l'ensemble des résultats s'il ne répond à aucune préférence. Le filtrage des résultats se fait comme suit :

```

//***** Filtrage des résultats de Recherche selon le profil
Invoquer le service web du profil ;
Identifier l'utilisateur ;
S'il existe : Préférences et caractéristique ? Récupérer les préférences de
l'utilisateur ;
Fin Invocation

Pour tous les services trouvés (S)
  Pour toutes les préférences et caractéristiques
    Si le service (Si) répond au besoin :  $P_i \leftarrow P_{i+1}$  ;
  Fpour
  Si le service (Si) ne répond à aucune préférence :  $S \leftarrow S - \text{le service (Si)}$  ;
Fpour
Afficher (S) selon l'ordre décroissant des Poids (P)

```

5.2.3. Le module d'invocation (réutilisation) de service

Après la phase de recherche, le service trouvé doit être invoqué.

■ **Description du module**

Une fois qu'une liste de services est découverte, elle est automatiquement envoyée au consommateur, par la suite ce dernier choisit le service à invoquer. Le service choisi va être invoqué par le programme en récupérant les informations nécessaires à partir de sa description WSDL et en se connectant à ce service, ensuite le consommateur interagit directement avec le serveur du service en invoquant ses opérations et ses méthodes.

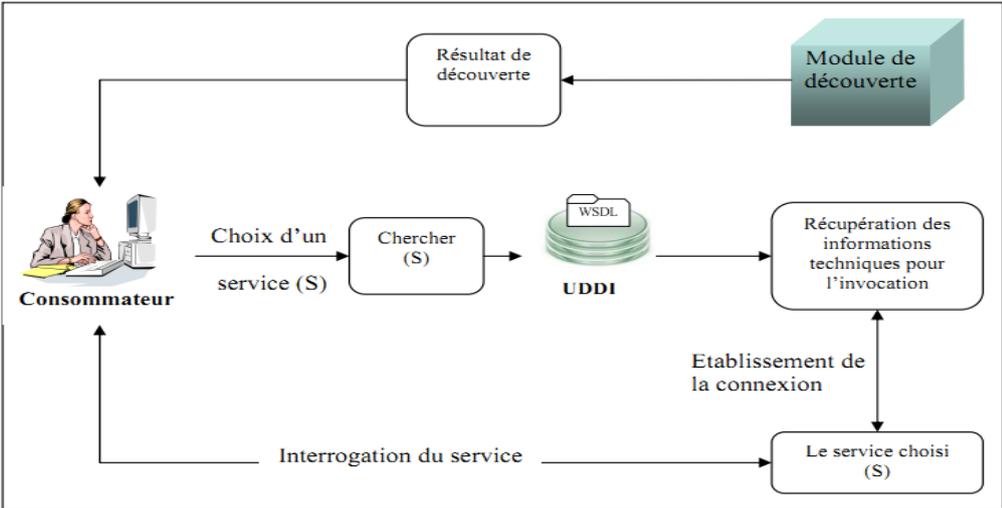


Fig.47. Architecture du module d'invocation de web service.

■ **Fonctionnement du module**

L'opération d'invocation est décrite dans le diagramme de séquence suivant :

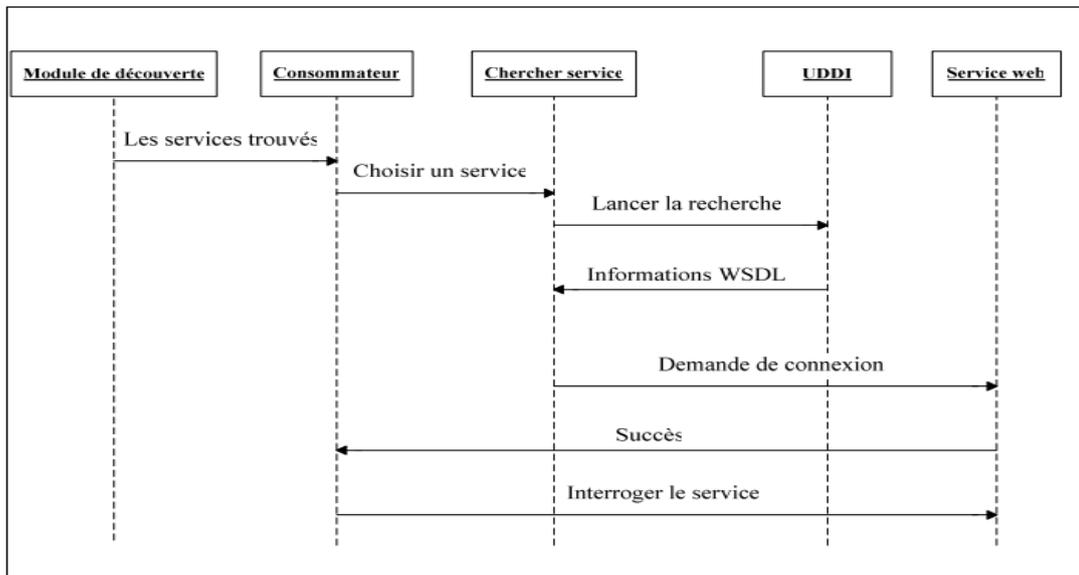


Fig.48 .Diagramme de séquence du module d'invocation.

Une fois que le consommateur a choisi un service, le programme d'invocation recherche le service dans l'annuaire (serviceEntity ou businessEntity) à partir de son nom. Si le service est trouvé, le programme d'invocation recherche son tModel afin de récupérer les informations techniques sur les méthodes et les interfaces du service. Dans le cas où ces dernières sont récupérées avec succès, l'interaction en temps réel entre le consommateur et le service va être initialisée.

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté notre démarche méthodologique développée pour la modélisation de notre environnement *ESWSE*. Cette démarche est constituée principalement de deux étapes allant de la proposition d'un entrepôt de services web e learning en local à la proposition d'un modèle d'entrepôt partagé qui capitalise l'ensemble des Services Web distribués dans les entrepôts de différentes institutions en un seul endroit via leurs descriptions sémantiques .

L'approche présentée apporte une certaine intelligence dans le processus de recherche, mais aussi plus de pertinence grâce à l'utilisation des ontologies développées (Domaine, Objets pédagogiques , services web , profil utilisateur) comme technique d'indexation et par l'exploitation des liens sémantiques entre les concepts . Un premier prototype concrétisant notre approche sera développé dans le chapitre suivant. Dans la suite de ce mémoire, nous présentons l'environnement développé pour valider nos idées.

Chapitre 5

Mise en œuvre

1. Introduction

Afin de tester la faisabilité de notre approche, nous avons développé l'environnement *ESWSE* qui met l'accent sur la visualisation et la navigation au sein des différentes ontologies et ceci pour faciliter la création, l'accès et la recherche pertinente des services web e-learning. Cet environnement contient deux parties. La première pour la création de l'entrepôt de services web e-learning en local, la deuxième pour la mise en œuvre d'un entrepôt partagé qui met l'accent sur l'indexation et la navigation au sein de l'ontologie de services et ceci pour faciliter l'accès et la recherche pertinente des services web e-learning distribué dans différentes institutions. L'environnement intègre des outils nécessaires à savoir : un web service de gestion de profil utilisateur, un outil d'édition et d'enrichissement des objets pédagogiques, un outil de recherche et composition des objets pédagogiques, un module de publication de services web, un module de découverte, un module d'invocation, etc. Les ontologies élaborées interviennent dans plusieurs phases.

2. Architecture logicielle du système *ESWSE*

Le système *ESWSE* que nous proposons permet : (1) la construction des services web e-learning (ou l'extraction à partir des sources de services) : chapitre, exercice, évaluation, simulateur. Ces services sont de type hypermédia adaptatif dynamique. Ils permettent la construction dynamique des contenus en adaptant l'offre de formation en fonction des profils apprenants. Les documents présentés sont dynamiques et personnalisés car ils sont créés à partir d'objets pédagogiques sélectionnés en fonction des besoins des apprenants. Les besoins des apprenants sont pris en compte par le biais des notions qu'ils souhaitent étudier et de filtres qu'ils sélectionnent, (2) l'annotation sémantique de services créés (ou extraits) par une ontologie de services et leur stockage dans un entrepôt local pour

faciliter leur recherche et réutilisation , (3) la construction de l'entrepôt partagé qui sera alimenté par l'ensemble des descripteurs de services web distribués dans les différents entrepôts des institutions. Ce dernier est interrogé essentiellement par les développeurs de nouveaux systèmes e-learning dans le cadre de la découverte des fonctionnalités pédagogiques. Par la suite, au lieu de reconstruire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web liés à l'e-learning. Ceci permet de réduire considérablement le temps, les efforts et les coûts nécessaires au développement de nouveaux systèmes e-learning.

ESWSE est composé de deux parties :

2.1. Entrepôt local : le module EFCA (Extraction Filtrage Chargement Annotation)

Ce module est destiné aux experts (auteurs). Ils se connectent à ce module par l'intermédiaire d'une interface .Son rôle consiste à l'alimentation de l'entrepôt.

Le module « EFCA » se compose de quatre phases : (1) extraction (ou création) des fonctionnalités pédagogiques, (2) filtrage, (3) chargement dans l'entrepôt local, (4) l'annotation sémantique des fonctionnalités chargées. La Fig.49 montre l'architecture fonctionnelle de module EFCA

- *Extraction*: cette première phase de construction de l'entrepôt consiste à extraire les fonctionnalités jugées utile et pertinents à partir des différentes sources de services web
- *Filtrage* : il s'agit de sélectionner les fonctionnalités pédagogiques pertinentes pour les capitaliser.
- *Chargement* : une fois les fonctionnalités pédagogiques sont extraites de leurs sources et filtrés, l'expert va les charger dans l'entrepôt local. Dans le cas où les services sont créés en local , l'expert va les charger directement dans l'entrepôt sans passer par la phase de filtrage . L'entrepôt local est présenté soit par un SGBD ou en utilisant le XML natif qui va contenir des fonctionnalités pédagogiques de notre site (université)

- *Annotation* : A chaque Fonctionnalité pédagogique sont associés une ou des annotation(s) sémantiques par rapport à l'ontologie de services web. La mise en relation entre l'ontologie et le contenu des fonctionnalités pédagogiques s'appuie sur les techniques d'indexation automatique.

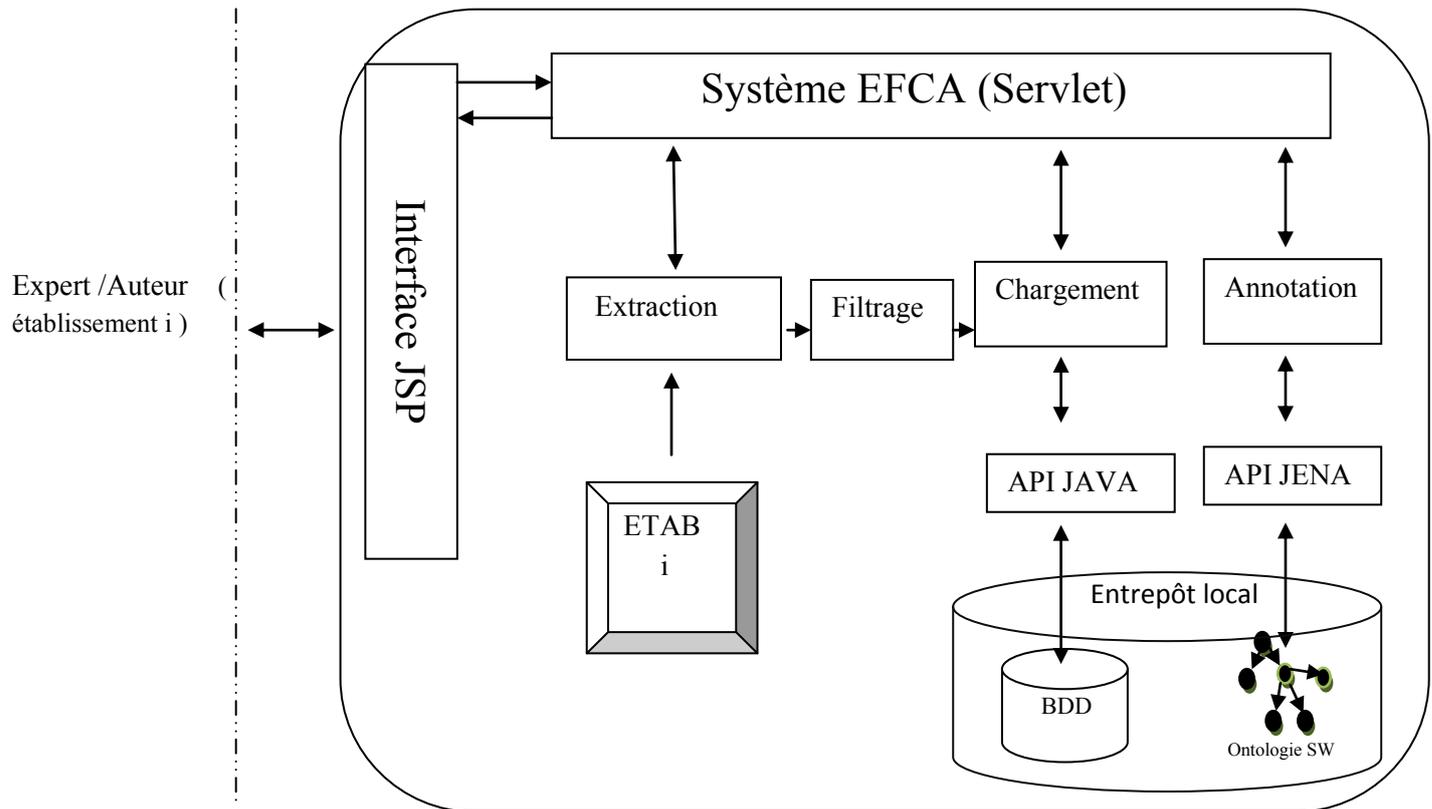


Fig.49. Architecture fonctionnelle de module EFCA

Les scénarios de la création de l'entrepôt local par l'auteur se présentent comme suit Fig.50:

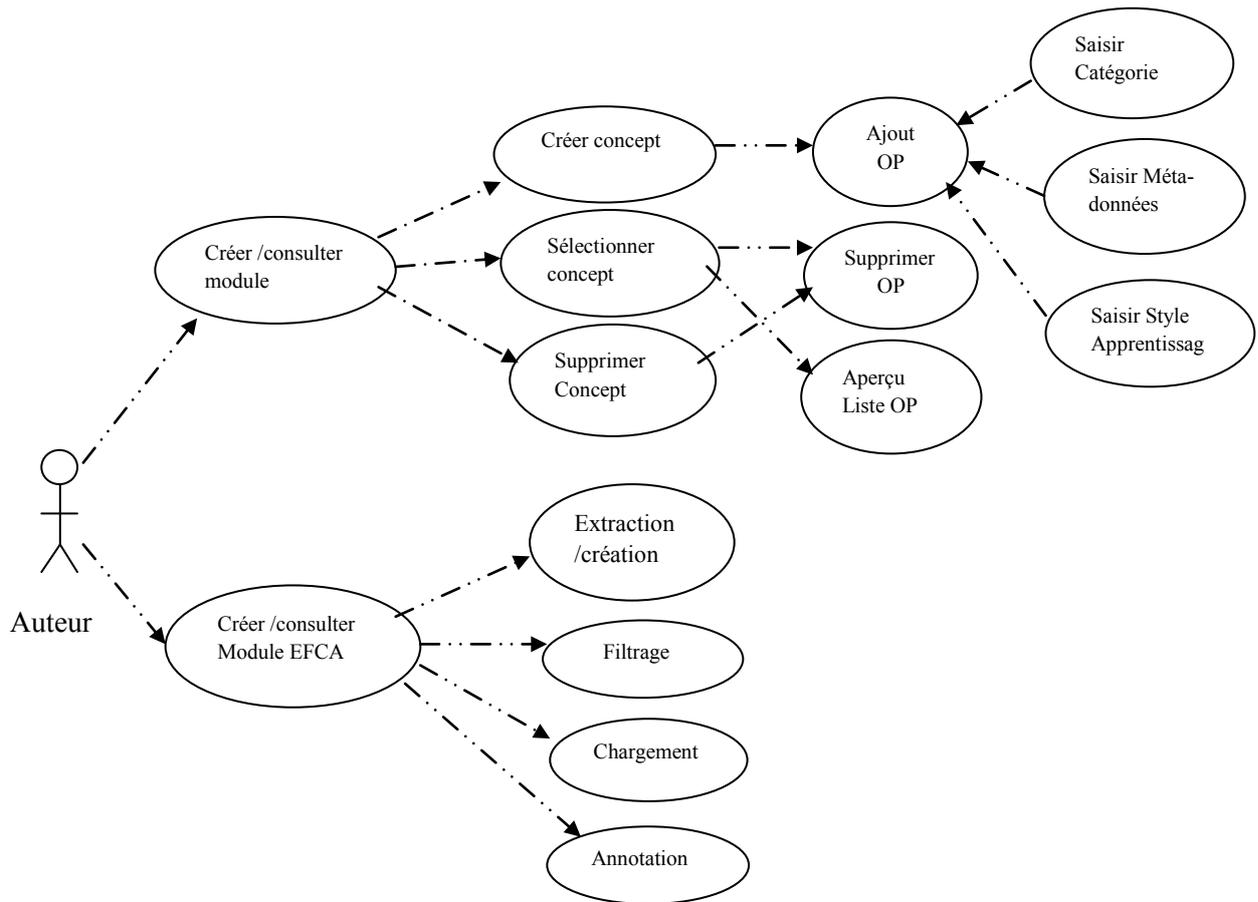


Fig.50.Diagramme de cas d'utilisation de l'entrepôt par l'enseignant auteur

2.2. Entrepôt partagé

Les fonctionnalités disponibles au niveau de chaque institution restent localement réservées, et non accessibles par les utilisateurs d'autres institutions. Dans notre approche, nous proposons une architecture (entrepôt partagé) qui sera alimenté par l'ensemble des descripteurs de services web distribué dans les différents entrepôts locaux. Ainsi chaque fonctionnalité pourra être partagée entre institutions, et elle sera accessible à distance. La Fig.51 montre l'architecture logicielle de modèle.

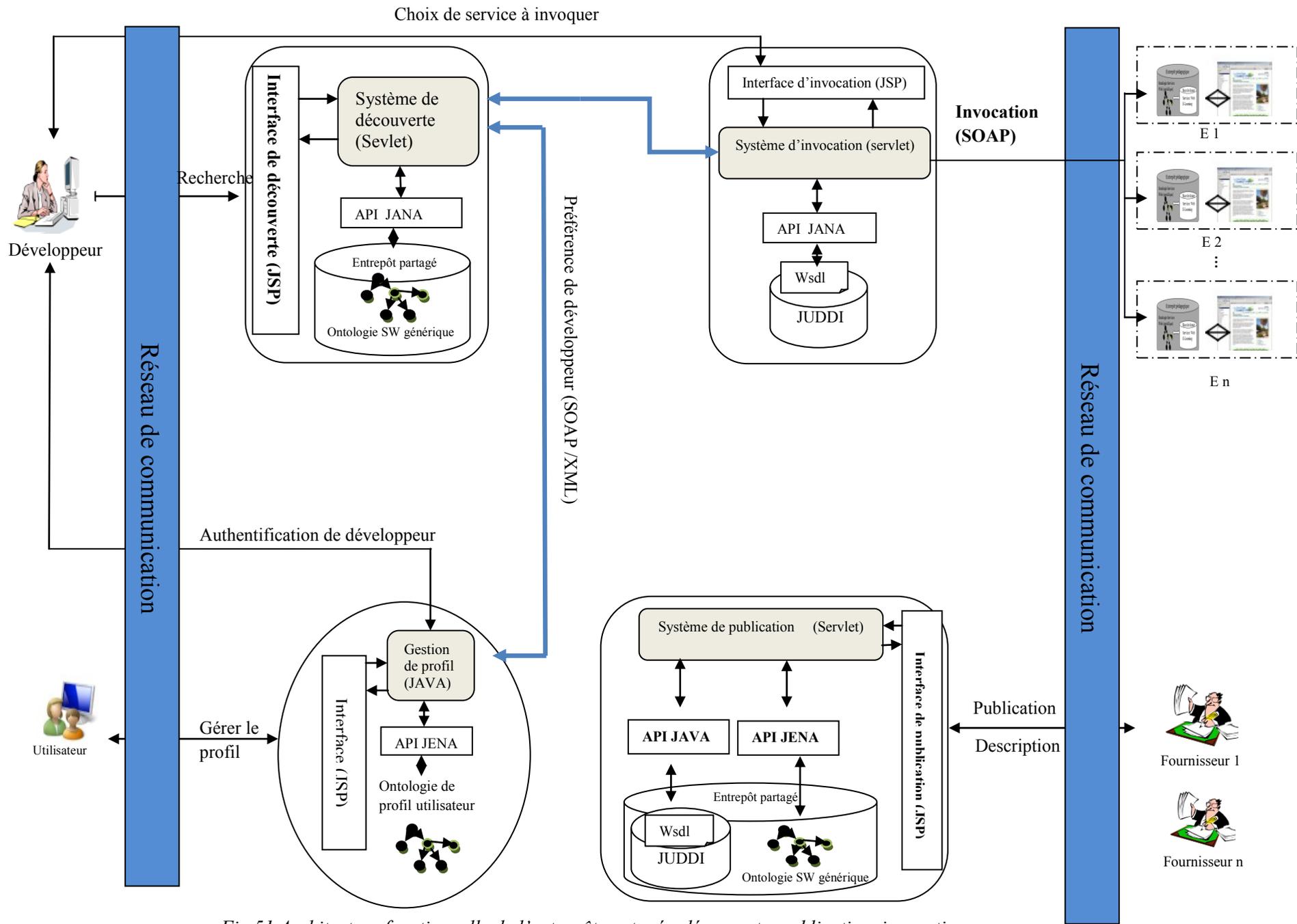


Fig.51. Architecteur fonctionnelle de l'entrepôt partagé : découverte, publication, invocation

■ Cas d'utilisation commun à tous les utilisateurs

Ce diagramme représente les cas d'utilisations d'un utilisateur quelconque, autrement dit, les fonctionnalités que doit fournir le entrepôt partagé à tous ses utilisateurs. Ces fonctionnalités sont :

- La recherche de web service : tous les utilisateurs peuvent interroger l'entrepôt partagé afin de trouver des web services.
- L'invocation de web service : l'invocation des web services est faisable par n'importe quel type d'utilisateur.
- La gestion du profil : chaque utilisateur peut gérer (création et modification) son profil.
- La publication de web service : le fournisseur peut publier ces offres dans l'entrepôt partagé .

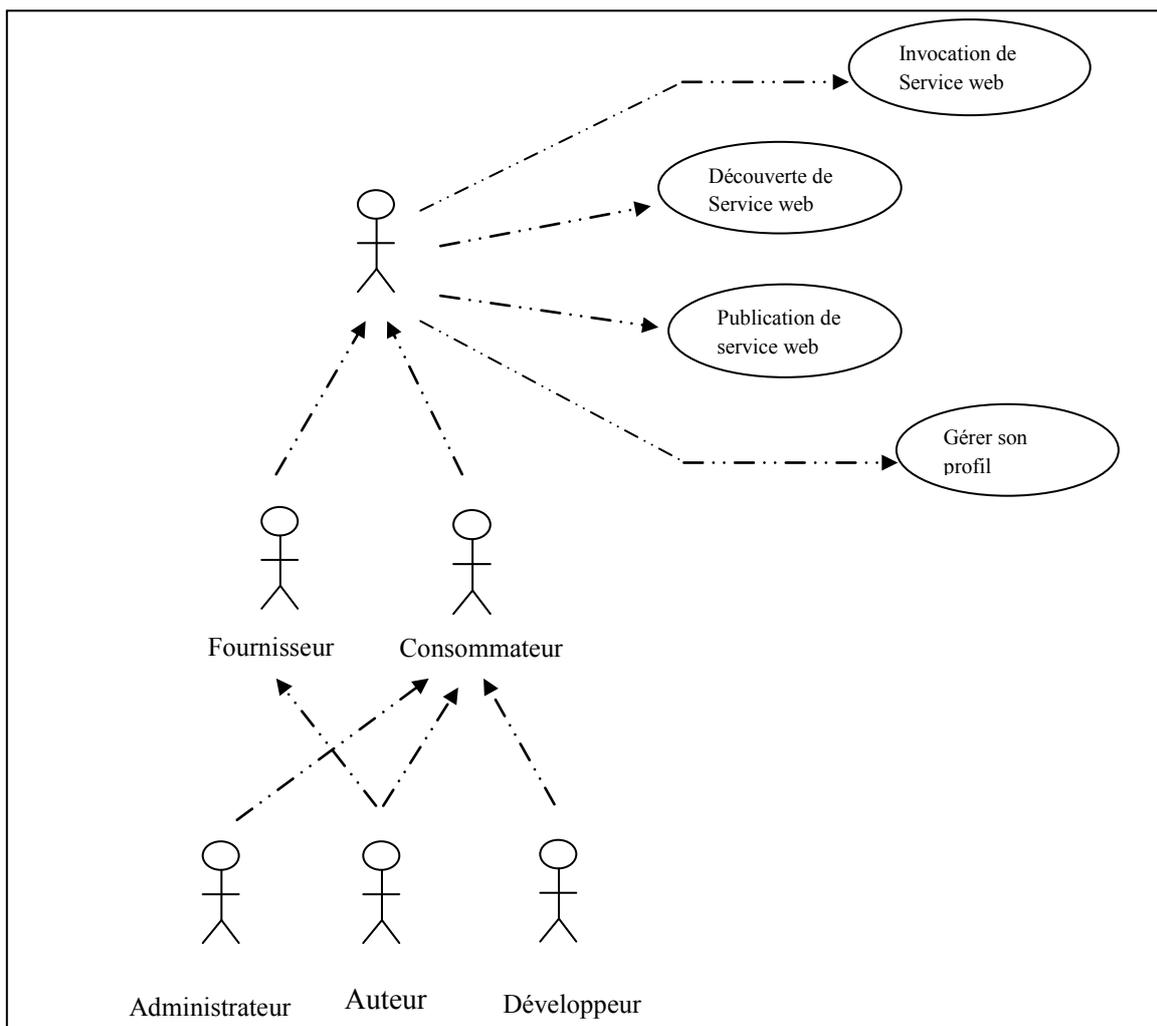


Fig.52. Cas d'utilisation de tous les utilisateurs.

2.3. Exemple de service web e-learning de type chapitre

Nous avons créé des fonctionnalités pédagogiques (services web e-learning) dans le but est de permettre aux développeurs de les réutiliser dans la création de nouveaux systèmes e-learning . La Fig.53 illustre explicitement l'architecture logicielle de principales étapes pour générer un chapitre selon les préférences de l'apprenant, par l'invocation de notre service web de type chapitre par un système e-learning distant. La fonctionnalité chapitre incorpore tous les composants généralement rencontrés dans l'architecture des systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques. Il est composé de trois modules :

- Un module éditeur: permettant l'édition sémantique des objets pédagogiques. Cet outil permet l'enrichissement des notions associées aux modules d'enseignement par des objets pédagogiques de différentes catégorie . A l'aide de cet outil les enseignants peuvent intégrer tous les paramètres et attributs lors de la création de leurs objets pédagogiques. Ces attributs serviront de base à l'adaptation , ainsi nous pourrons filtrer ces objets en fonction du niveau de difficulté, de la langue ,etc .
- Un module de recherche et sélection : permet la recherche et la sélection des objets pédagogiques en utilisant l'ensemble de règles pédagogique.
- Un générateur de contenus : permet la composition dynamique et la présentation de l'hypermédia par des objets pédagogiques les plus adaptés aidant l'apprenant dans son apprentissage, tout en renforçant son intérêt. Les traitements de présentation concernant la mise en forme des documents XML sont réalisés par des feuilles de styles CSS. Ceci permet la présentation du document en HTML sur le navigateur de l'apprenant.

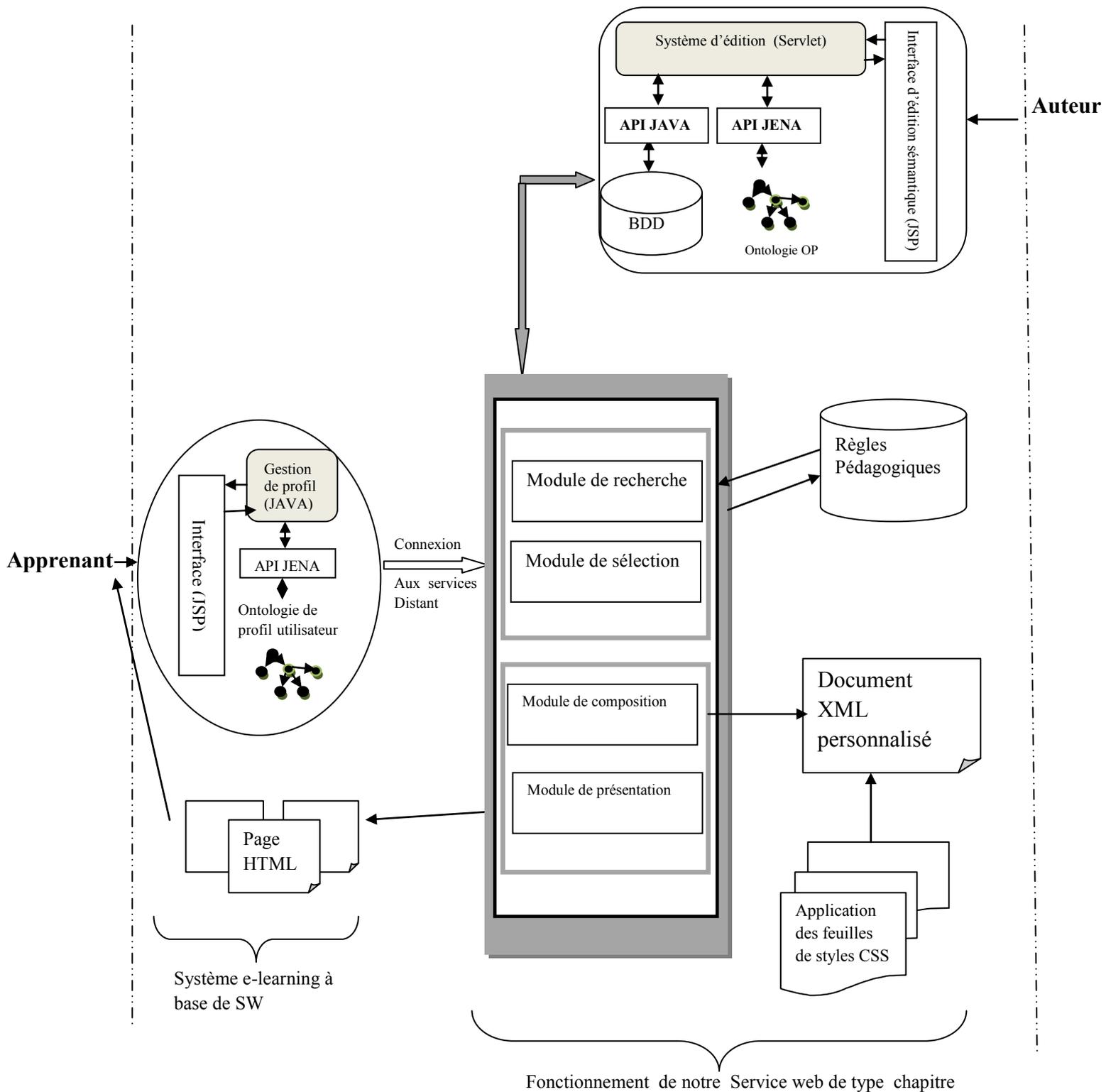


Fig.53. Architecture fonctionnelle de service web chapitre et son invocation par un système e-learning

3. Les outils de développement

Nous avons implémenté le système sous forme d'une application Web. Pour cela nous avons utilisé le langage Java et les Servlets qui permettent une grande flexibilité et la portabilité de l'application. Celle-ci rentre dans le cadre de la nouvelle génération du Web (le Web sémantique). En effet nous avons utilisé le langage OWL pour représenter les ontologies. Une des raisons du succès d'OWL et des technologies du Web Sémantique est l'existence de nombreux outils pour la gestion des ontologies. En effet, on dispose de bibliothèques, d'interfaces de programmation (API en anglais), etc, qui facilitent la création et l'édition d'ontologies, leur accès depuis un programme. De plus, une grande partie de ces logiciels ont des licences libres, ce qui permet de les obtenir, de les étudier, de les modifier et de les partager plus facilement.

3.1. Outil d'édition d'ontologies OWL

L'éditeur Protégé¹ [Knublauch et al, 04], développé par l'Université de Stanford en collaboration avec l'Université de Manchester, permet la création et l'édition d'ontologies OWL. Son code source libre, est écrit en Java, et admet des extensions sous forme de plugins. Il existe de nombreux plugins, par exemple pour la visualisation des ontologies et pour l'édition des règles SWRL associées. La dernière version stable disponible actuellement est la 4.3, mais la version bêta 5.0 est disponible également.

3.2. Outils de traitement des ontologies OWL

Il existe de nombreuses bibliothèques logicielles pour accéder par programme aux ontologies OWL, elles fournissent des fonctions qui permettent de créer une ontologie, de la lire, de créer le modèle en mémoire correspondant, de le modifier et de l'enregistrer. La plupart de ces bibliothèques sont implantées avec le langage Java. Les principales bibliothèques pour le traitement des ontologies OWL sont: OWL API² et Protégé-OWL API³.

¹<http://protege.stanford.edu/>

² <http://owlapi.sourceforge.net>

³ <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/api/>

Par ailleurs, Il existe aussi des logiciels qui sont capables, par déduction, d'extraire des connaissances implicites contenues dans une ontologie, tels que Jena API¹ , Pellet² ou Bossam³. Ces logiciels peuvent s'exécuter comme une application indépendante ou être appelés depuis un autre programme [Sancho, 10].

■ Choix d'outils

Nous résumons nos choix retenus pour la création et le traitement d'ontologies dans la table 6.

Outil /Langage	Choix
Création/édition d'ontologies	Protégé 3.5
Accès par programme aux ontologies	Jena Api
Moteur d'inférence	Pellet 2.2.2
Version d'OWL	OWL 2

Table.6. Choix d'outils pour la création et le traitement des ontologies

Les choix retenus sont les suivants : Protégé 3.5 pour la création et l'édition d'ontologies, JENA API pour l'accès par programme aux ontologies, Pellet comme moteur d'inférence pour la vérification de la cohérence de l'ontologie ou sa classification car il est plus complet et plus puissant pour effectuer ces tâches.

3.3. Technologies des web services

3.3.1. UDDI

Dans notre architecture les descriptions des services Web sont sauvegardées dans le registre JUDDI⁴. JUDDI est un registre open source implémenté en Java pour représenter le registre UDDI. Il est caractérisé par son indépendance aux plateformes. JUDDI peut être utilisé avec n'importe quelle base de données relationnelle supportant le standard ANSI SQL comme par exemple : MySQL, JDataStore, etc. Dans notre cas JUDDI est utilisé avec MySQL. UDDI4J est l'API java utilisée pour exploiter les données JUDDI.

¹ <http://jena.sourceforge.net/>

² <http://clarkparsia.com/pellet/>

³ <http://bossam.wordpress.com/>

⁴ <http://ws.apache.org/juddi>

3.3.2. *Plateforme web services*

Pour la plateforme de web services, on a utilisé Axis (la version 2) proposé par la fondation Apache qui est une implémentation du protocole SOAP pour Java. Axis permet d'implémenter de manière transparente des web services écrits en java au sein du serveur d'application J2EE Apache Tomcat et de les déployer. Il en résulte une plateforme web hybride supportant à la fois des requêtes HTTP et des requêtes SOAP. La plateforme se veut donc à la fois un serveur web délivrant des pages HTML dynamiquement au moyen de Servlets et de JSP et une plateforme d'hébergement de web services [Boudali,08]

4. Les ontologies

La conception des ontologies de description des web services , des objets pédagogique et du profil utilisateur était l'une des étapes les plus importantes de notre projet. On entame maintenant la mise en œuvre de ces ontologies.

4.1. Ontologie des objets pédagogiques

Pendant l'étape de conception (avons suivi la méthodologie de Noy, sept étapes) nous avons essayé de concevoir une ontologie qui permettrait de recenser et d'organiser en concepts tous les aspects de choix et de sélection des objets pédagogiques. Chaque concept du domaine d'enseignement indexe des objets pédagogiques de différentes Catégories (Définition, Exemple, Illustration, Exercice) de différents niveaux (Bas, Moyen, Expert) de différents types (Image, Texte) , chaque objet possède des valeurs de styles différents selon l'usage de chaque objet. Nous avons essayé de créer cette ontologie aussi exhaustive que possible. Plusieurs facettes (concepts) sont proposées pour la description d'un objet pédagogique Fig.54.

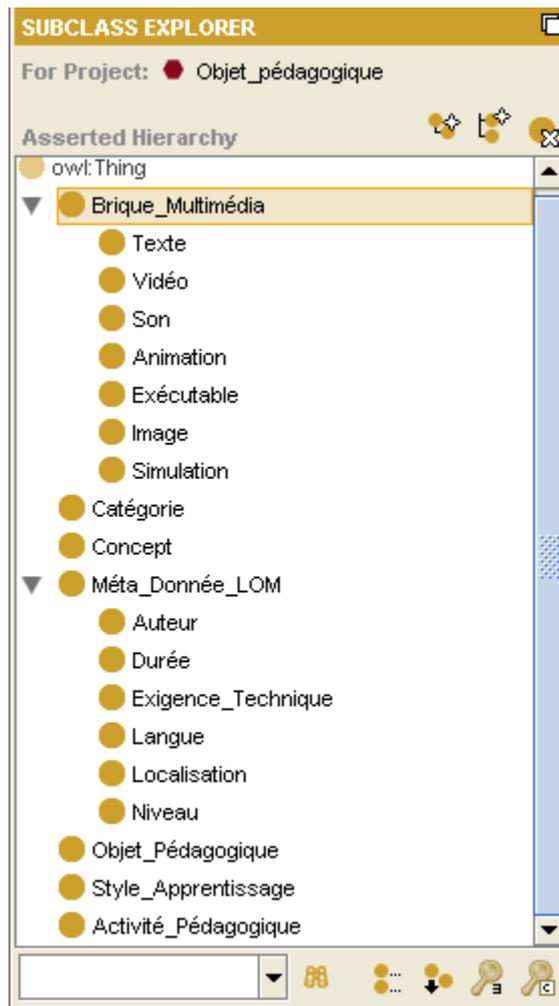


Fig.54. L'ontologie des objets pédagogiques.

4.2. L'ontologie des services web

Pendant l'étape de conception nous avons essayé de concevoir une ontologie qui permettrait de recenser et d'organiser en concepts tous les aspects de choix et de sélection des web services e-learning. Ceci en démarrant d'une solution qui existe dans le monde des web services, qui est l'ontologie OWL-S. Nous avons essayé d'intégrer notre ontologie à OWL-S de telle façon à garantir une description complète des services. On donne ci – après une figure qui représente cette ontologie des services :

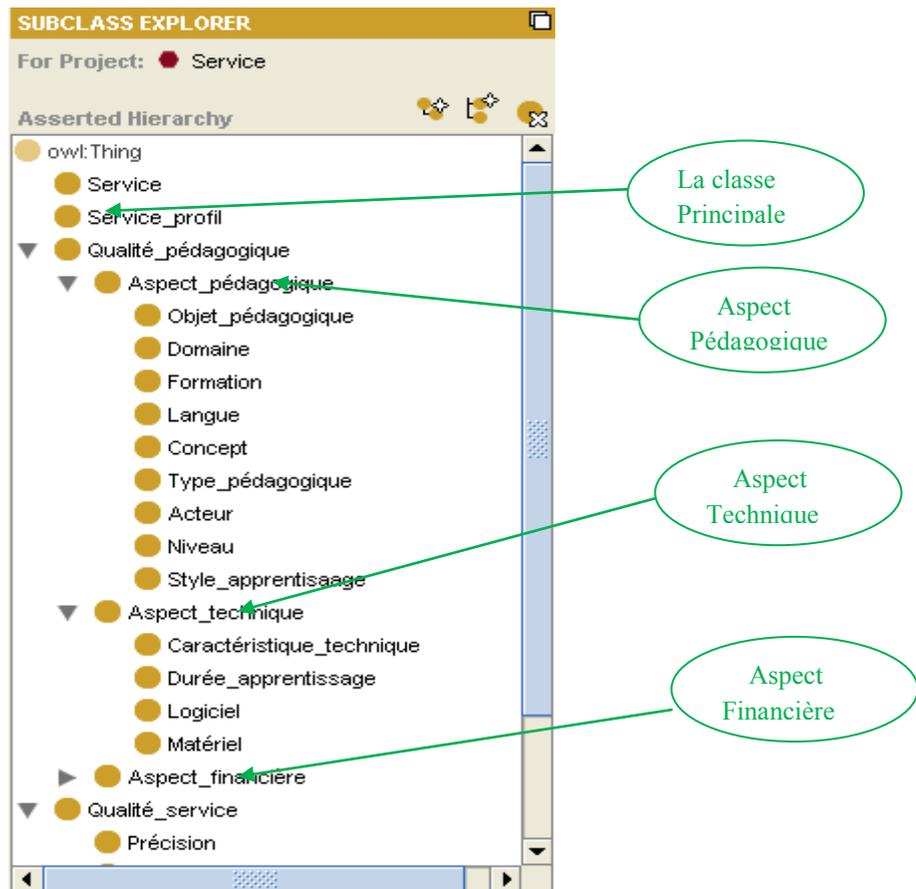


Fig.55. L'ontologie des web services.

L'ontologie est organisée, selon les principaux critères que nous avons jugés importants à prendre en considération lors du choix d'une fonctionnalités e-learning ,comme suit :

- Les informations générales sur le service telles que le nom, l'URL,...
- Les informations sur le fournisseur du service, ainsi que les références du service ;
- Les informations pédagogiques
- Les informations techniques
- Et les informations financières, à savoir les coûts, droit

4.3. Ontologie du profil utilisateur.

Nous avons conçu une ontologie pour le profil utilisateur afin de garder les préférences de l'utilisateur, et d'utiliser ces informations dans la recherche des web services(développeur) et des objets pédagogiques (apprenant , enseignant). En plus des préférences, l'ontologie contient d'autres informations telles que style d'apprentissage , les connaissance dans le concept d'apprentissage , niveau ,etc qui servent à identifier l'utilisateur et adapter l'offre selon ses besoin .

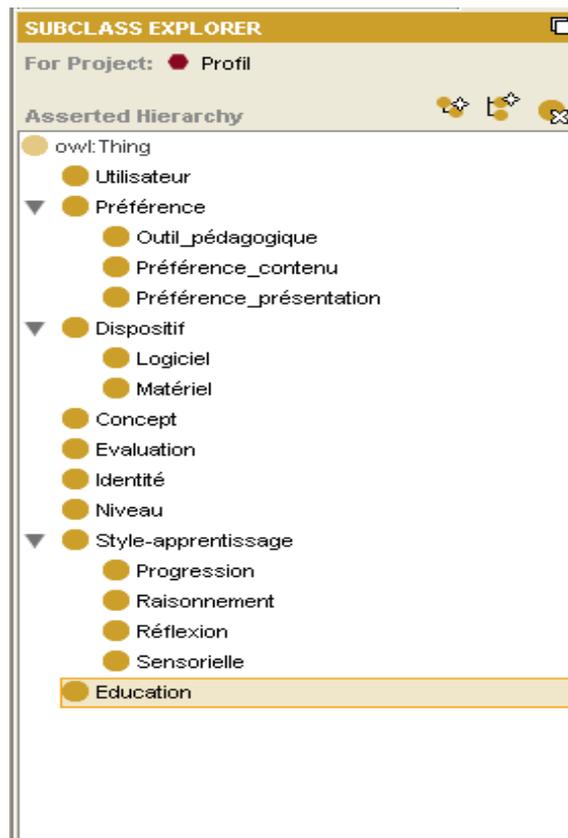


Fig.56.Ontologie de profil utilisateur

A travers cette ontologie de profil utilisateur, nous avons essayé d'organiser tous les types d'information qui peuvent influencer et améliorer la recherche des objets pédagogiques de façon générale, et la recherche de web services de façon spéciale. Ces informations sont organisées dans des classes et des hiérarchies telles que indiquées dans la figure ci-dessus. Cette ontologie est munie d'un web service pour qu'elle puisse être interrogée et manipulée à distance par n'importe qu'elle autre web service ou programme d'une plateforme e-learning.

5. Présentation de quelques fenêtres de notre système

Lors de la première connexion au système, l'utilisateur est amené à s'inscrire et à initialiser son modèle . Pour cette opération, nous avons choisi un ensemble de questions qui vont nous permettre d'avoir des informations sur les connaissances, préférences, etc. de l'utilisateur .

Un fichier OWL correspondant à chaque utilisateur est généré suite au renseignement du formulaire de l'initialisation du modèle de l'utilisateur. La partie statique de ce fichier peut éventuellement être modifiée par l'utilisateur. Alors que la partie dynamique va être

modifiée par le système qui va mettre à jours les informations en liaison avec l'évolution de la connaissance de l'apprenant.

Après être inscrit dans le système, l'utilisateur doit s'authentifier auprès du système à chaque fois qu'il veut y accéder (Cf. Figure 57).

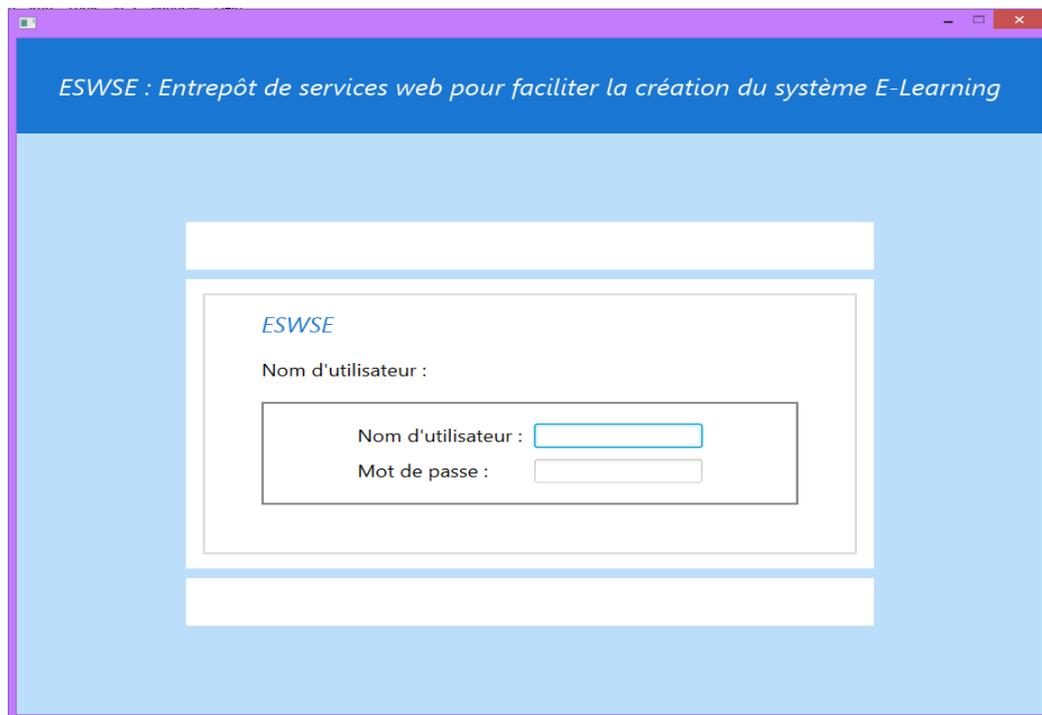


Fig.57. Formulaire d'authentification de l'apprenant.

Une fois l'utilisateur est authentifié auprès du système, une page d'accueil (Cf. Figure 58) s'affiche offrant plusieurs fonctionnalités à l'utilisateur et présentant l'objectif du système. Via cette page on peut accéder aux différentes fonctionnalités du système à savoir entrepôt local, entrepôt partagé, services de gestion de profil.

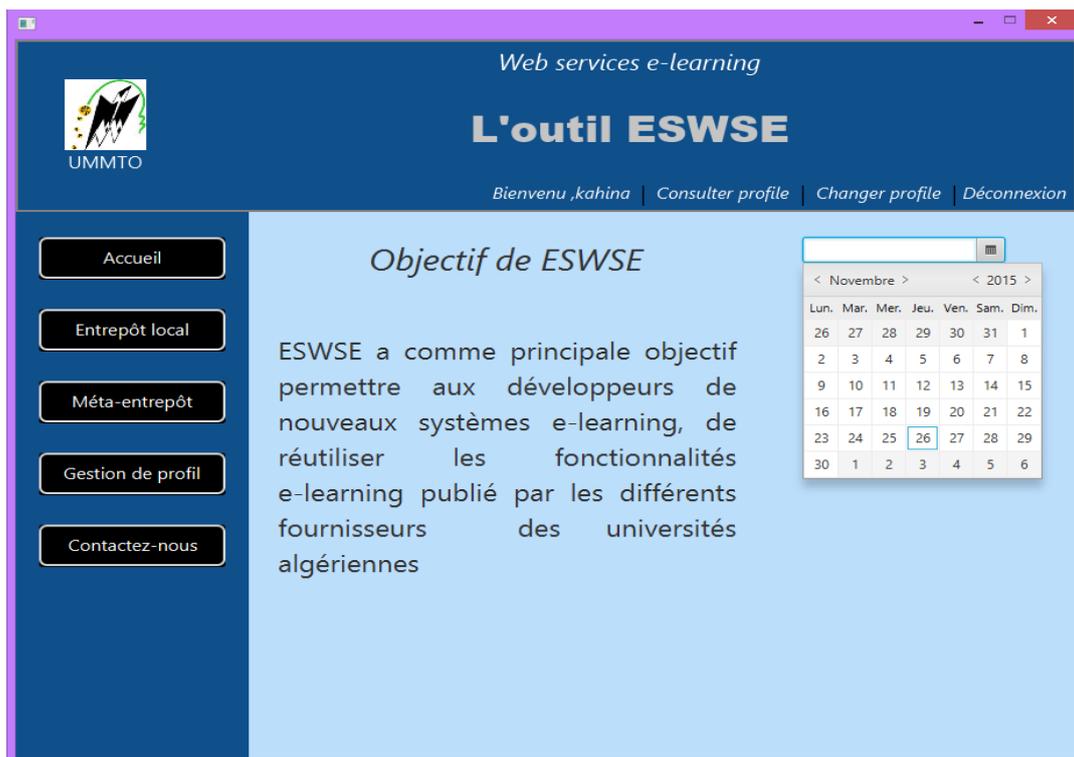


Fig.58. Page d'accueil.

Après que l'expert clique sur le bouton entrepôt local , le système lui proposera un ensemble d'activités pour l'alimentation de l'entrepôt (Cf.Figure 59)



Fig.59.Etapes de construction de l'entrepôt

Une autre interface est développée dans notre environnement, c'est l'entrepôt partagé. les fonctionnalités de cette interface sont de trois types : publication (lien 1 dans la figure ci – après), recherche (lien 2 dans la figure ci – après) et invocation (lien 3 dans la figure ci – après).

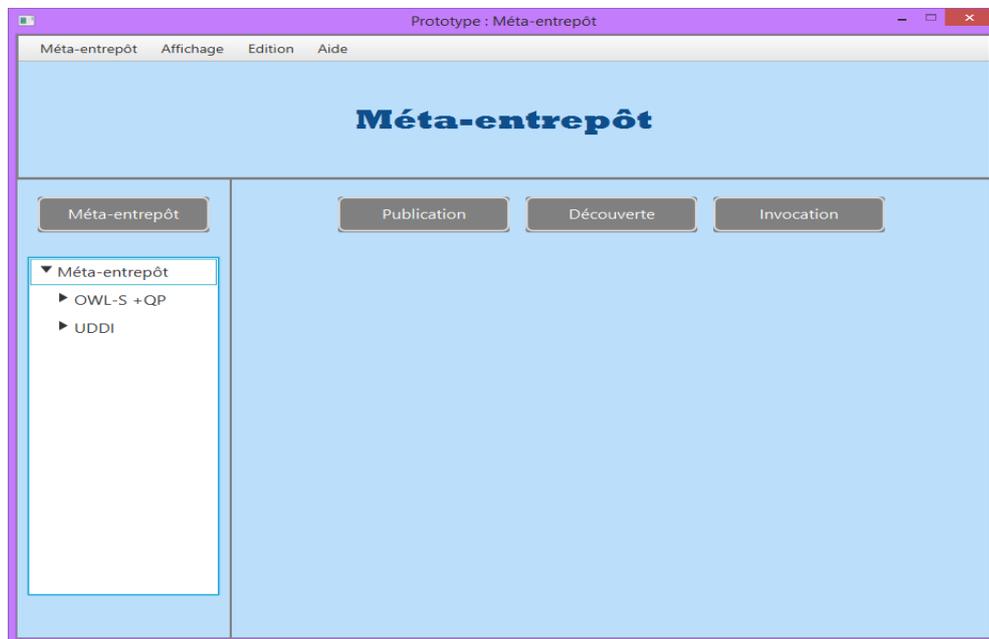


Fig. 60. Alimentation de l'entrepôt partagé

■ **Publication de service**

La publication d'un web service avec notre prototype nécessite tout d'abord l'introduction des informations sur le service. Ces informations peuvent être introduites via des interfaces (Cf. Figure 61 ,62) : une première interface pour les principales informations sur le services, et les autres interfaces pour les informations détaillées sur le service.

Publier un Services Web avec ESWSE

Désignation :

URL :

WSDL :

Description :

[>> Aspect pédagogique](#)

[>> Aspect technique](#)

[>> Coûts et Droit](#)

[>> Fournisseur](#)

[>> Option Avancées](#)

Fig.61. Interface de publication

Publier un Services Web avec ESWSE

Aspect Pédagogique

Formation :

Domaine :

Type pédagogique :

Objet pédagogique : Introduction Définition Illustration Exemple
 Evaluation Simulateur Exercice Synthèse

Niveau : Faible Moyen Fort

Langue : Français Anglais Arabe

Style Apprentissage : Visuel Verbal
 Global Séquentiel
 Déductif Intuctif
 Active Réfléchi

Concepts :

Fig.62. Options avancées de publication

Après avoir introduit les informations du service, on valide l'ajout par le bouton « publier », une fois validé le programme procède à :

1. L'ajout du service au niveau de l'annuaire :

- Ajouter une entrée tModel pour sauvegarder le fichier WSDL,
- Ajouter une entrée serviceEntity afin d'ajouter le service dans l'annuaire,
- Ajouter une entrée bindingTemplate afin de relier le tModel ajoutée avec son serviceEntity.

2. L'ajout du service au niveau de l'ontologie :

- Charger la base de connaissance par « `Project.loadProjectFromFile` » et « `getKnowledgeBase()` »,
- Instancier la classe « Service »,
- Instancier la classe « ServiceProfil », attribuer le nom, la description et l'URL du service aux Slot correspondants dans l'instance ajoutée.
- Relier l'instance ajoutée de la classe « Service » avec l'instance ajoutée de la classe « ServiceProfil »,
- Dans le cas d'un nouveau fournisseur, le programme ajoute une instance de la classe « Acteur », sinon il récupère le nom de l'instance du fournisseur choisi.
- Relier l'instance du « ServiceProfil » avec celle du fournisseur, c.a.d donner une valeur au Slot « Information_contact ».
- Selon le reste des informations introduites par l'utilisateur, instancier les autres classes de l'ontologie, par exemple, si un modèle de test est ajouté alors la classe « type pédagogique » va être instanciée et reliée à l'instance du service.

■ ***Le module de découverte***

Ce module offre la possibilité de faire une recherche des web services qui ont été déjà publiés, à l'aide de l'interface suivante (Cf.Figure 63).

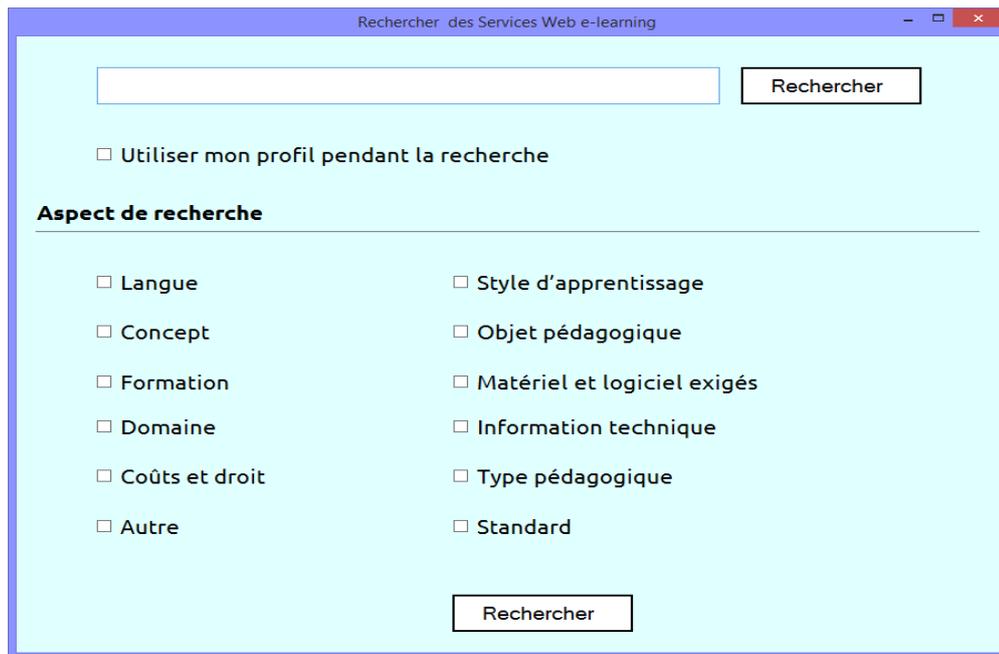


Fig.63. Interface de découverte de service.

La recherche peut être simple ou avancée selon le choix de l'utilisateur de l'application :

1. La recherche simple : l'utilisateur introduit la requête et lance sa recherche.
2. La recherche avancée : l'utilisateur introduit la requête, spécifie les aspects de recherche et lance sa recherche. Plusieurs aspects de recherche sont possibles, à travers lesquels l'utilisateur guide le programme de découverte pour définir les classes cibles de la recherche et pour trouver les services souhaités.

Au lancement de la recherche, l'application prépare l'environnement de recherche et se connecte à l'ontologie des services pour la collecte des informations comme suit :

- Récupération de la requête de l'utilisateur et découpage de la requête en un ensemble de mots;
- Récupération des aspects de recherche mentionnés par l'utilisateur afin de définir les classes qui vont être ciblées par la recherche ;
- Demande de connexion à l'ontologie (Project.loadProjectFromFile et getKnowledgeBase) ;
- Parcours de toutes les instances de la classe « Service » avec les classes associées qui ont été définies comme cibles de recherche et vérification si elles répondent aux critères de recherche.
- Récupération des résultats.

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit la réalisation de l'environnement ESWSE où plusieurs outils et API de développement ont été intégrés. Ces outils ont permis de réaliser les fonctionnalités et les choix des modèles élaborés dans le chapitre 4. Nous avons présenté l'architecture adoptée, les fonctionnalités assurées par notre environnement et enfin, un prototype est décrit par quelques interfaces d'utilisation.

ESWSE est un environnement d'aide à la recherche guidé par les ontologies. Cet environnement permet aux fournisseurs de différents établissements de publier leurs offres, aux développeurs de les découvrir et de réutiliser les fonctionnalités pertinentes. Il permet aussi l'accès personnalisé aux apprenants et enseignants de l'institution hôte en utilisant l'entrepôt créé en local.

Conclusion générale

1. Introduction

ESWSE est un environnement qui a été développé pour assurer deux objectifs : (1) la création d'un entrepôt local, contenant des services web E-Learning et leurs descriptions sémantiques « OWL-S », sur lequel on peut effectuer les mécanismes de découverte et d'invocation pour une réponse pertinente aux besoins des apprenants ou enseignants. (2) La création d'un entrepôt pédagogique partagé qui sera alimenté par l'ensemble des descripteurs des entrepôts des diverses institutions. Ainsi chaque service web pourra être partagé entre institutions, et sera accessible à distance. Ce dernier est interrogé essentiellement par les développeurs de nouveaux systèmes e-learning dans le cadre de la découverte des fonctionnalités. Par la suite, au lieu de reconstruire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web liés à l'e-learning.

2. Bilan des travaux et apports de mémoire

Ce projet de mémoire de magister a été effectué selon une démarche comportant cinq phases principales :

- Représentation et création des objets pédagogiques basés sur les modèles et les technologies du web sémantique. Notre recherche s'est orientée naturellement vers les ontologies.
- Des ontologies relatives au domaine enseigné : Le cadre conceptuel *ESWSE* propose une ontologie de domaine pour la représentation du sujet d'enseignement.
- Représentation et création des services web e-learning (fonctionnalités) de type chapitre, exercice, évaluation, simulateur. nous avons fait l'extension à OWL-S pour supporter la description des fonctionnalités e-learning
- Création d'un entrepôt local au niveau de notre université pour capitaliser localement tous les services web e-learning pertinents.
- Création d'un entrepôt partagé pour capitaliser les services web e-learning distribués dans les différentes institutions pour faciliter aux développeurs la création d'un nouveau système e-learning .

3. Conclusion

Au terme de ce travail, nous proposons un rapide bilan des idées que nous avons avancées. Les travaux présentés dans ce mémoire se situent dans le cadre des systèmes e-learning. Un problème concret a été abordé, celui de la réutilisation des données et en particulier la réutilisation des fonctionnalités. Du fait de la complexité du domaine de l'expertise humaine, ce travail nous a montré l'importance des problèmes théoriques liés à la réutilisation. Nous nous sommes ainsi focalisés sur la réutilisation des fonctionnalités dans la création de systèmes e-learning pour permettre la réduction de temps, des efforts et des coûts nécessaires au développement de nouveaux systèmes e-learning. La nécessité de disposer d'une approche permettant de capter cette réutilisation s'est alors imposée, dès le début de nos recherches.

Plusieurs questions ont été posées au début de ce mémoire, nous en rappelons ici quelques unes : Comment représenter les contenus pour qu'ils soient réutilisables ? Comment représenter les fonctionnalités pour qu'elles soient réutilisables ? Comment améliorer les résultats de recherche des fonctionnalités e-learning pour répondre aux besoins spécifiques des apprenants et enseignants ? Comment rendre les fonctionnalités accessibles pour tous ? .

Ces questions ont constitué le fil conducteur de l'ensemble de nos recherches. Pour répondre à la première question, nous avons adopté l'approche des OPs et nous avons fait l'étude des différents domaines liés à cette approche, notamment les normes et standards, ontologie , entrepôt de données . Pour traiter le reste des questions, nous avons adopté la technologie des services web et celle des entrepôts de services web e-learning . L'approche que nous avons proposée s'inspire de plusieurs approches dans la littérature tout en essayant de contourner leurs limites. Nous avons choisi , de créer un entrepôt local pour améliorer les résultats de recherche et proposer des fonctionnalités (activités pédagogiques) e-learning pertinentes aux utilisateurs .Pour rendre les services web accessible pour tous , on a proposé un entrepôt partagé qui permet la publication , la découverte et l'invocation de différents services web distribués dans les entrepôts locaux . Ce dernier est interrogé essentiellement par les développeurs de nouveaux systèmes e-learning dans le cadre de la découverte et la réutilisation des fonctionnalités.

Avec le système *ESWSE*, nous avons pu mettre en pratique la valeur ajoutée de notre approche pour atteindre une meilleure réutilisation des fonctionnalités e-learning. Ainsi, nous avons vu qu'au lieu de reconstruire complètement un nouveau système e-Learning à partir de rien, il peut être assemblé en choisissant les fonctionnalités nécessaires à partir d'un ensemble de services Web liés à l'e-learning. Certes, le système proposé est loin d'être finalisé. La partie suivante présente un ensemble de perspectives qui vont permettre l'amélioration de ce système en enrichissant ses fonctionnalités.

4. Perspectives

Comme nous l'avons signalé ci-dessus, *ESWSE* n'est pas encore finalisé pour être utilisé directement sur les développeurs et les apprenants. Ce qui nous a intéressés dans le cadre de ce travail, c'est de proposer une nouvelle approche permettant de faciliter la création des systèmes e-learning en réutilisant des fonctionnalités publiées par les fournisseurs de différents établissements. Ce travail s'ouvre à des perspectives larges que nous allons étaler dans ce qui suit.

- Pour l'approche de réutilisation que nous avons proposée, nous envisageons de travailler en collaboration avec les enseignants de notre université pour constituer des entrepôts de fonctionnalités pédagogiques propriétaires de plusieurs domaines d'apprentissage (électronique, maths, etc). Ces fonctionnalités seront prêtes à l'utilisation et à la mutualisation entre les différentes composantes de l'université et pourquoi pas à l'échelle des universités algériennes via l'entrepôt partagé.
- Effectuer une analyse des traces d'utilisation de différentes fonctionnalités pédagogiques par l'apprenant. Ceci va permettre sûrement d'affiner et de compléter la description de son style d'apprentissage préféré.
- Nous avons supposé que toutes les ontologies de Services web e-learning sont structurées de la même façon. Nous envisageons dans le cas le plus général d'étendre notre solution à l'aide de l'utilisation des techniques d'alignement d'ontologies.

5. Contributions à des colloques

- k. Rabahallah , R.Ahmed-Ouamer , "Structuration des données et des services pour le e-learning" , The 2nd International Conference on Multimedia Information processing (CITIM'2015). Mascara , Algerie,2015 .
- K.Rabahallah, R.ahmed-ouamer, "Creating e-Learning Web services Towards Reusability of functionalities In creating e-Learning systems", Global Summit on Computer & Information Technology, from **11-13 June**, in Sousse, Tunisia , 978-1-4673-6587-1/15/\$31.00©2015 IEEE
- L'article : Ontology-Based Approach for semantic description and the discovery of e-learning web services a accepté dans la **8-th International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems INCoS-2016**, la date de la conférence sera 7-9 septembre à la **république tchèque** .



Bibliographie

[Aouag, 10] ,S.Aouag, "Individualisation de l'apprentissage dans un Système Tuteur Intelligent : cas de l'apprentissage de la lecture dans le système AMICAL", thèse de doctorat en Sciences de Université Blaise Pascal(2010).

[Amardeilh, 07] , F.Amardeilh, "Web Sémantique et Informatique Linguistique : propositions méthodologiques et réalisation d'une plateforme logicielle", Thèse de doctorat, Université Paris X, France.

[Akkiraju et al, 2005] R. Akkiraju, J. Farrell, J. Miller, M. Nagarajan, M.T. Schmidt, A. Sheth, and K. Verma, "Web service semantics - WSDL-S ", November 2005.

[Amrane,15], B.Amrane, "MÉTHODE DE RECHERCHE DE SERVICES WEB BASÉE SUR L'ANALYSE FORMELLE DE CONCEPTS", thèse de doctorat ,université d'oran , 2015 .

[Boudali,08], F.Boudali, "Publication et découverte des web services pour le domaine du e-learning" , mémoire de magister à Institut National de formation en Informatique (ESI) 2008.

[Behaz,12] , A.Behaz et al , " Adaptation of learning resources based on the MBTI theory of psychological types" . IJCSI Int. J. of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 1, No 2, January 2012 ISSN (Online): 1694-0814.

[Bourekache ,14], S.Bourkache , "Un environnement sémantique à base d'agents pour la formation à distance (E-Learning) ", thèse de doctorat à université mohamed khider de biskra (2014).

[Bousbia,11] , N.Bousbia , "Analyse des traces de navigation des apprenants dans un environnement de formation dans une perspective de détection automatique des styles d'apprentissage", thèse de doctorat à l'université pierre et marie curie (france) 2011.

[BOUCHBOUA et al ,14] , A.BOUCHBOUA, M.EL GHAZI, R.OUREMCHI, F.MESSAOUDI, "Génération des contenus pédagogiques basée sur le styles d'apprentissage des apprenants dans un environnement hypermédia adaptatif dynamique" . Laboratoire de Transmission et de Traitement de l'Information, EST de Fès, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès, Maroc.(2014).

[Brusilovsky, 96] , P.Brusilovsky, "Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction", vol. 6 (2-3), pp. 87-129.(1996).

[Brusilovsky, 05] , P.Brusilovsky , " Adaptive hypermedia and Adaptive Web ", In: M. P. Singh (ed.) Practical Handbook of Internet Computing. Baton Rouge: Chapman Hall & CRC Press, pp. 1.1-1.14.(2005)

[Bibeau,05] R.Bibeau, "Les TIC à l'école : proposition de taxonomie et analyse des obstacles à leur intégration". EpiNet n° 79, novembre 2005, Disponible à <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0511a.htm>.

[Berners-Lee et al., 01] , T. Berners-Lee, J. Hendler, O. Lassila, "The Semantic Web. Scientific American", 284(5) :34-43, 2001.

[Bachtarzi, 14], F.BACHTARZI , Une Approche de Composition des Web Basée Transformation de Graphe, thèse de doctorat, Université Abdelhamid Mehri Constantine 2, (2014).

[Benayache, 05] , A.BENAYACHE , "construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte E-Learning : le projet MEMORAE" , Thèse de Doctorat, l'université de technologie de Compiègne, 2005.

[Buffà et al ,05], M.Buffà, S.Dehors, C.Faron-Zucker, P.Sander, "Vers une approche sémantique dans la conception d'un système d'apprentissage", Revue du projet TRIAL-SOLUTION, Plate forme AFIA nice.(2005).

[Berners,01] , T.Berners-Lee , J.Hendler , O.Lassila . "The Semantic Web" , In Scientific American pp. 20-88. (2001).

[Borst et al ,97] , Borst W.N., Akkermans M., Top J., "Engineering ontologies". International Journal of Human-Computer Studies, vol. 46, pp. 365-406, 1997.

[Burgos,05], D.Burgos, M.Arnaud, P.Neuhauser, R.Koper , " IMS Learning Design : la flexibilité pédagogique au service des besoins de l'e-formation", Association EPI Décembre 2005. Disponible à <http://www.epi.asso.fr/revue/articles/a0512c.htm>.

[Battou,12], A.Battou, "Approche granulaire des objets pédagogiques en vue de l'adaptabilité dans le cadre des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain" , thèse de doctorat de Faculté des Sciences d'Agadir, maroc (2012).

[bourda,01],Y.Bourda, "Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ? ", *Cahiers GUTenberg* no 3940—Mai 2001, *Supélec, Plateau de Moulon, F91192GifsurYvette CEDEX .2001*

[Benadi , 04] , S.Benadi, "Structuration des données et des services pour le télé-enseignement" , thèse de doctorat à L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon , 2004.

[Behaz,12], A.Behaz, "Environnement Numérique de Travail de type Hypermédia Adaptatif Dynamique" , thèse de doctorat à Université hadj Lakhdar Batna , 2012

[Clement et al, 04] L. Clement, A. Hately, C. von Riegen, and T. Rogers. Uddi version 3.0.2. <http://www.uddi.org/pubs/uddi-v3.0.2-20041019.htm>, 2004.

[Chinnici et al, 07] R.Chinnici, J-J. Moreau, A. Ryman, and S. Weerawarana. Web services description language (wsdl) version 2.0, World Wide Web Consortium, <http://www.w3.org/TR/wsdl2.0/>. June 2007.

[Curbera et al,02] , F.Curbera, M.Duftler, R. Khalaf, W. Nagy, N.Mukhi and S. Weerawarana, "Unraveling the web services web an introduction to soap, wsdl, and uddi", *IEEE INTERNET COMPUTING*, pp. 86-93, Mar/Apr.2002.

[Cueilliez ,06], O.Cueilliez, "Composition de documents électroniques personnalisés basée sur des ontologies : Application au e-Learning", Mémoire présenté en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur en Informatique, conservatoire national des arts et métiers, 2006.

[Cronbach et al,77],L.Cronbach , R.Snow , " Aptitudes and Instructional Methods: A Handbook for Research on Interactions", New York, Irvington Publishers",(1977).

[Caraguel,13],V.Caraguel , "Appropriation des technologies et apprentissage dans un environnement en e-learning : le rôle du tutorat en ligne",thèse de doctorat à Ecole Doctorale des Sciences Economiques et de Gestion d'Aix-Marseille Centre d'Etudes et de Recherche en Gestion d'Aix-Marseille (2013).

[Chevrier et al , 00] , J.Chevrier, G.Fortin, M.Théberge, et A.Blan, "Le style d'apprentissage : une perspective historique", *Le style d'apprentissage*, ACELF, XXVIII (1). (2000).

[David et al ,04], M.david et al , "OWL-S: Semantic Markup for Web Services" , 2004.

[Dress,11], M. Driss, "Approche multi-perspective centrée exigences de composition de services Web (in french) " , PhD thesis, Department of Computer Science, University of RennesI, Dec 2011.

[Downes,02],S.Downes, " Design and Reusability of Learning Objects in an Academic Context: A New Economy of Education? " , *eLearning: una sfida per l'universita*, Milan, November 12(2002).

[De La Passardière,04], B.De La Passardière, P.Jarraud, ManUeL, "un profil d'application du LOM pour Campusciences" , *Sciences et Techniques de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, Volume 2004. Disponible. à http://sticcf.univ-lemans.fr/num/vol2004/passardiere-11/sticcf_2004_passardiere_11p.htm.

[Downes, 03], S. Downes, " Design and reusability of learning objects in an academic context", A new Economy of education, in JSDLA Journal, 17(1). Disponible à http://www.usdla.org/html/journal/JAN03_Issue/article01.html.

[Della-Dora et Blanchard, 79], D.Della-Dora, L.J.Blanchard, "Moving toward self-directed learning: Highlights of relevant research and of promising practices", Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development (1979).

[Dodani, 04] M. Dodani, "From objects to services: A journey in search of component reuse nirvana", Journal of Object Technology, Vol. 3, No. 8, pp. 49-54, 2004.

[Delestre, 00],N. Delestre, "Un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement" , Thèse au laboratoire PSI de l'université de Rouen, 2000.

[El Mezouary,12], A.El Mezouary et al , "The Educational Semantic Web and the Learning Object Technology to Achieve Improved Adaptability in ALS". , Communications in Information Science and Management Engineering, Vol.2 No.2, PP.42-48, 2012.

[Felder et al, 88], R.Felder ,M.Silverman, L. K , "Learning and Teaching Styles in Engineering Education". Engineering Education, 78 (7), 674–681, 1988.

[Gudin et al, 2003], M. Gudgin, M. Hadley, N. Mendelsohn, J.J. Moreau, and H.F. Nielsen, " Simple object access protocol (soap) 1.2. World Wide Web Consortium ", <http://www.w3.org/TR/soap>, 2003.

[Gruber,93], T.R.GRUBER , "Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing", presented at International Workshop on Formal Ontology, Padova, Italy, 1993.

[Greenberg,02], J.Greenberg, "Metadata and the World Wide Web", Encyclopedia of Library and Information Science 42, 244–261.

[Grasha, 02], F.Grasha , "Teaching With Style : A practical guide to enhancing learning by understanding teaching & learning styles", Alliance Publishers Eds : University of Cincinnati ,2002.

[Hashimi, 03], S. Hashimi, "Service-oriented architecture explained, O'reilly on dot net [Online] http://www.ondotnet.com/pub/a/dotnet/2003/08/18/soa_explained.html, 2003.

[Hedjila,14] , F. Hadjila, "Composition et interopération des services web sémantiques (in french) ", PhD thesis, Department of Computer Science, University of Tlemcen, Feb 2014.

[Harman et al. 07], K. Harman, A.Koohang, "Learning objects: standards, metadata, repositories & LCMS, Informing Science" , 2007.

[Hamel et al, 02] ; C.J Hamel and D. Ryan-Jones, "Designing Instruction with Learning Objects". International Journal of Educational Technology, 3(1), 2002.

[Hmelo-Silver,09] , Hmelo-Silver, C.E., Jeaong, H, "Productive use of learning Resources in an on line problem-based learning environment", Journal of Computers in Human Learning, pp.84-99, consulté en 2015, <http://www.elsevier.com/locate/comphumbeh>.

[Hunt, 79], D.E.Hunt, " Learning style and student needs: an introduction to conceptual level". In James W. Keefe (Ed.), Student learning styles: diagnosing and prescribing programs, Reston, VA: National Association of Secondary School Principals (NAASP), pp. 27-38.(1979).

[Halasz et al,90], F.G. Halasz et al , "The Dexter Hypertext Reference Model" , Presented at the NIST Hypertext Standardization Workshop, Gaithersburg, MD, January 16-18, 1990.

[Iles, 11], N. Iles , "Semantic annotation of a Meta-warehouse Educational Resources :EPOIS ",ISWSA'11, April 18–20, 2011, Amman, Jordan. Copyright 2011 ACM 978-1-4503-0474-0/04/2011.

[Inmon, 02], Inmon, W.-H., "Building the data warehouse". New York ,2002

[Jacquiot , 06] , C. Jacquiot, "Modélisation logique et générique des systèmes d'hypermédias adaptatifs", thèse de doctorat en Sciences de l'Université Paris-Sud XI Orsay(2006).

[Knublauch et al ,04] , "H.Knublauch , R.W.Ferguson , N.F.Noy et M.A.Musen : The Protégé OWL plugin :An open development environment for semantic web applications". pages 229- 243. Springer(2004).

[Kassem zein et al ,05], O.Kassem Zein, Y.Kermarrec, S.Garlatti, J.L.Tetchueng, S. Laubé , "A Metadata Model for Web Services Applied to Index and Discover E-Learning Services", 2005.

[Keita,07] , A.Keita , "Conception Coopérative d'Ontologies Pré-Consensuelles : Application au domaine de l'Urbanisme". Thèse pour l'obtenir le grade de docteur, INSA de Lyon, France, Soutenue le 06 Juin 2007.

[Kirby, 79] ,P.Kirby, "Cognitive style, learning style, and transfer skill acquisition, (Information Series No. 195) ", Columbus, Ohio: The National Center for research in Vocational Education.(1979).

[Koper,01] , R.Koper, "EML-OUNL (Open University of the Netherlands' Educational Modeling Language), Modeling Units of Study from a Pedagogical Perspective", <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>

[LOM,02] , LOM . "LOM standard", document IEEE 1484.12.1-2002.

[Lahoud,10] , E.ABI LAHOUD, "Composition dynamique de services : application à la conception et au développement de systèmes d'information dans un environnement distribué", thèse de doctorat (2010).

[Lamb,01], J.Lamb, "Sharing Best Methods and Know-How for Improving Generation and Use of Meta-data", in: New Techniques and Technologies for Statistics and Exchange of Technology and Know-how. pp. 175–194.

[Laroussi,11], M.Laroussi, "Extension d'IMS-LIP pour supporter l'apprentissage pervasif Extending IMS-LIP to support pervasif learning, INSAT", université de Carthage, Tunis, Tunisie , frantice.net, numéro 04 , décembre (2011).

[Lejeune, 04], A.Lejeune ., "IMS Learning Design : Etude d'un langage de modélisation pédagogique", Revue Distances et Savoirs, volume 2, à paraître.

[Melliti ,04] , T. MELLITI , "Interopérabilité des services Web complexes. Application aux systèmes multi-agents", thèse de doctorat, Université Paris IX Dauphine 2004.

[Mortimer, 02] , L.Mortimer, " Learning objects of desire: Promise and practicality", Learning Circuits, Disponible à <http://www.learningcircuits.org/2002/apr2002/mortimer.html>.

[Miller et al ,2004] J. Miller, K. Verma, P. Rajasekaran, A. Sheth, R. Aggarwal, and K.Sivashanmugam, "WsdI-s : Adding semantics to wsdl" , 2004.

[Mhanane ,14] , L.Mhanane , "conception d'un hypermedia adaptatif dynamique basé sur l'apprentissage par renforcement" , thèse de doctorat à université badji mokhtar-annaba , 2014.

[Mhanane et al ,13] , L.Mhanane , M.T.Laskri, "Discovering Learner Styles in Adaptive e-Learning Hypermedia Systems, Journal of Universal Computer Science" , vol. 19, no. 11 (2013), 1522-1542.

[Nganmini – Asatsop, 09], G.B. NGANMINI – ASATSOP, "La mesure de la qualité perçue d'un dispositif de e-learning" , thèse de doctorat à université nancy 2 institut d'administration des entreprises, 2009.

[Noppamas,14] , P.Noppamas, "LORecommendNet: An Ontology-Based Representation of Learning Object Recommendation" , Advances in Intelligent Systems and Computing265,DOI: 10.1007/978-3-319-06538-0_29, © Springer International Publishing Switzerland 2014 .

[Natis,94] , Y. V. Natis, R. W. Schulte , "Introduction to Service Oriented Architectue" , Gartner, 2003.

[OSGI alliance,05], OSGi Allianc, "OSGi Service Platform Service Compendium", 2005, [Online]. Available: <http://www.osgi.org>.

[Oubahssi ,05] ,L.Oubahssi, " 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 de l'Université René Descartes – Paris V.

[Ouerfelli et al ,08], T. Ouerfelli, K.Gharbi , "le dispositif d'enseignement à distance à l'université de Bahreïn " ,pratiques et attentes des enseignants,2008.

[Oubahssi et al , 06],L.Oubahssi, M.Grandbastien, "From learner information packages to student models: Which continuum? ", in ITS 2006 conference proceedings, LNCS n° 4053, 288-297, Springer Verlag, 2006.

[pourraz,07], F.pourraz, "Diapason : une approche formelle et centrée architecture pour la composition évolutive de services Web", thèse de doctorat à LISTIC : Laboratoire d'Informatique, Systèmes, Traitement de l'Information et de la Connaissance ,En collaboration avec THESAME - Mécatronique & Management.

[Polsani ,03], P.R.Polsani, " Use and Abuse of Reusable Learning Objects". Journal of Digital Information, 3(4). 2003.

[Pernin, 03],J.F.Pernin , "LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios , L'indexation des ressources pédagogiques", 2004, Villeurbanne.

[Pernin,04], J-P.Pernin, "LOM, SCORM et IMS-Learning Design :ressources, activités et scénarios", Compte-rendu rédigé par l'enssib à partir d'une transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin le 16 novembre 2004, Disponible à <http://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/document-1239>.

[Rezaei,06], S.S. Rezaei, "How Digital Libraries Can Support E-learning?", The Electronic Library , V. 24, No3. pp.389-401. 2006

[Rabahallah et al ,15a], k. Rabahallah , R.Ahmed-Ouamer , "Structuration des données et des services pour le e-learning" , The 2nd International Conference on Multimedia Information processing (CITIM'2015). Mascara , Algeria,2015 .

[Rabahallah et al ,15b] , K.Rabahallah, R.ahmed-ouamer, "Creating e-Learning Web services Towards Reusability of functionalities In creating e-Learning systems", Global Summit on Computer & Information Technology, from **11-13 June**, in Sousse, Tunisia , 978-1-4673-6587-1/15/\$31.00©2015 IEEE

[Riding et Rayner ,98] , R.Riding, S.Rayner, "Cognitive Styles and Learning Strategies", London: David Fulton Publishers.(1998).

[Suman et al,11], N.Suman , P.M.Chawan ,B.B.Meshram , "CMS, LMS and LCMS For eLearning", IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 2, March 2011

[Sosteric et al ,02] , M. Sosteric , S. Hesemeier, " When is a Learning Object not an Object: A first step towards a theory of learning objects", International Review of Research in Open and Distance Learning, 3(2), 2002.

[Siti Fadzilah Mat et al,11], S.F.M.Noor, N.Yusof, S.Z.MohdHashim, "Creating Granular Learning Object Towards Reusability of Learning Object In E-learning Context", int. Conf. on Electrical Engineering and Informatics 17-19 July 2011, Bandung, Indonesia , 2011

[Silvera,05], I.F.Silveira, " Reusability and Interoperability of Adaptive Learning Objects Repositories. Symposium de l'informatique en education", (2005), Disponible à <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/viewFile/407/393>.

[Sajjanhar,04], A.Sajjanhar, J.Hou and Y.Zhang, "Algorithm for web services matching", In APWeb, pages 665–670, 2004.

[Srinivasan et al,04], N.Srinivasan, M.Paolucci, K.P.Sycara , "An efficient algorithm for owl-s based semantic search in uddi. In SWSWPC", pages 96–110, 2004.

[Sancho, 10], G.Sancho , "Adaptation d'architectures logicielles collaboratives dans les environnements ubiquitaires. Contribution à l'interopérabilité par la sémantique". Thèse de doctorat en Sciences de l'Université de Toulouse décembre 2010.

[SOAP] , "Simple object access protocol (SOAP) " [Online] <http://www.w3.org/TR/SOAP> (accessed 23 February 2015).

[UDDI], "Universal Description Discovery and Integration (UDDI) " [Online] <http://uddi.org/pubs/uddi-v3.htm> (accessed 1 February 2015).

[WISC,09],WISC, "Wisconsin on line Ressource center",2009, Disponible à : <http://www.wisconline.com>.

[WSDL], E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith and S.Weerawarana, "Web Services Description Language (WSDL) ", [online] <http://www.w3.org/TR/wsdl> (accessed 3January 2015).

[XML], "Extensible Markup Language (XML) " [Online] <http://www.w3.org/XML/> (accessed 25 February 2015).

[Zhao et al, 05] , Y. Z .Zhao, J. B.Zhang, L. Q.Zhuang, & , D. H.Zhang, " Service-Oriented Architecture and Technologies for Automating Integration of Manufacturing Systems and Services",2005.

[Adour et al , 13] , D.Adour , R. ahmed ouamer , "Développement d'une plate forme pour ladécouverte de services web" mémoire de magister , 2013