



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

## Magister en Informatique

Ecole doctorale : **S.T.I.C**  
(*Science et Technologie de l'Information et de la Communication*)  
Option: **S.I.C**  
(*Systèmes d'Information et de Connaissance*)

Thème

---

### Description sémantique des objets d'apprentissage à base de modèles de contenu

---

*Présenté et soutenu par*

**Fakhr-eddine HACHEMI**

*Devant le jury composé de*

Président :	<b>Pr BENDIMERAD Fethi Tarik</b>	<i>Professeur à l'université de Tlemcen</i>
Examineurs :	<b>Dr CHIKH Med Amine</b>	<i>Maître de conférences à l'université de Tlemcen</i>
	<b>Dr ABDERRAHIM Amine</b>	<i>Maître de conférences à l'université de Tlemcen</i>
Directeur de mémoire :	<b>Dr CHIKH Azeddine</b>	<i>Maître de conférences à l'université de Tlemcen</i>

**2008-2009**

## *Dédicace*

*A la mémoire de mon Père Abdellali,*

*A ma chère mère,*

*A mes sœurs et frères,*

*A mes nièces et mes neveux,*

*A toute ma famille,*

*A tous mes amies et amis,*

*A tous ceux qui me sont chers,*

*Je dédie ce modeste travail.*

*Fakhr-eddine*

## ملخص

لقد أقترح مفهوم مواضيع التعليم لتحسين إعادة استعمال الموارد التعليمية. تركز الفكرة على الفرضية التي تعتبر أن إمكانيات إعادة استعمال الأجزاء الصغيرة لمحتوى التعلم في إطار مضامين تعليمية مختلفة هي أكبر من إمكانيات الوحدات الكبيرة، مثلا كدرس بأكمله. في رسالتنا هذه، نهتم بإنشاء مواضيع التعليم انطلاقا من الأجزاء الموصوفة معنويا حسب أنواع محتواها البيداغوجي اعتمادا على نماذج محتوى مواضيع التعليم حيث تسمح بتصنيف مستويات التجزئة و التجميع.

لقد اقترحنا، انطولوجيا لوصف مواضيع التعليم و ذلك بالارتكاز على تصنيف أنواع و نماذج المحتوى البيداغوجي. هذه الانطولوجيا تسمح بجعل مواضيع التعليم و أجزائها كمراجع.

### الكلمات المفتاحية :

أنواع المحتوى البيداغوجي، نماذج المحتوى، مواضيع التعليم، أجزاء المحتوى، عناصر المحتوى، انطولوجيا، وصف معنوي.

## Résumé

Le concept d'objet d'apprentissage a été proposé pour améliorer la réutilisation des ressources d'apprentissage. L'idée est basée sur l'hypothèse que les petits fragments du contenu d'apprentissage ont plus de potentiel pour être réutilisés dans différents contextes éducatifs que de grandes unités, comme l'ensemble du cours. Dans notre travail, nous nous intéressons à la création des objets d'apprentissage à partir de fragments annotés sémantiquement suivant leurs types de contenu pédagogique en se basant sur les modèles de contenu permettant de définir les niveaux de granularité et d'agrégation.

Une ontologie de description des objets d'apprentissage a été proposée. Elle est basée sur la classification des types de contenu pédagogique et les modèles de contenu. Elle permettra de référencer les objets d'apprentissage ainsi que leurs composants (fragments et éléments de contenu).

### **Mots clés :**

Type de contenu pédagogique, modèle de contenu, objet d'apprentissage, fragment de contenu, élément de contenu, ontologie, annotation sémantique.

## Abstract

The concept of learning object has been proposed to improve the re-use of learning resources. The idea is based on the assumption that small fragments of learning content have more potential to be re-used in different learning contexts than large units, as the entire course. In our work, we focus on the creation of learning objects from fragments annotated semantically according to their learning content types, based on the content models to define levels of granularity and aggregation.

An ontology for describing learning objects has been proposed. It is based on the classification of learning content types and content models. It will allow to reference learning objects and their components (assets and content elements).

### **Keywords:**

Learning content types, content model, learning object, asset, content elements, ontology, semantic annotation.

## Remerciements

Grace à Dieu le Tout Puissant qui m'a donné la force, le courage et la capacité de réfléchir, raisonner et déduire, j'ai pu réaliser ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement mon Directeur de Recherche, Monsieur Chikh Azeddine, Maître de conférences en informatique à l'université de Tlemcen, pour ses nobles directives, ses rigoureux conseils, et son précieux soutien tout au long de mes études de magister, de m'avoir encouragé à entamer cette recherche.

Je présente tous mes respects et mes remerciements aux membres du jury qui ont accepté d'honorer l'examen et l'évaluation de ce travail :

- Mr BENDIMERAD Fethi Tarik, Président du jury.
- et Messieurs CHIKH Mohamed El Amine et ABDERRAHIM Amine, Examineurs.

A tous mes enseignants : Mr Bereksi, Mr Chikh Amine, Mr Sari, Mr Ghomari, Mr Nouali, Mme et Mr Boufaïda, Mr Boughanem, Mr Belahcene et tous ceux que je leur dois ma formation.

Spécialement, à mon Professeur qui m'a toujours encouragé et soutenu, Monsieur KARA Terki Chafik, je lui rends hommage, et je prie Dieu le Tout Puissant de l'accueillir dans son vaste Paradis.

Je présente mes remerciements et ma reconnaissance aux membres de l'équipe ISIC de l'école doctorale STIC de l'université de Tlemcen : Abdeldjalil Khellassi, Abdelhak Etchiali, Amine Boudefla, Chafik Hassaine, El-Amine Ouraïba, Ismail Smahi, Hadjira Kara Terki, Souad Khitri, et particulièrement Zeyneb El yebdri et Amel Halfaoui qui m'ont aidé beaucoup.

En particulier, je souligne mon remerciement à ma famille : surtout à ma mère qui me souhaite toujours le succès, pour son aide et ses conseils, mes sœurs et frères, mes nièces et mes neveux, et mes beaux-frères et belles-sœurs. A mes Oncles et mes tantes.

A mon défunt Père, je l'assure que son rêve est en entrain de se réaliser grâce à ses efforts pour mon éducation et son aide et sa prière pour ma réussite. Que Dieu l'accueille en son vaste Paradis.

Et en fin, à tous ceux, qui de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

# Tables des matières

<i>Dédicace</i> .....	2
ملخص.....	3
Résumé.....	4
Abstract.....	5
Remerciements .....	6
Tables des matières.....	7
Tables des illustrations.....	10
Introduction générale.....	11
1. Généralité sur le domaine du “e-Learning” .....	14
1.1. Introduction .....	14
1.2. Définitions .....	14
1.2.1. <i>Ingénierie pédagogique</i> .....	14
1.2.2. <i>Education basée sur le Web</i> .....	15
1.2.3. <i>e-learning</i> .....	16
1.3. Objets d’apprentissage (Learning Object : LO) .....	16
1.4. Normes et standards .....	17
1.4.1. <i>But de la normalisation</i> .....	17
1.4.2. <i>Organismes de normalisation</i> .....	18
1.4.3. <i>Normes existantes</i> .....	20
1.4.3.1. Dublin Core (DC).....	20
1.4.3.2. IEEE Learning Object Metadata (LOM).....	22
1.4.3.3. IMS Content Packaging (IMS-CP).....	24
1.4.3.4. IMS Learning Design (IMS-LD).....	24
1.4.3.5. ADL Sharable Courseware Object Reference Model (SCORM).....	25
1.5. Modèles de contenu des objets d’apprentissage.....	26
1.5.1. <i>Modèle de contenu Learnativity</i> .....	27
1.5.2. <i>Modèle d’agrégation de contenu SCORM</i> .....	28
1.5.3. <i>Le modèle CISCO RLO/RIO</i> .....	29
1.5.4. <i>Le modèle d’objet d’apprentissage NETg</i> .....	30
1.5.5. <i>Modèle de composant dLCMS Component</i> .....	30
1.5.6. <i>Modèle générique de contenu d’objet d’apprentissage (ALOCOM)</i> .....	32
1.6. Conclusion.....	34
2. Le Web Sémantique et son apport en ”e-Learning” .....	36
2.1. Introduction .....	36
2.2. Web sémantique .....	37
2.3. Langage du Web sémantique.....	38
2.3.1. <i>XML (eXtensible Markup Language)</i> .....	39
2.3.2. <i>RDF (Resource Description Framework)</i> .....	39
2.3.3. <i>RDFS (Resource Description Framework Schema)</i> .....	40
2.3.4. <i>OWL (Web Ontology Language)</i> .....	41
2.4. Ontologies .....	43
2.4.1. Définition.....	43
2.4.2. Types d’ontologies .....	44
2.4.2.1. Ontologies d’application .....	44
2.4.2.2. Ontologies de domaine .....	44
2.4.2.3. Ontologies génériques .....	44

2.4.2.4.	Ontologies de représentation .....	44
2.4.3.	Composants d'une ontologie .....	44
2.4.3.1.	Concepts .....	45
2.4.3.2.	Relations .....	45
2.4.3.3.	Fonctions .....	45
2.4.3.4.	Axiomes.....	45
2.4.3.5.	Instances .....	45
2.4.4.	Expressivité des Ontologies .....	45
2.4.4.1.	Lexiques contrôlés.....	45
2.4.4.2.	Glossaires .....	46
2.4.4.3.	Thesaurus.....	46
2.4.4.4.	Taxonomie informelle .....	46
2.4.4.5.	Taxonomie formelle .....	46
2.4.4.6.	Cadres (Frames) .....	46
2.4.4.7.	Restriction de valeur.....	46
2.4.4.8.	Contraintes de logique générale .....	47
2.4.4.9.	Contraintes de logique expressive .....	47
2.4.5.	Langages de représentation .....	47
2.4.5.1.	Logiques de Description.....	47
2.4.5.2.	Graphes Conceptuels (GCs) .....	48
2.4.5.2.1.	Modèle de base des GCs .....	48
2.5.	Les annotations sémantiques .....	51
2.5.1.	<i>Définition d'annotation</i> .....	51
2.5.2.	<i>L'annotation dans le Web sémantique</i> .....	51
2.5.3.	<i>Outils d'annotation</i> .....	52
2.6.	Web Sémantique et e-learning.....	53
2.6.1.	<i>Concepts du Semantic Web Based-Education (SWBE)</i> .....	53
2.6.2.	<i>Principes du Semantic Web Based-Education (SWBE)</i> .....	54
2.6.2.1.	Stockage et recherche d'informations .....	55
2.6.2.2.	Les Agents .....	55
2.6.2.3.	La Communication .....	56
2.6.3.	<i>Apport du web sémantique au domaine du e-learning</i> .....	56
2.6.4.	<i>Ontologies dans SWBE</i> .....	58
2.6.4.1.	Ontologies de domaine .....	58
2.6.4.2.	Ontologie de tâche.....	59
2.6.4.3.	Ontologie de stratégie d'enseignement .....	59
2.6.4.4.	Ontologie du modèle apprenant.....	59
2.6.4.5.	Ontologie d'interface .....	60
2.6.4.6.	Ontologie de communication .....	60
2.6.4.7.	Ontologie de service éducatif .....	60
2.7.	Conclusion.....	61
3.	Etat de l'art.....	63
3.1.	Introduction .....	63
3.2.	Les ontologies développées dans le e-learning .....	63
3.3.	Travaux relatifs.....	65
3.4.	Conclusion.....	66
4.	Description sémantique des objets d'apprentissage .....	68
4.1.	Introduction .....	68
4.2.	Contexte de développement de l'ontologie LO_DESCRIPTION.....	69
4.3.	Description sémantique d'un objet d'apprentissage.....	70

4.4.	Définition de l'ontologie LO_DESCRIPTION .....	71
4.4.1.	<i>Concepts de l'ontologie LO_DESCRIPTION</i> .....	73
4.4.2.	<i>Implémentation de l'ontologie</i> .....	77
4.5.	Conclusion.....	80
	Conclusion générale et perspectives .....	81
	<b>Bibliographie</b> .....	82
	<b>Annexe</b> .....	88
	<b>Glossaire</b> .....	93
	<b>Liste des abréviations</b> .....	96

## Tables des illustrations

### Liste des figures

Figure 1 : Ingénierie Pédagogique [Paquette, 2002] .....	15
Figure 2 : Intégrer la description Dublin Core dans un document RDF .....	21
Figure 3 : Organisation du schéma de méta-données LOM v1.0 .....	23
Figure 4 : IMS Content Packaging Information Model [IMS CP, 2004] .....	24
Figure 5 : Learnativity Content Model [Duval et al., 2003] .....	28
Figure 6 : The SCORM Content Aggregation Model [Dodds, 2001] .....	29
Figure 7 : CISCO RLO/RIO Model [Barrit et al. 1999] .....	30
Figure 8 : NETg Learning Object Model [L'Allier, 2003] .....	30
Figure 9 : UML representation of the dLCMS Component Model [Schluep, 2005] .....	31
Figure 10 : General Learning Object Content Model [Verbert et al., 2004] .....	33
Figure 11 : The Semantic Web language layer cake [Fensel et al., 2007] .....	38
Figure 12 : Exemple de Graphe RDF .....	40
Figure 13 : Exemple de la notation RDF/XML .....	40
Figure 14 : Un exemple d'une hiérarchie is-a (ou Taxonomie) [Fensel et al., 2007] .....	41
Figure 15 : Ontologie RDFS des personnes et groupes de travail [Fensel et al., 2007] .....	41
Figure 16 : Un GC représentant la signification littérale d'une phase. ....	49
Figure 17 : Un exemple de support de graphe conceptuel .....	50
Figure 18 : les importants concepts du SWBE [Devedzic, 2006] .....	53
Figure 19 : Processus de description des objets d'apprentissage .....	70
Figure 20 : représentation UML de l'ontologie LO_DESCRIPTION .....	72
Figure 21 : Hiérarchie des concepts de l'ontologie LO_DESCRIPTION .....	74
Figure 22 : Exemple de l'instance du concept définition .....	75
Figure 23 : Exemple d'une instance du concept Learning Object .....	76
Figure 24 : Instanciation d'un Objet d'apprentissage LearningObject_BD .....	77
Figure 25 : représentation de l'ontologie LO_DESCRIPTION dans Protégé .....	78
Figure 26 : Les propriétés ObjectProperty et DataType .....	79
Figure 27 : Restriction de la propriété hasPart pour le concept LearningObject .....	79
Figure 28 : Restriction de la propriété hasPart pour le concept ContentElement .....	80

### Liste des tableaux

Tableau 1 : La liste des 15 éléments du Dublin Core .....	21
Tableau 2 : Liste des neuf catégories du LOM .....	22
Tableau 3 : Web Sémantique et e-learning [Benayache, 2005] .....	58

# Introduction générale

## **Contexte :**

Les Technologies de l'Information et de la Communication "TIC" font apparaître un nouveau mode d'apprentissage connu sous le nom de e-learning. Celui-ci est basé sur l'accès à des formations en ligne, interactives et parfois personnalisées, diffusées par l'intermédiaire d'un réseau (Internet ou Intranet) ou d'un autre média électronique.

Ce nouveau mode d'apprentissage amène le concepteur de formation à concevoir les objets d'apprentissage les plus adéquats pour atteindre les objectifs pédagogiques voulus, ce qui nécessite une analyse approfondie du contenu de ces objets.

L'analyse par approche centrée sur les types de contenu pédagogique permet aux auteurs de bien structurer le sujet en petites étapes d'apprentissage compréhensible. Et en général, les auteurs sont familiarisés avec cette approche pour créer les objets d'apprentissage [Schlupe, 2005]. Ces derniers sont généralement l'agrégation de plusieurs fragments stockés dans des entrepôts.

Toute fois, la conception des objets d'apprentissage est souvent coûteuse en temps, d'où la nécessité de les référencer dans le but de les réutiliser. Cette réutilisation permet non seulement d'économiser du temps et de l'argent mais aussi d'améliorer la qualité et l'efficacité des objets d'apprentissage [Duval et al., 2003]. Pour réutiliser, il faut repérer et récupérer, cela nécessite l'utilisation des méta-données. Le Web du futur nommé (Web sémantique) a grandement aidé à palier aux problèmes de conception, de recherche et de réutilisation des objets d'apprentissage. Il a aussi amélioré l'utilisation et l'exploitation des méta-données grâce à l'introduction des ontologies.

Ces dernières ont fortement contribué à résoudre le problème d'ambiguïté en favorisant le partage du vocabulaire entre différents acteurs du e-learning.

## **Problématique et objectif :**

Un enseignant qui veut composer un cours doit être en mesure de rechercher des objets d'apprentissage qui répondent à ses besoins. Mais la recherche ne sera fructueuse que si l'information recherchée est bien représentée. La réutilisation intégrale de ces objets ne résout pas le problème pour un enseignant voulant combiner différents objets d'apprentissage pour en créer un autre, mieux adapté à son contexte. Il est possible de réutiliser les objets d'apprentissage d'une

manière beaucoup plus adéquate, si on peut accéder à leurs éléments et redéfinir l'objectif pédagogique. Néanmoins, cela exige un modèle innovateur et flexible des composants de l'objet d'apprentissage.

Dans notre travail, nous nous basons sur l'annotation sémantique des objets d'apprentissage, par type de contenu pédagogique en utilisant les modèles de contenu, pour donner plus de flexibilité à leur réutilisation.

### **Organisation du mémoire :**

Hormis l'introduction et la conclusion, notre mémoire est décomposé en 4 chapitres.

Dans le chapitre 1 nous présentons le domaine du e-learning et définissons ses principaux concepts (ingénierie pédagogique, objets d'apprentissage, etc.), les différentes normes et standards éducatifs existant, ensuite, les modèles de contenu des objets d'apprentissage.

Dans le chapitre 2, consacré à la nouvelle vision du Web sémantique, nous exposons les fondements de base (ontologies et méta-données), puis les différents langages pour la représentation formelle de ces derniers. Par la suite, nous abordons l'apport du web sémantique sur le domaine du e-learning et les améliorations (ontologies éducatives, annotation sémantique, etc.) apportées pour rendre le processus d'apprentissage plus efficace.

Dans le chapitre 3 nous présentons un état de l'art sur les principaux travaux qui font la base de notre contribution notamment les projets et ontologies développées dans le e-learning.

En fin, dans le dernier chapitre nous présentons notre contribution qui consiste à proposer l'ontologie « LO\_DESCRIPTION » qui servira à annoter sémantiquement les objets d'apprentissage afin d'améliorer leur réutilisation.

Chapitre I  
Généralité sur le domaine  
du “e-Learning”

# 1. Généralité sur le domaine du “e-Learning”

## 1.1. Introduction

Les Technologies de l’Information et de la Communication (TIC) ont donné naissance à de nouvelles visions d’apprentissage. L’apport est sur les deux plans technologiques et pédagogiques. Une nouvelle approche de formation a vu le jour connu sous l’appellation « e-learning ». Ce nouveau mode d’apprentissage est basé sur l’accès à des formations en ligne. Le contenu est prédisposé et accessible via des plateformes et dispositif d’apprentissage laissant un libre choix aux apprenants, dans le sens d’espace et de temps, de diriger eux même le processus d’apprentissage.

Dans ce chapitre, nous présentons les différentes définitions en relation avec l’apprentissage en ligne. Puis nous abordons le sujet de normalisation et les efforts dans ce sens pour rendre les contenus réutilisables et les systèmes interopérables.

## 1.2. Définitions

### 1.2.1. Ingénierie pédagogique

Gilbert Paquette donne une bonne définition dans son ouvrage « L’ingénierie pédagogique » :

« L’ingénierie pédagogique est l’ensemble des procédures et tâches permettant de définir le contenu d’une formation. Cela implique d’identifier les connaissances et compétences visées, de réaliser une scénarisation pédagogique des activités d’un cours, et de définir les infrastructures, les ressources et les services nécessaires à la diffusion des cours et au maintien de leur qualité ». [Paquette, 2002]

« une méthode soutenant l’analyse, la conception, la réalisation et la planification de la diffusion des systèmes d’apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l’ingénierie cognitive ». [Paquette, 2002]

Elle vise à résoudre des problèmes de conception de systèmes d’apprentissage. Elle se situe au carrefour de trois domaines : design pédagogique, ingénierie cognitive et ingénierie des systèmes d’information (voir Figure 1).

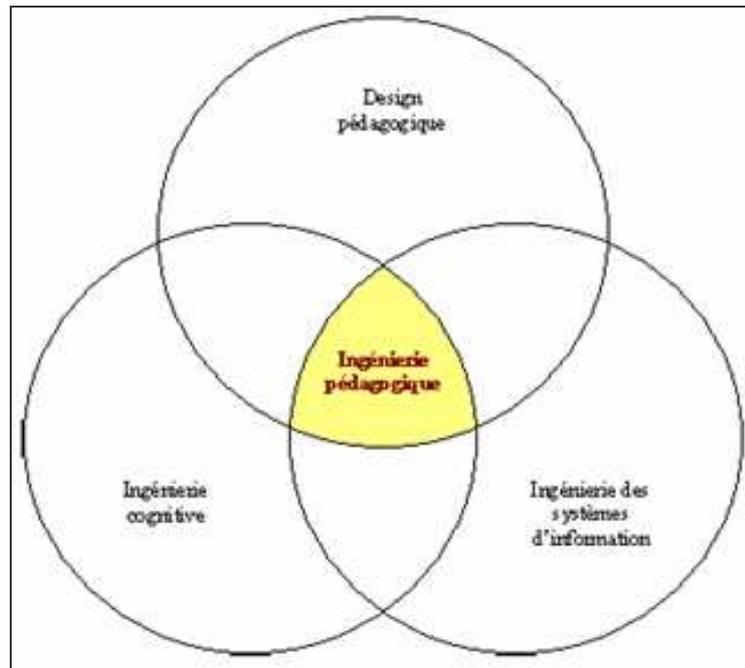


Figure 1 : Ingénierie Pédagogique [Paquette, 2002]

### 1.2.2. Education basée sur le Web

Nous adoptons la traduction suivante « éducation basée sur le Web » pour désigner *Web based education (WBE)* qui se définit ainsi :

*“Informally, Web-based education (WBE) encompasses all aspects and processes of education that use World Wide Web as a communication medium and supporting technology. There are many other terms for WBE; some of them are online education, virtual education, Internet-based education, and education via computer-mediated communication”* [Paulsen, 2003].

Donc l'éducation basée sur le Web (*Web based education* : WBE) couvre tous les aspects et les processus de l'éducation utilisant le *World Wide Web* comme medium de communication et de diffusion. Et d'après [Paulsen, 2003] elle est caractérisée par :

- la séparation entre l'enseignant et l'apprenant (ce qui le distingue du présentiel) ;
- l'utilisation des technologies du web pour présenter et/ou diffuser le contenu pédagogique ;
- la mise à disposition des apprenants des moyens de communication, via Internet, avec les pairs, les enseignants et le staff.

Depuis les années 90, WBE est devenue une branche très importante de la technologie éducative. Pour les apprenants, elle donne accès à l'information et sources de connaissances qui sont

pratiquement illimitées, permettant un certain nombre de possibilités d'apprentissage personnalisé : le téléapprentissage, l'apprentissage à distance et la collaboration [Brusilovsky, 1999]. D'autre part, les enseignants et les auteurs de matériel pédagogique peuvent utiliser de nombreuses possibilités offertes par le Web, la disponibilité des outils de création de cours et plusieurs alternatives de stocker, distribuer et référencer les ressources en ligne.

### **1.2.3. e-learning**

On trouve différentes définitions du terme e-learning, pour les uns (comme Paulsen) seul Internet est un support technologique d'apprentissage, pour les autres (comme Kaplan-Leiserson) tous les supports technologiques d'apprentissage pourront servir dans l'e-learning.

Selon Paulsen :

*"Electronic Learning or e-Learning is interactive learning in which the learning content is available online and provides automatic feedback to the student's learning activities"* [Paulsen, 2003].

En effet, c'est pareil aux *computer-based training* (CBT) et *computer-aided instruction* (CAI), sauf que ce mode requiert l'accès au contenu et ressources d'apprentissage via Internet. Les e-learner's (apprenants dans le e-learning) peuvent toujours communiquer avec leurs tuteurs en utilisant les services du Web. Toutefois, l'importance est toujours donnée à l'organisation et à l'accès aux contenus et non pas à ce genre de communication.

Pour Kaplan-Leiserson dans son *online e-learning glossary* :

*"E-learning covers a wide set of applications and processes, such as Web-based learning, computer-based learning, virtual classrooms, and digital collaboration. It includes the delivery of content via Internet, intranet/extranet (LAN/WAN), audio and videotape, satellite broadcast, interactive TV, and CD-ROM."* [Kaplan-Leiserson, 2000]

### **1.3. Objets d'apprentissage (Learning Object : LO)**

Un objet d'apprentissage ou *Learning Object* (LO) peut être défini comme : *"toute entité, sur un support numérique ou non, pouvant être utilisée pour l'apprentissage, l'enseignement ou la formation"*[IEEE, 2002a].

Pour Koper [Koper, 2003] "*L'objet d'apprentissage est considéré comme toute ressource numérique, reproductible et adressable, utilisée pour réaliser des activités d'apprentissage ou d'encadrement de l'apprentissage et rendue accessible à d'autres pour leur utilisation*".

Un objet d'apprentissage peut être réutilisé pour différentes fins, différentes plates-formes, ou différents publics [Vidal et al., 2002]. Par exemple, une séquence vidéo peut aussi bien servir dans un cours que dans le cadre d'un test, mais peut également être insérée dans différentes plates-formes.

Dans [Bourda, 2001] et [Pernin, 2003] nous trouverons une étude détaillée sur les objets d'apprentissage.

## **1.4. Normes et standards**

Dans ce nouveau mode d'apprentissage (e-learning), nous pouvons accéder aux ressources pédagogiques depuis n'importe quel système et/ou plateforme. La prolifération des constructeurs et des fournisseurs d'outils et de ressources pédagogiques rend difficile le choix et l'acquisition par l'utilisateur final (*end-user*). Les efforts de normalisation et de standardisation sont fournis pour résoudre ce genre de problèmes. Plusieurs organisations comme l'ISO (*International Organization for Standardization*), l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) et le CEN (*Comité Européen de Normalisation*) sont à l'origine de plusieurs travaux de recherches et de développements tels que : ARIADNE, IMS, Dublin Core, LOM, etc.

### **1.4.1. But de la normalisation**

Le principal objectif de la normalisation est de réaliser l'interopérabilité entre les composants d'une infrastructure ou d'un système, et de faciliter l'échange d'information. Le développement à grande échelle des plateformes d'apprentissage à distance dans des environnements techniques différents nécessite d'avoir<sup>1</sup> : (i) un format standard et universel pour ces méta-données dans le but de faciliter l'échange et l'accessibilité ; (ii) une définition fine pour les ressources pédagogiques.

Pour Arnaud [Arnaud, 2004] la normalisation, dans le domaine du e-learning, répond à cinq objectifs : [Benayache, 2005]

---

<sup>1</sup> <http://www.educnet.education.fr/superieur/glossaire.htm>

- **L’accessibilité** : permet de faciliter la recherche, l’identification, l’accès aux contenus et aux composants de la formation.
- **La ré-utilisabilité** : permet de réutiliser les mêmes objets pédagogiques à différentes fins, dans différentes applications, différents contextes et via différents modes d’accès.
- **L’adaptabilité** : permet la modularisation des contenus et des composants pour mieux répondre aux besoins des utilisateurs.
- **L’interopérabilité** : permet les échanges entre les composants logiciels grâce à des interfaces communes.
- **La durabilité** : permet d’éviter le développement à nouveau des formats de contenus et des composants dans le cas de changement de support logiciel ou matériel.

#### **1.4.2. Organismes de normalisation**

Un certain nombre d'organisations, comités, groupes de travail et d'autres organismes sont impliqués dans des efforts et des initiatives de normalisation. Certains d'entre eux sont:

**IEEE LTSC<sup>2</sup> (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Learning Technology Standards Committee)** : L'IEEE-LTSC développe des normes techniques, des pratiques recommandées et des guides pour les technologies d'apprentissage. Il coopère officiellement et officieusement avec d'autres organisations qui produisent des spécifications et des normes à des fins similaires. L'élaboration de normes dans LTSC se fait en plusieurs groupes de travail, l'un d'entre eux est WG12 (Work Group 12), qui a développé le standard *Learning Object Metadata* (LOM).

**ISO/IEC JTC1<sup>3</sup> (International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission - Joint Technical Committee 1)** : Il s'agit d'un comité de normalisation à l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO). IEC signifie Commission Electrotechnique Internationale ; JTC1 est le Comité Technique Mixte 1, un comité mixte entre l'ISO et IEC.

---

<sup>2</sup> <http://ieeeltsc.org/>

<sup>3</sup> <http://jtc1sc36.org/>

**DCMI<sup>4</sup> (Dublin Core Metadata Initiative)** : est une organisation qui développe des vocabulaires spécialisés de méta-données pour décrire les ressources sur Internet. DCMI favorise également une adoption généralisée de normes de méta-données interopérables et définit des cadres pour l'interopérabilité des méta-données.

**IMS Global Learning Consortium<sup>5</sup> (Instructional Management Systems)** : est une organisation à but non lucratif dont les membres sont des fournisseurs de matériel et de logiciels, des institutions éducatives et d'autres consortiums. IMS développe et promeut l'adoption de spécifications techniques ouvertes pour les technologies d'apprentissage interopérable. Plusieurs spécifications IMS sont devenues des normes pour la livraison des produits et des services d'apprentissage.

**AICC<sup>6</sup> (The Aviation Industry CBT (Computer-Based Training) Committee)** : est une association internationale de la formation professionnelle basée sur la technologie. Sa mission est d'élaborer des lignes directrices pour l'élaboration, la prestation et l'évaluation de CBT et des technologies de formation.

**ADL<sup>7</sup> (Advanced Distributed Learning)** : Initiative relative au développement et la mise en œuvre des technologies d'apprentissage. Elle a été créée pour fournir l'accès à l'apprentissage de haute qualité à travers l'US Department of Defense (DoD). Les activités d'ADL comprennent le développement des normes, des outils et des contenus d'apprentissage ; l'objectif est de livrer des produits adaptés aux besoins individuels des apprenants et sans contraintes de temps et d'espace avec des prix abordables.

**ARIADNE Foundation<sup>8</sup> (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe)** : favorise le partage et la réutilisation de matériel pédagogique électronique (objets d'apprentissage) entre les universités et les entreprises. L'infrastructure d'ARIADNE est basée sur un réseau distribué d'entrepôt d'objets d'apprentissage (*Learning Object Repositories : LORs*), appelé *Knowledge Pool System*. La contribution d'ARIADNE dans la normalisation des technologies d'éducation est importante, marquée par le développement du standard "ARIADNE Educational Metadata specification" (the "pedagogical header"). Cette spécification est devenue plus tard un des principaux composants dans la création du standard l'IEEE-LTSC-LOM.

---

<sup>4</sup> <http://dublincore.org/>

<sup>5</sup> <http://www.imsproject.org/>

<sup>6</sup> <http://www.aicc.org/>

<sup>7</sup> <http://www.adlnet.org/>

<sup>8</sup> <http://www.ariadne-eu.org/>

**CEN/ISSS/LT<sup>9</sup> (Comité Européen de Normalisation/Information Society Standardization System/Learning Technologies)** : travaille dans la normalisation formelle et informelle. L'ISSS Learning Technologies Workshop (ISSS-LTWS) encourage le développement et l'utilisation des normes appropriées pour les technologies d'apprentissage en Europe. Le principe est de ne pas refaire le travail effectué par d'autres organisations, mais plutôt de développer des spécifications, des lignes directrices et des recommandations non abordées par d'autres initiatives. L'ISSS-LTWS adapte les normes mondiales, les caractéristiques et les modèles de référence dans le domaine du e-learning aux exigences européennes.

### **1.4.3. Normes existantes**

Il existe plusieurs types de normes dans les technologies d'apprentissage catégorisées ainsi : [Devedzic, 2006]

- Les standards de **méta-données** (*metadata standards*) ;
- Les normes d'**encapsulation** (*packaging standards*) ;
- Les normes des **informations** sur l'apprenant (*learner information standards*) ;
- Les normes de **communications** (*communication standards*) ;
- Les normes de **qualité** (*quality standards*).

Il y a un certain nombre de normes dans les différentes catégories énumérées ci-dessus. Nous allons citer les normes les plus importantes :

#### **1.4.3.1. Dublin Core (DC)**

*Dublin Core Metadata Element Set* (généralement appelée comme Dublin Core, ou DC) du DCMI est de la catégorie normes de méta-données. C'est la spécification de méta-données la plus répandue, destinée à la description des ressources de différents domaines, pour faciliter la recherche et la récupération de tout type de ressources sur le Web [DCMI, 2004]. Il n'existe pas de restrictions aux types de ressources auxquelles les méta-données DC peuvent être attribuées – la ressource d'information est défini comme étant "tout ce qui a une identité". Par conséquent, la spécification méta-donnée DC ne s'applique pas seulement à des ressources d'apprentissage comme LOs.

Le tableau 1 indique les 15 éléments du DC et leur description.

---

<sup>9</sup> <http://www.cenorm.be/cenorm/businessdomains/businessdomains/iss/actvity/wslt.asp>

Tableau 1 : La liste des 15 éléments du Dublin Core

Nom	Élément	Définition
Titre	Title	Le nom donné à la ressource.
Auteur / Créateur	Creator	L'entité principalement responsable de la création du contenu de la ressource.
Sujet et mot-clé	Subject	Le sujet du contenu de la ressource (généralement exprimée sous forme d'une liste de mots clés, des phrases-clés, ou des codes de classification).
Description	Description	Un compte rendu du contenu de la ressource (comme un résumé, une table des matières, une référence à une représentation graphique du contenu, ou un texte libre).
Editeur	Publisher	Une entité ayant la responsabilité de rendre la ressource disponible (généralement, le nom d'une personne, une organisation ou un service).
Collaborateur	Contributor	Une entité ayant la responsabilité de collaborer au contenu de la ressource.
Date	Date	Une date associée à un événement dans le cycle de vie de la ressource (par exemple, la date de création ou de disponibilité de la ressource).
Type de ressource	Type	La nature ou le type du contenu de la ressource.
Format	Format	Le caractère physique ou numérique de la ressource.
Identificateur de la ressource	Identifier	Une référence non ambiguë de la ressource dans un contexte donné.
Source	Source	Une référence de la ressource d'où est tirée la ressource présente.
Langue	Language	La langue du contenu intellectuel de la ressource.
Relation	Relation	Une référence à une ressource connexe.
Portée	Coverage	L'étendue ou la portée du contenu de la ressource.
Gestion des droits	Rights	Des renseignements au sujet des droits détenus sur une partie de la ressource ou sur son ensemble.

Pour utiliser la description DC dans un document RDF (cf. §2.3.2) voir figure 2, un espace de noms (*namespace*) est défini et l'encodage DC est intégré dans un élément `<rdf:description>`.

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
  <rdf:Description>
    <dc:creator>Fakhr-eddine Hachemi</dc:creator>
    <dc:title>Ontologies and the Semantic Web</dc:title>
    <dc:subject>Semantic web</dc:subject>
    <dc:language>EN</dc:language>
    ...
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Figure 2 : Intégrer la description Dublin Core dans un document RDF

Une version du *Dublin Core* est dédiée à l'éducation nommée *Dublin Core Education* (DCE<sup>10</sup>). Le DCE est composé de méta-données génériques et reprend des méta-données de la partie "Education" du LOM (cf. §1.4.3.2) : type d'utilisateur, niveau de type d'interactivité, durée, type de

<sup>10</sup> DCE : <http://purl.org/dc/documents/education-wd>

médiateur, conformité à un standard éducatif, réflexion sur type de ressources, qualité, niveau, type de pédagogie [Benayache, 2005].

### 1.4.3.2. IEEE Learning Object Metadata (LOM)

IEEE LTSC Learning Object Metadata (LOM) est une norme approuvée [IEEE, 2002a], également de la catégorie des normes de méta-données. LOM est considérée comme la principale norme de méta-données pour les LOs. D'autres organisations, telles que DCMI, ADL, ARIADNE et IMS ont été impliquées directement ou indirectement à l'élaboration du cahier des charges sur lesquelles cette norme est basée [McGreal, 2004].

Contrairement à Dublin Core, LOM est spécialisée dans la description des LOs seulement. Il a été conçu avec l'idée de définir un ensemble minimal d'attributs nécessaires pour décrire, gérer, localiser et évaluer les LOs, en tenant compte de la diversité de leurs granularités, des caractéristiques pédagogiques, de la technologie et des médias utilisés. LOM contient 76 éléments, regroupés en neuf catégories. Comme dans de Dublin Core, tous les éléments sont facultatifs.

Les neuf catégories de LOM éléments sont indiquées dans le tableau 2. Le tableau est simplifié de la version de base *LOM v1.0 Base Schema*, pour plus de détails voir [IEEE, 2002a]. La classification par catégorie a été utilisée pour rendre extensible le schéma de base et tout système de classification peut être référencé.

**Tableau 2 : Liste des neuf catégories du LOM**

Catégorie	Description	Définition	Exemples d'éléments
General	Description générale	Information générale qui décrit le LO dans son ensemble.	Title, language, coverage, keyword
Lifecycle	Cycle de révision	Caractéristiques liées à l'évolution et l'état actuel du LO, ainsi qu'à ceux qui ont participé au cours de son évolution.	Version, status, contribute, role, entity, date
Meta-Metadata	Méta-données sur les méta-données	Informations sur les méta-données eux-mêmes qui décrivent le LO.	Catalog, entry, role, entity, metadata schema
Technical	Les informations techniques	Les exigences et les caractéristiques techniques du LO.	Format, duration, size, location, type
Educational	Les caractéristiques pédagogiques	Les caractéristiques éducatives et pédagogiques du LO.	Interactivity type, context, difficulty, SemanticDensity
Rights	La gestion des droits	Les droits de propriété intellectuelle et Les caractéristiques exprimant les conditions d'utilisation de la ressource (LO).	Cost, copyright and other restrictions
Relation	L'aspect relationnel	Les caractéristiques exprimant les liens avec d'autres LOs en précisant le genre de la relation.	Kind, resource, description

Annotation	Annotation	les commentaires sur l'utilisation pédagogique de la ressource et fournit des informations sur quand et par qui les commentaires ont été créés.	Entity, date, description
Classification	Classification	Descriptif du LO par rapport à un système de classification.	Purpose, taxon path, source

La figure 3 montre la structure globale du schéma de base du LOM version 1.0 (catégories et éléments).

L'instance de méta-données du LO conforme au schéma LOM peut être exprimée et sérialisée par XML. IEEE LTSC fournit un *XML Schema binding* des méta-données définies dans le standard LOM [IEEE, 2002b].

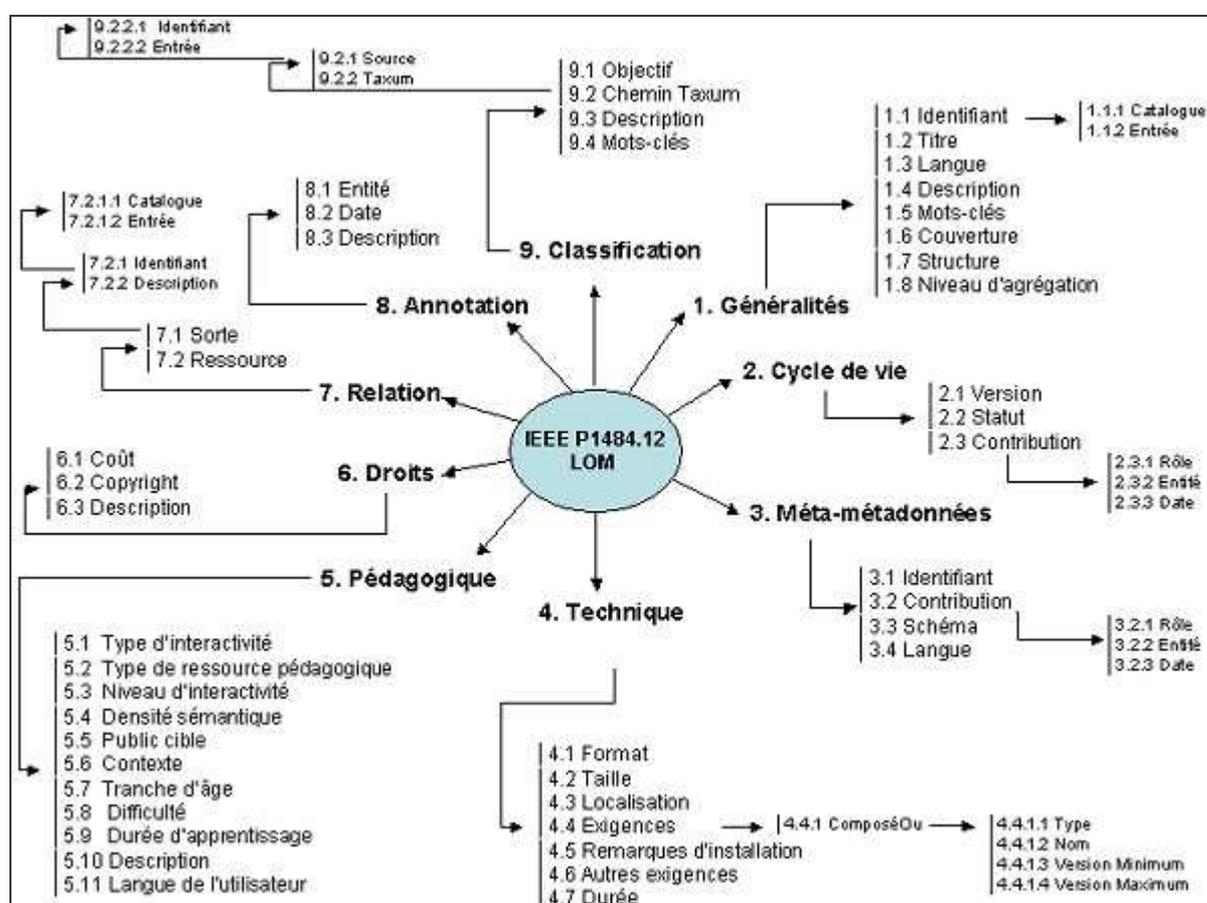


Figure 3 : Organisation du schéma de méta-données LOM v1.0<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Source : [http://sticf.univ-lemans.fr/num/vol2004/passardiere-11/sticf\\_2004\\_passardiere\\_11.htm](http://sticf.univ-lemans.fr/num/vol2004/passardiere-11/sticf_2004_passardiere_11.htm)

### 1.4.3.3. IMS Content Packaging (IMS-CP)

IMS Global Learning Consortium a développé sa spécification Content Packaging (CP) pour définir l'ensemble des structures qui peuvent être utilisées pour l'échange du contenu d'apprentissage [IMS CP, 2004]. C'est l'exemple typique des normes d'encapsulation. Elle spécifie également un standard XML Schema binding. Ce dernier permet à divers outils auteurs (*Authoring tools*), LMSs<sup>12</sup>, environnement WBE<sup>13</sup> conformes à la spécification IMS Content Packaging d'interopérer en échangeant le matériel pédagogique.

La figure 4 montre l'IMS Content Packaging Information Model, un système d'encapsulation qui représente le modèle de contenu d'un LO suivant la spécification IMS (qui peut être un simple LO, un LO agrégé ou une unité d'apprentissage UoL<sup>14</sup>).

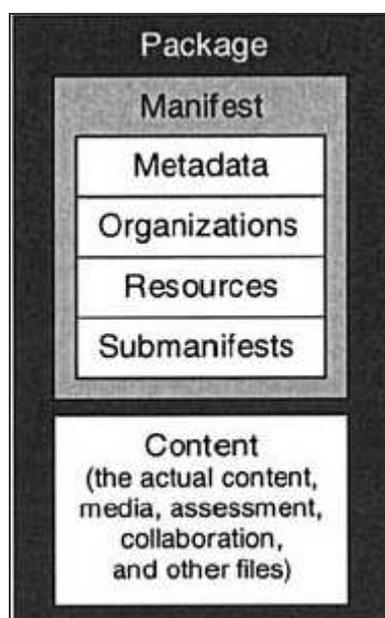


Figure 4 : IMS Content Packaging Information Model [IMS CP, 2004]

### 1.4.3.4. IMS Learning Design (IMS-LD)

La spécification IMS Learning Design (IMS-LD) n'est pas une norme d'encapsulation proprement dite ; elle intègre plutôt l'EML<sup>15</sup> dans le content packaging, fournissant ainsi un cadre conceptuel pour la modélisation des unités d'apprentissage (UoL).

<sup>12</sup> Learning Management Systems

<sup>13</sup> Web Based Education

<sup>14</sup> Unit of Learning

<sup>15</sup> Educational Modelling Language

IMS-LD permet la prise en charge des approches pédagogiques. Elle supporte la description des modèles d'apprentissage individualisé ainsi que collaboratif. En fait, IMS-LD définit un méta-langage avec un vocabulaire relativement faible qui peut être utilisé pour exprimer ce que chacune des différentes approches pédagogiques demande des acteurs impliqués dans l'apprentissage ou enseignement [IMS LD, 2003]. IMS-LD permet également l'intégration des différentes approches pédagogiques en un seul learning design.

La spécification IMS-LD repose sur la théorie de l'activité et les travaux de Koper sur EML-OUNL<sup>16</sup> [Koper, 2001]. Rob Koper se démarque du courant documentaliste en affirmant que ce sont les activités et non les objets de connaissances qui constituent la clé d'un environnement d'apprentissage. Il propose de décrire les situations d'apprentissage à l'aide d'un langage de modélisation pédagogique EML (*Educational Modelling Language*) [Koper, 2001]. Ce dernier permet la description d'une Unité d'apprentissage (UoL : *Unit of Learning*). Une Unité d'apprentissage est composée d'activités, vise un objectif pédagogique et nécessite un certain nombre de pré-requis. Une activité est réalisée par un ou plusieurs acteurs tenant chacun un rôle dans un environnement. Un acteur peut être un apprenant ou un membre du staff (enseignant, tuteur, etc.).

Le scénario d'apprentissage, ou méthode, repose sur une métaphore théâtrale. Une unité d'apprentissage est décomposée en pièces (de théâtre), une pièce est organisée en une séquence d'actes qui associe les activités aux différents rôles (apprenant ou tuteur) par l'intermédiaire du concept de partition. Les activités suivant leur nature (d'apprentissage ou de soutien) correspondent à un ensemble de tâches individuelles ou collectives. Les activités d'une unité d'apprentissage font référence à un environnement (le décor d'une pièce de théâtre) qui est défini comme l'ensemble des services et objets d'apprentissage. Une étude complète de cette spécification étant effectuée dans [Lejeune, 2004].

#### **1.4.3.5. ADL Sharable Courseware Object Reference Model (SCORM)**

ADL-SCORM combine et interprète un certain nombre de spécifications techniques et directives prises des autres organisations (AICC, ARIADNE, IMS et IEEE) pour créer un contenu unifié et un modèle de référence de communication pour une utilisation cohérente dans la Communauté du e-Learning [Friesen et al., 2002].

---

<sup>16</sup> Educational Modelling Language-Open University of The NetherLands

A la fin des années 90, l'apparition des LMS<sup>17</sup> et LCMS<sup>18</sup> (plates-formes de formation) conduit à se poser la question de l'exploitation technique des objets d'apprentissage avec Internet, d'où l'apparition de SCORM au sein des consortiums américains. L'objectif est de pouvoir exploiter la ressource dans un système informatique et d'en contrôler l'utilisation (point de vue technique). SCORM est en fait une collection de normes et de spécifications adaptées de multiples sources pour permettre l'interopérabilité, l'accessibilité et la réutilisation des contenus (*Web-based learning content*) [ADL SCORM, 2004]. SCORM est une norme qui prend de plus en plus d'importance, tant du côté des plates-formes pédagogiques - pour ses capacités d'interopérabilité - que du côté des contenus pédagogiques, pour les mêmes raisons ainsi que pour ses capacités d'indexation. L'usage typique de SCORM est de gérer les interactions entre un entrepôt de cours et de ressources pédagogiques (ce que l'on appelle en informatique un « *repository* ») et un LMS c'est-à-dire une plate-forme pédagogique chargée de diffuser ces ressources auprès des apprenants et des enseignants [Pernin, 2004].

Les propositions de SCORM concernent principalement les contenus en ligne. Il s'agit de faire de la formation totalement libre à travers le web. SCORM enrichit le standard LOM avec notamment :

- Un modèle d'agrégation de contenus un peu différent qui permet de créer, décrire et échanger des ressources indépendamment du système qui les a créées ; l'agrégation se définissant en trois niveaux : ressources, grain de formation, cours ;
- Un environnement d'exécution qui permet de surveiller l'activité d'un apprenant dans un LMS et permet aussi une communication avec les plates formes pour l'exécution des objets d'apprentissage.

### **1.5. Modèles de contenu des objets d'apprentissage**

Selon le Learning Object Metadata (LOM) standard, un objet d'apprentissage "*is any entity, digital or non-digital, that may be used for learning, education or training*" [Duval, 2002]. Cependant, cette définition tolère une très grande variété de granularités [Duval et al., 2003]. Les modèles de contenu d'objet d'apprentissage font face à ce problème. Ces modèles permettent de distinguer les différents types d'objets d'apprentissage et leurs composants, et de fournir une définition plus précise et une identification facile des composants. Il existe plusieurs modèles de contenu d'objets d'apprentissage, le modèle d'agrégation de contenu SCORM, le modèle CISCO RLO/RIO, le modèle dLCMS (the dynamic Learning Content Management System), le modèle de contenu LEARNATIVITY, le modèle ALOCOM et le modèle d'objet d'apprentissage NETg, etc.

---

<sup>17</sup> LMS : Learning Management System

<sup>18</sup> LCMS : Learning Content Management System

Afin de définir les niveaux de granularité, les modèles de contenu utilisent les systèmes de classification, tels que "*the Structured Writing methodology*" développée par Robert Horn [Horn, 1993], la classification de Ballstaedt [Ballstaedt, 1997], la classification définie dans LOM [IEEE, 2002a] et "*the component display theory*" [Merrill, 1983].

### **1.5.1. Modèle de contenu *Learnativity***

Le modèle de contenu *learnativity* [Wagner, 2002] identifie la taxonomie suivante:

1. *Raw Media Elements* (les éléments multimédias bruts) sont le plus petit niveau dans ce modèle ; ces éléments se trouvent dans le niveau de données pures. Par exemple : une seule phrase ou un paragraphe, illustration, animation, etc
2. *Information Objects* (les objets d'information) sont des ensembles d'éléments médias brut. Ces objets pourraient être fondés sur le modèle "information block" (bloc d'information) développé par Horn [Horn, 1998].
3. *Application Specific Objects*, en répondant à un objectif unique, les objets d'information sont ensuite sélectionnés et assemblés dans le troisième niveau "*Application Specific Objects*" (Objets d'Application Specific). A ce niveau résident les objets d'apprentissage dans un sens plus restreint que la définition susmentionnée de la norme LOM.
4. *Aggregate Assemblies*, le quatrième niveau se réfère à des Agrégats assemblés (*Aggregate Assemblies*) à plusieurs objectifs finaux. Ce niveau correspond à des enseignements plus classiques (leçons) ou de chapitres.
5. *Collections*, le cinquième niveau se réfère à des collections, où on peut regrouper les leçons ou les chapitres, comme l'ensemble des cours et les programmes d'études.

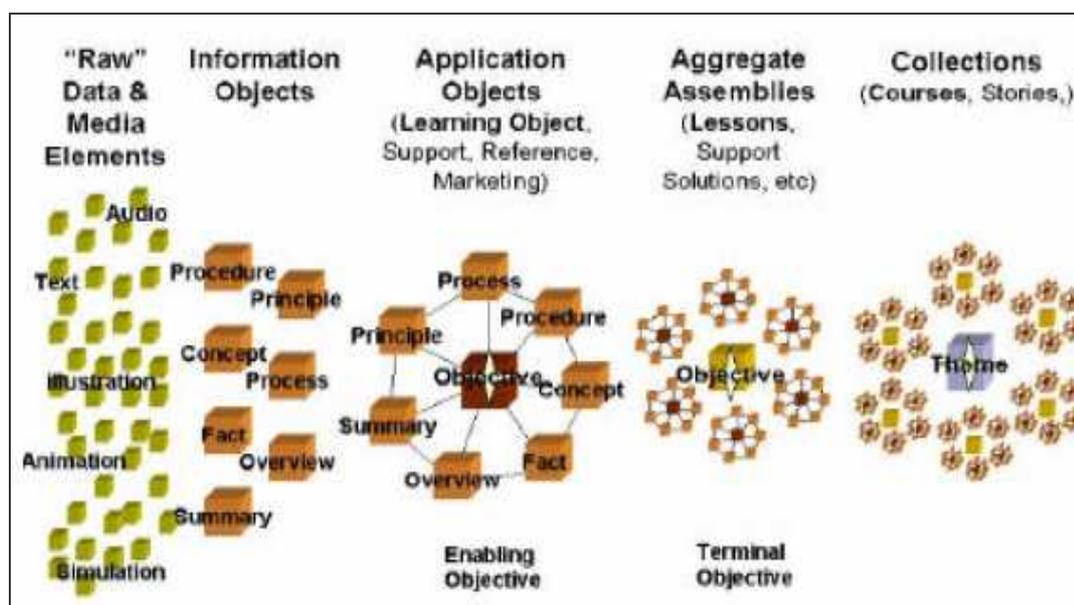


Figure 5 : Learnativity Content Model [Duval et al., 2003]

Evidemment, les objets d'information contiennent des éléments multimédias bruts. Les objets d'apprentissage contiennent des objets d'information. Les ensembles d'agrégat contiennent des objets d'apprentissage et d'autres assemblages globaux. Le modèle de Microsoft (Elliot) et l'Academic Co-Lab Model [Brown, 2002] sont des variantes de ce modèle de contenu.

### 1.5.2. Modèle d'agrégation de contenu SCORM

Le modèle d'agrégation de contenu SCORM [Dodds, 2001] contient les éléments suivants: les ressources (*Assets*), les objets de contenu partageables "*Sharable Content Objects*" (SCO) et les agrégations de contenu. Les ressources sont une représentation électronique des objets multimédias, du texte, des images, audio, des pages Web ou d'autres données qui peuvent être présentées dans le Web. L'Object partageable (SCO) est une collection d'une ou de plusieurs ressources. Pour améliorer la réutilisation, le SCO doit être indépendant de son contexte d'apprentissage. Un SCO peut par exemple être réutilisé dans différentes situations d'apprentissage pour répondre aux différents objectifs d'apprentissage. SCO sont destinés à être de petites unités, pour permettre la réutilisation dans plusieurs objectifs d'apprentissage. Une agrégation de contenu est une carte (structure du contenu), qui peut être utilisée pour agréger les ressources d'apprentissage dans une unité d'apprentissage globale (par exemple un cours, un chapitre, module, ...), voir figure 6.

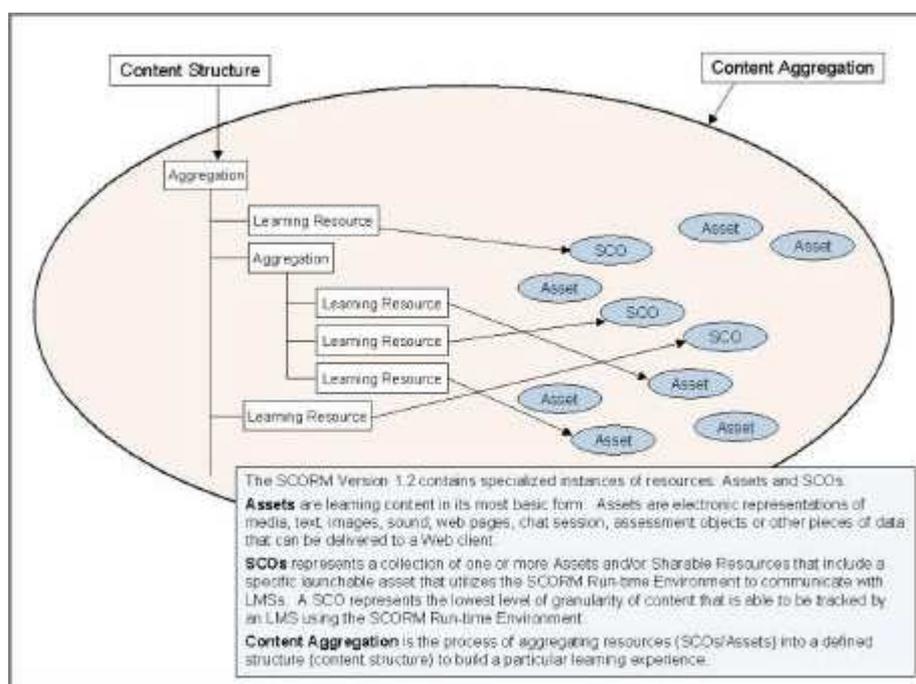


Figure 6 : The SCORM Content Aggregation Model [Dodds, 2001]

### 1.5.3. Le modèle CISCO RLO/RIO

Cisco Systems Inc [Barrit et al., 1999] a adopté une stratégie fondée sur les objets pour l'élaboration et la prestation du contenu d'apprentissage. Un objet d'apprentissage réutilisable (*Reusable Learning Object* : RLO) est une collection de  $7 \pm 2$  RIOs (objets d'information réutilisables, *Reusable Information Objects*), voir figure 7. Pour réaliser un enseignement complet ou une leçon à partir d'une collection de RIOs, une vue d'ensemble (*Overview*), le résumé (*Summary*) et l'évaluation (*Assessment*) sont ajoutés au paquet.

Les objets d'information réutilisables (RIOs) sont des fragments d'informations établies autour d'un unique objectif pédagogique. Chaque RIO se compose de trois composants : items de contenu (*content items*), items de pratique (*practice items*) et items d'évaluation (*assessment items*). Un item de pratique est une activité qui donne à l'apprenant la possibilité d'appliquer ses connaissances et qualifications, comme l'étude de cas ou test de pratique. Un item d'évaluation est une question ou une activité mesurable employée pour déterminer si l'apprenant a maîtrisé l'objectif pédagogique correspondant au RIO.

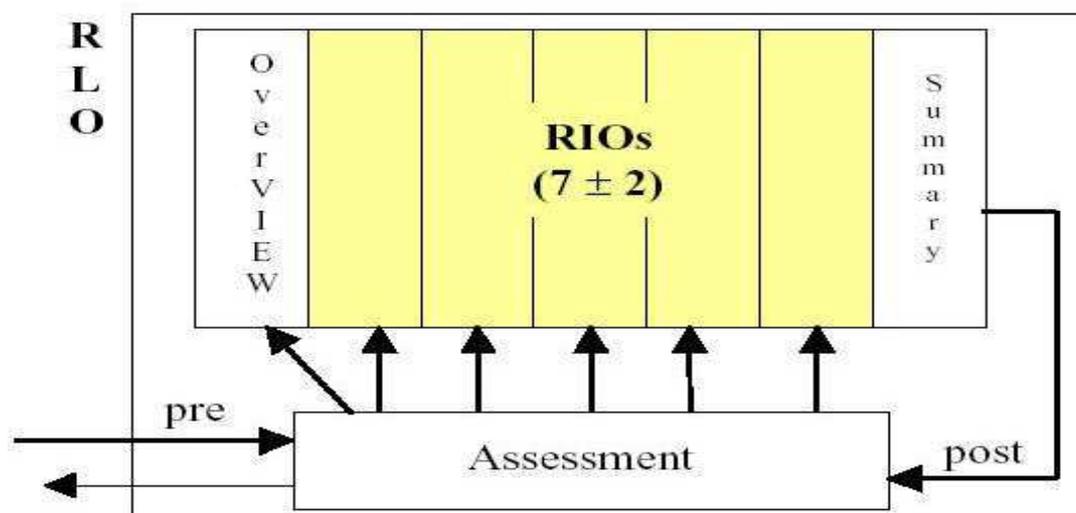


Figure 7 : CISCO RLO/RIO Model [Barrit et al. 1999]

#### 1.5.4. Le modèle d'objet d'apprentissage NETg

NETg était un des premiers modèles à utiliser le concept de LO (*Learning object*) dans ces cours IT (*Information Technologie Courses*). Le modèle se divise en une hiérarchie de 4 niveaux – cours (*course*), unité (*unit*), leçon (*lesson*) et sujet (*topic*). Un cours contient des unités indépendantes. Une unité contient des leçons indépendantes et une leçon contient des sujets indépendants. Un sujet représente un objet d'apprentissage indépendant qui vise un objectif pédagogique et lui correspond une activité et une évaluation [L'Allier, 2003].

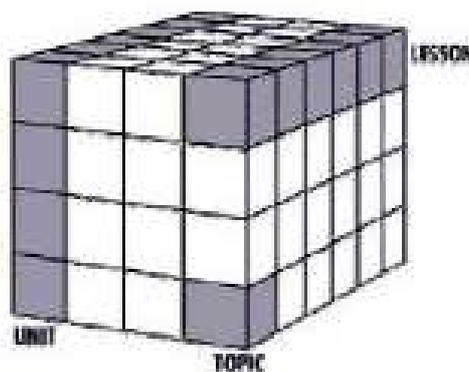


Figure 8 : NETg Learning Object Model [L'Allier, 2003]

#### 1.5.5. Modèle de composant dLCMS Component

Le projet dLCMS (the dynamic Learning Content Management System) [Schluep, 2005] vise à fournir une stratégie de modularisation combinée aux structures de balisage pour améliorer la

réutilisation du contenu d'apprentissage. Dans ce modèle, nous pouvons distinguer trois niveaux d'agrégation (voir schéma suivant) :

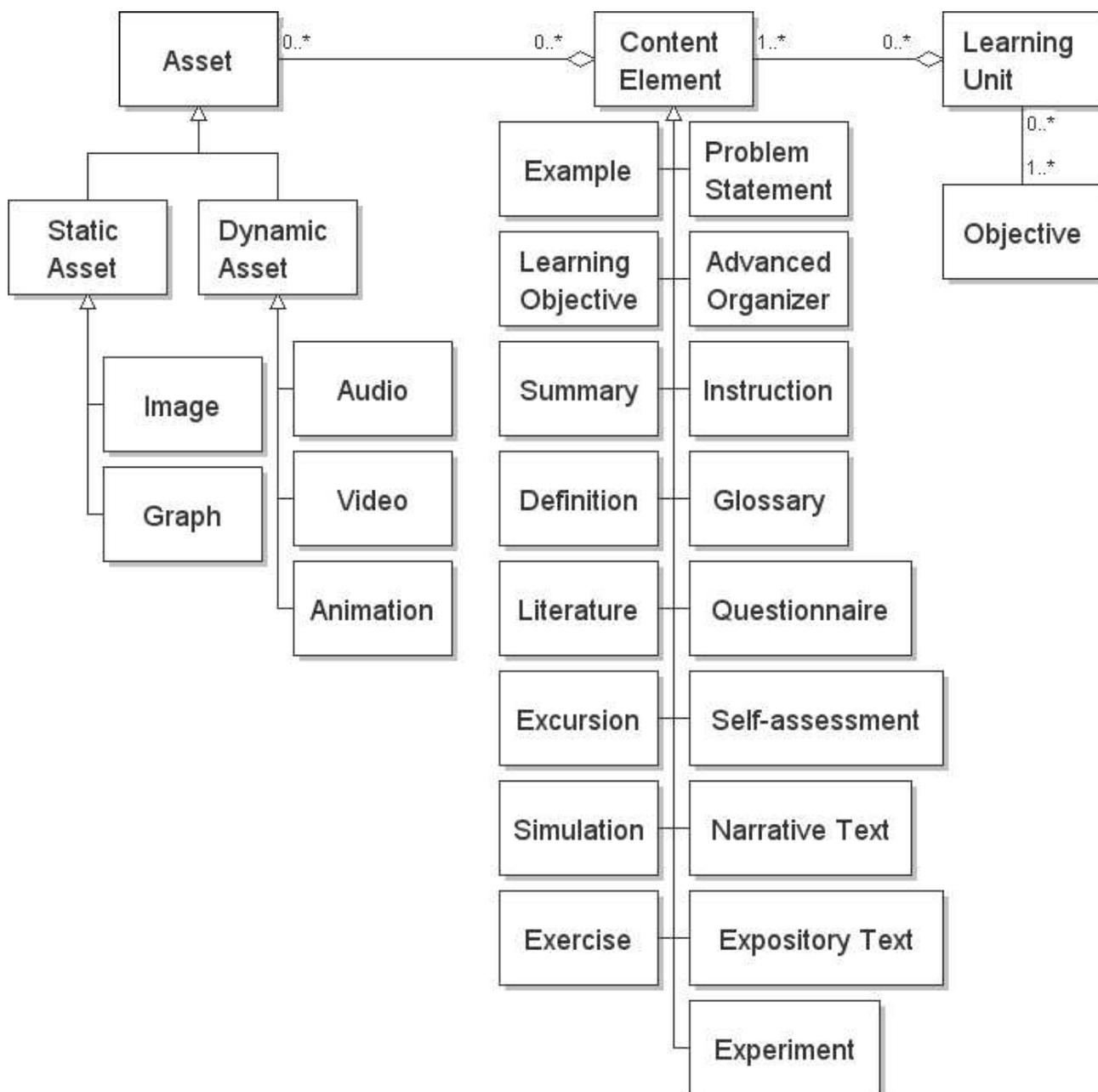


Figure 9 : UML representation of the dLCMS Component Model [Schluep, 2005]

1- *Assets* (ressources) : sont les éléments multimédias (images, vidéos, animations ou simulations). Ils sont des objets de données binaires, qui ne peuvent pas facilement être décomposé en éléments plus petits. Ils contiennent des informations statique (image, graphe) ou dynamiques (vidéo, audio, animation), les textes ne sont pas considérés comme *Asset*.

2- *Content Elements* (éléments de contenu) : sont définis comme des petits morceaux modulaire du contenu d'apprentissage, dont : (1) serviront comme base pour la construction des blocs de contenu d'apprentissage, (2) peuvent être agrégé en unités d'apprentissage plus grandes, (3) sont fondées sur un seul type de contenu pédagogique, (4) sont réutilisables dans de multiples contextes pédagogiques, et (5) peuvent contenir des *assets*. Par exemples : les exercices, les expériences, les questionnaires et les résumés.

3- *Learning unit* (unité d'apprentissage): est défini comme une agrégation de "*content elements*". Généralement, une unité d'apprentissage sert comme une leçon en ligne et peut être utilisé pour enseigner plusieurs objectifs pédagogiques. Une unité d'apprentissage fournit le moyen de définir la structure hiérarchique de nœuds comme un chapitre. Chaque nœud sera associé à un élément de contenu par référencement (le contenu ne sera pas copié dans l'unité). Le modèle de composant ne définit pas d'autres niveaux pour l'agrégation des unités d'apprentissage.

Le modèle dLCMS fournit une hiérarchie bien définie du contenu des objets d'apprentissage: les *Assets* sont assemblés dans des *content elements* et ces derniers sont assemblés dans des unités d'apprentissage. Il n'y a pas de restriction de taille pour les unités d'apprentissage qui peuvent être utilisées pour répondre à plusieurs objectifs pédagogiques. dLCMS ne définit pas le niveau d'objet d'apprentissage qui se rapporte à un seul objectif pédagogique.

Dans ce modèle, les catégories de contenu sont basées sur la classification de Ballstaedt [Ballstaedt, 1997], le vocabulaire de LOM *Learning Resource Type* [IEEE, 2002a] et *ContentModule types* de LMML [Süb et al., 2000].

### **1.5.6. Modèle générique de contenu d'objet d'apprentissage (ALOCOM)**

Verbert et Duval [vertbert et al., 2004] ont fait une analyse comparative des différents modèles de contenu. Par la suite, ils ont proposé un modèle générique ALOCOM (*Abstract Learning Object Content Model*) comme base de la comparaison. Dans ce modèle ils ont défini trois niveaux de composants : *Content Fragment* (CF), *Content Objects* (CO) et *Learning Objects* (LO), voir figure ci-dessous :

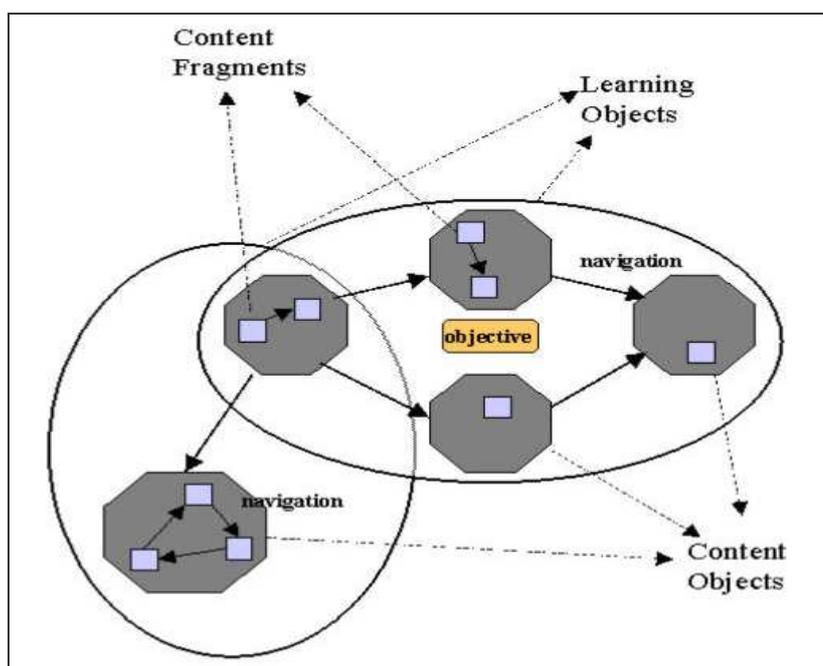


Figure 10 : General Learning Object Content Model [Verbert et al., 2004]

- Les fragments de contenu (*Content Fragments*) sont des contenus pédagogiques élémentaires ou basiques, comme le texte, l'enregistrement audio et la vidéo. Une particularité de ce niveau de granularité est de tenir compte des différentes caractéristiques des médias, ceux qui durent dans le temps (enregistrement audio, vidéo et animation) et ceux qui sont statiques (photo, texte, etc.).
- Les objets de contenu (*Content Objects*) agrègent les fragments de contenu et ajoutent la navigation. A l'encontre des CFs qui sont des instances les COs sont des types abstraits.
- Les objets d'apprentissage (*Learning Objects*) agrègent les objets de contenu et autres LOs et un objectif pédagogique. Ils définissent une topologie entre leurs composants et peuvent communiquer avec le monde extérieur.

Les fragments de contenu peuvent être étendus par des activités et des individus, et par analogie les objets de contenu par des activités et des rôles.

Un LO contient les COs, zéro ou plusieurs LOs et un objectif pédagogique. Un CO contient les CFs, zéro ou plusieurs COs et la navigation. Les CFs, les COs et les LOs ont des méta-données. Les méta-données permettent de décrire LOs et leurs composants d'une manière cohérente, facilitant ainsi leurs partages et leurs réutilisations.

L'ajout de la navigation dans les objets de contenu suggère que ces composantes sont présentées sur plusieurs pages [Schluiep, 2005].

## **1.6. Conclusion**

Le Web et les technologies de l'information et de la communication, en générale, ont révolutionné l'apprentissage et l'éducation par l'introduction de nouveaux concepts et de nouvelles méthodes et modalités dans le processus d'apprentissage. Le e-learning a apporté plusieurs avantages au processus d'enseignement/apprentissage, nous citons :

- La capacité de stocker et rechercher l'information efficacement ;
- Aider les êtres humains à augmenter leur capacité d'apprentissage, de recherche et de traitement d'informations ;
- Supporter, étendre et élargir les possibilités de communications sans les limites de temps et d'espace.

Parmi les nouveaux concepts introduits dans le e-learning nous avons « l'objet d'apprentissage (LO) ». Plusieurs définitions ont été données pour mieux cerner ce concept. La création, la conception, la réutilisation et le degré de granularité et d'agrégation font l'objet de plusieurs travaux. La réutilisation des LOs permet d'économiser les efforts (coût et temps). Cette réutilisation pourra être beaucoup plus adéquate, si on peut accéder aux éléments d'un objet d'apprentissage.

Un des axes de recherches prometteurs est le Web sémantique, une vision qui repose sur les ontologies et les annotations sémantiques (méta-données). Dans le chapitre qui suit, nous allons voir l'apport des ontologies et des méta-données dans le domaine du e-learning dans le contexte du Web sémantique.

## CHAPITRE II

# Le Web Sémantique et son apport en "e-Learning"

## 2. Le Web Sémantique et son apport en "e-Learning"

### 2.1. Introduction

Le Web sémantique est une vision du web de demain. Elle a pour objet de rendre les informations disponibles dans le web actuel traitables par la machine. Les utilisateurs seront déchargés d'une partie de leurs tâches habituelles (recherche, construction et combinaison de résultat). Le web sémantique peut être défini comme un substrat supportant des fonctions avancées pour la collaboration (homme-homme, homme-machine, machine-machine) qui permet de partager des ressources et de raisonner sur le contenu de ces dernières [Berners-Lee et al., 2001].

Le "Web sémantique" est un terme inventé par Tim Berners-Lee pour se référer à une vision de la prochaine évolution de la technologie du Web. Il envisage l'introduction d'une forme d'intelligence et donner le sens suivant le contexte au Web actuel (*World Wide Web*).

Les annotations sémantiques expriment les liens entre les ressources d'information sur le Web, et les relie à des structures de terminologies formelles appelées ontologies. Les ontologies constituent un des piliers du Web sémantique ; elles permettent aux machines d'interpréter l'information à travers les liens entre les ressources d'informations et les termes de l'ontologie. En outre, les ontologies facilitent l'interopérabilité entre les ressources d'information grâce à des liens à la même ontologie ou des liens entre les ontologies. [Fensel et al., 2007]

Les applications Web sémantique sont en cours de développement dans toutes les disciplines et professions, y compris l'éducation. Dans l'ère de l'information, où les sources de connaissances se multiplient et les formes de communication se diffèrent, nous avons les chances et les opportunités d'apprendre efficacement. Le changement perpétuel dans le monde de l'éducation et l'apprentissage oblige les acteurs à être à jour.

Pour aboutir à cette vision, dans le domaine de l'éducation, il faut avoir des préalables. Le Web sémantique doit d'abord devenir aussi omniprésent que le Web actuel. Le contenu éducatif sur le Web doit être adapté au Web sémantique qui implique le développement des différentes ontologies, l'annotation du contenu éducatif avec de telles ontologies, le développement des services du Web sémantiques éducatifs et aussi l'introduction et l'utilisation des langages, des outils et des supports du Web sémantique.

Dans ce chapitre, nous présentons d'abord le web sémantique et les langages utilisés, nous enchaînons ensuite avec les structures de base du Web sémantique notamment les ontologies et les annotations sémantiques. Nous terminons ce chapitre par l'apport du Web sémantique dans le domaine de e-learning. Nous signalons l'adoption de la définition de [Devedzic, 2006] "*The Semantic Web based Education*" et l'abréviation "SWBE" pour faire référence au Web Sémantique pour l'Education.

## **2.2. Web sémantique**

À la fin des années 1990, l'idée d'un Web sémantique conduisait au développement d'ontologies. La conviction générale tenue par le *World Wide Web Consortium (W3C)* est que le Web sémantique a besoin d'un langage d'ontologie qui sera compatible avec les standards du Web et présenté dans les couches supérieures. Le langage doit être exprimé en XML, et de préférence, devrait être en couches au-dessus de RDF(S).

Une des représentations utilisées de la vision des langages du Web sémantique est l'architecture en couches "*Semantic Web layer cake*". La version originale des couches du web sémantique qui présentait la couche des règles au dessus du langage d'ontologie a été présentée à XML2000 par Tim Berners-Lee, directeur du W3C.

Il s'avère que la couche des règles ne peut pas être au-dessus de la couche du *Web Ontology Language (OWL)*, ce qui a conduit à un raffinement du "*Semantic Web language layer cake*", représenté dans la figure 8, où les règles figurent à côté de OWL (cf. §2.3.4), au sommet d'une couche commune. La nouvelle architecture a été présentée par Tim Berners-Lee lors de son discours à la conférence WWW2005.

Les couches basses de cette architecture, c'est-à-dire l'Unicode, l'URI et XML (schéma), sont des standards du Web et fournissent la représentation syntaxique des langages du Web sémantique. L'Unicode fournit un système élémentaire de codage des caractères, utilisé par XML (cf. §2.3.1). L'URI (*Uniform Resource Identifier*) est un standard qui fournit un moyen d'identifier de façon unique l'adresse des documents ou des ressources sur le Web. Tous les concepts utilisés dans l'architecture en couches sont identifiés de manière unique par les URIs et peuvent être spécifiés en utilisant l'Unicode.

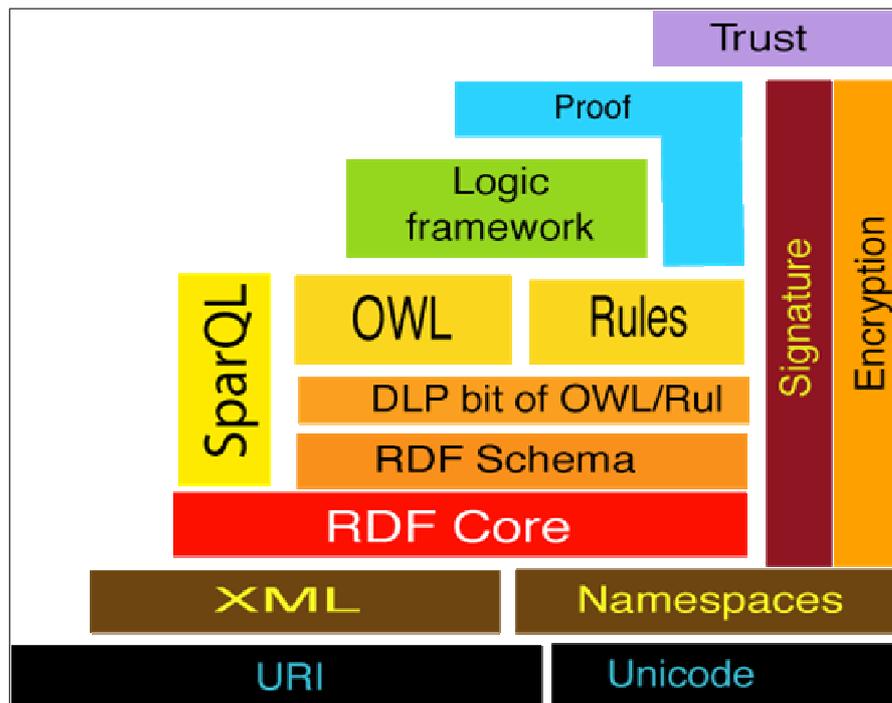


Figure 11 : The Semantic Web language layer cake<sup>19</sup> [Fensel et al., 2007]

Placer la couche logique au-dessus des couches *OWL* et *rules* est peu controversé, puisque *OWL* et *rules* (règles) sont fondés sur la logique. Certains affirment qu'un langage d'expression logique devrait être au-dessus du langage d'ontologie [Patel-Schneider et al., 2002]. En outre, cette superposition n'est pas la bonne, du moment où les couches *OWL* et *rules* devraient être placées en haut pour être interrogées directement par les applications. Les couches preuve (*proof*) et confiance (*trust*) ne sont pas bien comprises, mais plus probablement font référence à l'application et non pas à un langage spécifique. Par exemple, l'application pourrait se révéler d'une déclaration en utilisant le raisonnement déductif, et une déclaration serait digne de confiance si elle était prouvée et signée numériquement par certains tiers de confiance. L'utilisateur devrait jouer un rôle important dans la couche confiance parce que c'est à l'utilisateur de décider si une source d'information devrait être digne de confiance ou non.

### 2.3. Langage du Web sémantique

Pour permettre aux agents logiciels de traiter l'information sur le Web (recherche et sélection des ressources pour les utilisateurs), la sémantique des documents sera rendue explicite par des méta-données ou annotations et des ontologies. Les langages proposés par le W3C, pour atteindre les objectifs de la vision et former le layer cake, seront présentés par la suite :

<sup>19</sup> <http://www.w3.org/2005/Talks/0511-keynote-tbl/>

### **2.3.1. XML (*eXtensible Markup Language*)**

XML est un méta-langage proposé par le W3C permettant de représenter un document textuel de manière arborescente en utilisant un système de balisage. Il a été élaboré pour faciliter l'échange, le partage et la publication des données à travers le web. Les langages/modèles proposés pour le web sémantique sont exprimés en XML.

XML permet de structurer un document en définissant des balises suivant le besoin. Le choix de ces balises ne tient pas compte de la signification de la structure et des systèmes informatiques qui vont l'exploiter.

Le langage XML est un langage de structuration et non de représentation de données, pour cela le W3C a proposé le langage XSL (*eXtensible StyleSheet Language*) [Clark, 1999] pour effectuer la représentation des données des documents XML.

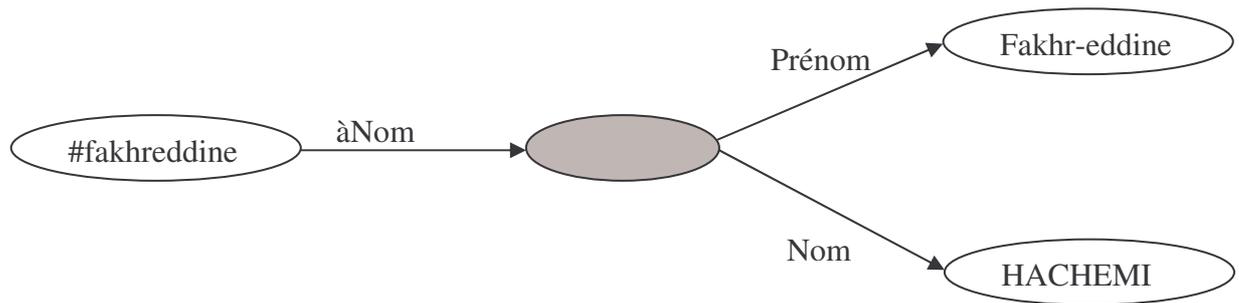
### **2.3.2. RDF (*Ressource Description Framework*)**

RDF [Klyne et al., 2004] est le premier langage développé pour le Web sémantique. RDF [Lassila et al., 2001] est une recommandation du W3C développée pour décrire les ressources du Web et les rendre accessibles par les machines. RDF utilise XML dans sa syntaxe pour respecter l'ascendance des langages dans la *semantic Web layer cake*. La structure des expressions RDF est un triplet composé d'un sujet (ressource), prédicat (propriété) et objet (valeur) où le sujet est la ressource à représenter, le prédicat est la propriété et l'objet est la valeur de cette propriété. L'ensemble des triplets est appelé graphe RDF. En plus des primitives, RDF définit trois types de conteneurs pour représenter des collections de ressources ou de littéraux:

- *Bags* : listes non ordonnées de ressources ;
- *Séquences* : listes ordonnées de ressources ;
- *Alternatives* : un choix parmi une liste de ressources.

Ce langage a comme objectifs la représentation et l'exploitation des méta-données (tels que le titre, l'auteur, la date de modification d'une page, etc.). De manière plus générale, il permet de voir le Web comme un ensemble de ressources reliées par les liens étiquetés « sémantiquement ». RDF Schéma (*cf.* §2.3.3) étend RDF avec des primitives de modélisation d'ontologie, telles que les classes, les propriétés et les instances. Les relations *instance-of*, *subclass-of* et *subproperty-of* sont introduites pour permettre l'hierarchie des classes et des propriétés.

L'exemple suivant (Figure 12) illustre la représentation d'un graphe RDF, et qui sera sérialisé suivant la notation RDF/XML dans la figure 13.



**Figure 12 :** Exemple de Graphe RDF

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:ex="http://mapage.dz/#"
  xml:base="http://mapage.dz/">
  <rdf:Description about="#fakhreddine">
    <ex:aNom rdf:parseType="Resource">
      <ex:prenom>Fakhr-eddine</ex:prenom>
      <ex:Nom>HACHEMI</ex:Nom>
    </ex:aNom>
  </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

**Figure 13 :** Exemple de la notation RDF/XML

### 2.3.3. RDFS (Resource Description Framework Schema)

RDFS [McBride, 2004] est un méta modèle recommandé par le W3C permettant la définition de schéma/modèle décrivant l'univers sémantique des déclarations RDF.

RDFS fournit un système de typage pour les déclarations RDF et permet la définition des classes et sous-classes (*rdfs:Class*, *rdfs:subClassOf*) pour décrire les ressources à annoter et donner un sens à leurs propriétés.

RDF Schéma (RDFS) est un langage léger d'ontologie pour définir les vocabulaires de RDF. Contrairement à XML Schéma qui prescrit l'ordre et les combinaisons de balises (la structure) dans un document XML, RDF Schéma fournit les informations de l'interprétation des déclarations faites dans un modèle de données RDF. RDFS peut, en fait, être considéré comme une extension de RDF avec un vocabulaire pour la définition des classes, des hiérarchies de classe, les propriétés (relations binaires), l'hiérarchie des propriétés et les restrictions des propriétés. Les classes et les propriétés RDFS peuvent être instanciées dans RDF. La figure 15 montre le graphique qui correspond à l'hiérarchie *is-a* de la figure 14.

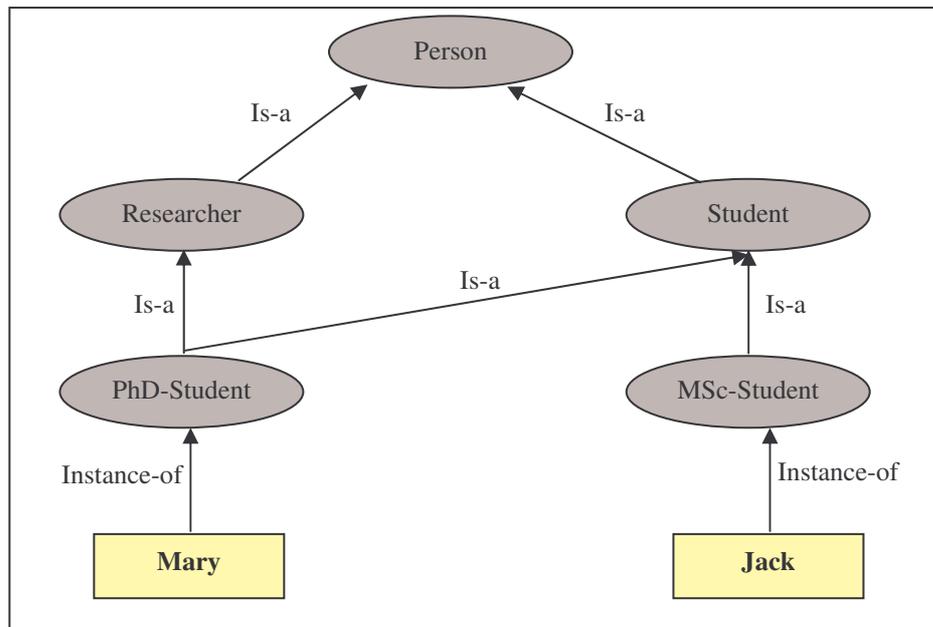


Figure 14 : Un exemple d'une hiérarchie is-a (ou Taxonomie) [Fensel et al., 2007]

RDF (S) (se référant à la combinaison de RDF et RDF Schema) n'est pas très expressif par rapport à d'autres langages d'ontologies, car il ne permet que la représentation des concepts, les taxonomies de concepts et les relations binaires. RDFS est doté d'une sémantique en théorie des modèles, il ressemble en cela aux graphes conceptuels. S'il permet de représenter des ontologies simples, il ne restera pas assez expressif.

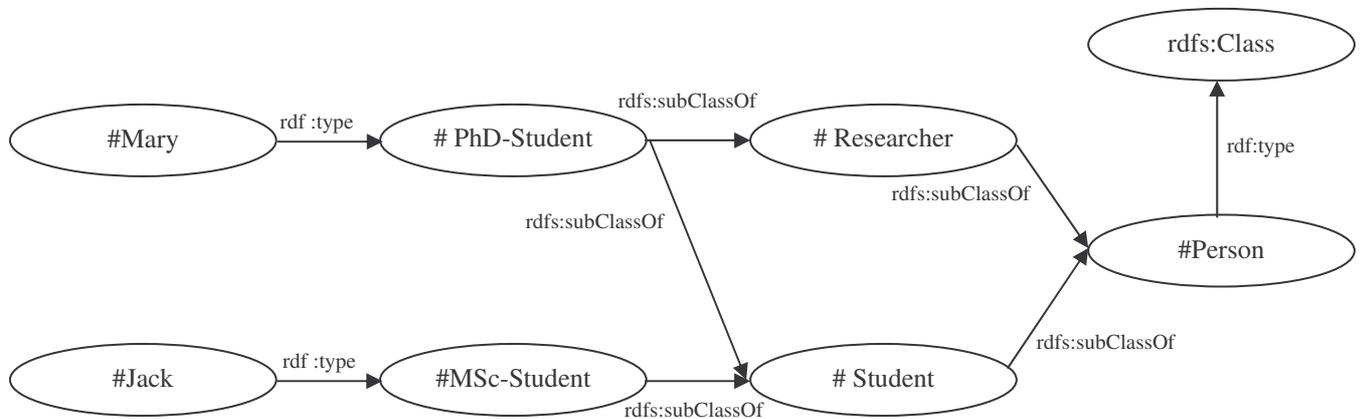


Figure 15 : Ontologie RDFS des personnes et groupes de travail [Fensel et al., 2007]

### 2.3.4. OWL (Web Ontology Language)

OWL [McGuinness et al., 2004] a été recommandé par le W3C afin d'enrichir RDFS en définissant un vocabulaire plus complet pour la description des ontologies complexes. Il est enrichi par rapport

à RDFS en lui ajoutant de nouvelles notions telles que : l'équivalence des classes, l'équivalence des relations, la symétrie et la transitivité des relations, la cardinalité, etc.

OWL est divisé en trois sous-langages définis par une syntaxe expressive avec une sémantique formelle et rigoureuse :

a)- *OWL Lite* : est la version légère de OWL qui reprend RDFS et l'enrichit avec de nouvelles primitives (*local range restrictions, existential restrictions, simple cardinality restrictions, equality*) et divers types de propriétés (*inverse, transitive et symmetric*).

OWL LITE assure, fondamentalement, la classification ainsi que quelques contraintes simples. Par exemple, il prend en compte les cardinalités mais les restreint à 0 ou à 1. *owl:minCardinality*, *owl:maxCardinality* spécifient les cardinalités minimales et maximales et *owl:cardinality* exprime une seule cardinalité si les valeurs min et max coïncident. OWL reprend tous les constructeurs RDF ainsi que le vocabulaire de RDFS à savoir *rdfs:class*, *rdfs:subClassOf*, *rdfs:property*, *rdfs:subPropertyOf*, *rdfs:domain* et *rdfs:range*. Les classes *owl:ObjectProperty* et *owl:DatatypeProperty* sont des sous-classes de la classe *rdfs:property*. OWL LITE permet d'exprimer des caractéristiques sur les propriétés.

- *owl:inverseOf* permet d'exprimer qu'une propriété est l'inverse d'une autre.
- *owl:TransitiveProperty* permet de spécifier qu'une propriété est transitive.
- *owl:SymetricProperty* exprime la symétrie d'une propriété.
- *owl:FunctionalProperty* permet d'exprimer qu'une propriété a au plus une valeur unique et *owl:InverseFunctionalProperty* exprime l'inverse de cette propriété.

Pour exprimer des contraintes sur les propriétés, OWL fournit *owl:allValuesFrom* qui exprime la quantification universelle et *owl:someValuesFrom* la quantification existentielle.

OWL LITE permet d'exprimer des relations d'égalité ou de différence entre les éléments suivants:

- Individus : par *owl:sameAs*, *owl:differentFrom* et *owl:allDifferent*.
- Classes : par *owl:equivalentClass*.
- Propriétés : par *owl:equivalentProperty*.

b)- *OWL DL* : contient toutes les primitives de OWL (y compris OWL Lite) avec des contraintes particulières sur leur utilisation qui assurent la décidabilité du langage. Supporte la négation, la disjonction, la restriction sur les cardinalité, l'énumération et la restriction des valeurs.

c)- *OWL Full* : plus flexible que OWL DL ce qui le rend indécidable.

## 2.4. Ontologies

### 2.4.1. Définition

Le terme ontologie dans la philosophie désigne la théorie d'étude de la « nature de l'existant ». Cette notion a été reprise dans le domaine de l'intelligence artificielle et utilisée dans le cadre de construction des systèmes à base de connaissances. L'idée était de séparer, d'un côté, la modélisation des connaissances d'un domaine, et d'un autre côté, l'utilisation de ces connaissances (i.e. le raisonnement).

La combinaison des ontologies avec le Web a le potentiel pour surmonter de nombreux problèmes de partage et réutilisation des connaissances et de l'intégration d'information.

Plusieurs définitions des ontologies ont été proposées.

Dans [Neches et al., 1991]: « *Une ontologie définit les termes et les relations de base du vocabulaire d'un domaine ainsi que les règles qui permettent de combiner les termes et les relations afin de pouvoir étendre le vocabulaire* ».

La définition la plus citée dans la littérature est celle de Gruber. «*Une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation*» [Gruber, 1993].

Plus tard [Guarino et al., 1995] proposent une définition : « *Une ontologie est une théorie logique proposant une vue explicite et partielle d'une conceptualisation* ».

1997, Borst modifie la définition de Gruber : « *une ontologie est définit comme étant une spécification formelle d'une conceptualisation partagée* » [Borst, 1997].

D'où nous pouvons en conclure qu'une ontologie représente la connaissance partagée, entre les acteurs d'un domaine, d'une manière formelle (adapté au traitement automatique).

## **2.4.2. Types d'ontologies**

[Van Heijst et al., 1997] distingue quatre catégories :

### **2.4.2.1. Ontologies d'application**

Elles contiennent toutes les informations nécessaires pour modéliser les connaissances pour une application particulière.

### **2.4.2.2. Ontologies de domaine**

Elles fournissent un ensemble de concepts et de relations décrivant les connaissances d'un domaine spécifique.

### **2.4.2.3. Ontologies génériques**

(dites aussi de haut niveau) : elles sont similaires aux ontologies de domaine, mais les concepts qui y sont définis sont plus génériques et décrivent des connaissances tels que l'état, l'action, l'espace et les composants. Généralement, les concepts d'une ontologie de domaine sont des spécialisations des concepts d'une ontologie de haut niveau.

### **2.4.2.4. Ontologies de représentation**

(ou méta-ontologies) elles fournissent des primitives de formalisation pour la représentation des connaissances. Elles sont généralement utilisées pour écrire les ontologies de domaine et les ontologies de haut niveau. Exemples : Frame Ontology [Gruber, 1993] et RDF Schema Ontology [McBride, 2004].

Dans cette même typologie on peut retrouver d'autres catégories telles que les ontologies de tâches et de méthodes définies dans [Mizoguchi et al., 1995].

## **2.4.3. Composants d'une ontologie**

Une ontologie fournit le vocabulaire d'un domaine et définit le sens des termes et les relations qui les relient. La connaissance dans une ontologie est formalisée en utilisant cinq composantes : les classes, les relations, les fonctions, les axiomes et les instances [Gruber, 1993]. Généralement, les classes dans l'ontologie sont organisées en taxonomies. Souvent, les taxonomies sont considérées comme des pures ontologies [Studer et al., 1998].

### **2.4.3.1. Concepts**

Le mot concept est utilisé dans le sens large. Les concepts peuvent être abstraits ou concrets, élémentaires ou composés, réels ou fictifs. Un concept peut être toute chose d'un sujet évoqué, en conséquence, il pourrait être également la description d'une tâche, d'une fonction, d'une action, d'une stratégie, d'un processus de raisonnement, etc.

### **2.4.3.2. Relations**

Les relations représentent un type d'interaction entre les concepts du domaine. Elles sont formellement définies comme un sous-ensemble du produit de n ensembles.

### **2.4.3.3. Fonctions**

Les fonctions sont un cas particulier des relations dans lequel le n<sup>ième</sup> élément du rapport est unique pour les n-1 éléments précédents. Les exemples des fonctions binaires sont « Mère-de », et un exemple d'une fonction ternaire est « prix-d'une-voiture-usagée ».

### **2.4.3.4. Axiomes**

Sont employés pour représenter les phrases qui sont toujours vraies.

### **2.4.3.5. Instances**

Sont employées pour représenter des éléments.

## **2.4.4. Expressivité des Ontologies**

Cette classification est basée sur la force d'expression d'une ontologie, c'est à dire la base d'information que l'ontologie doit exprimer. Nous distinguons les niveaux d'expressivité suivant [McGuinness et al., 2003] :

### **2.4.4.1. Lexiques contrôlés**

Le lexique est la notion la plus simple possible d'ontologie, qui est une liste finie de termes. Le lexique est un ensemble de sens lexicaux associés à des traits syntaxiques, morphologiques et sémantiques.

### **2.4.4.2. Glossaires**

Ce sont des listes de termes avec leurs significations. Les significations sont le plus souvent exprimées par des énoncés en langue naturelle qui sont principalement destinés à des agents humains.

### **2.4.4.3. Thesaurus**

Ils présentent les relations entre les termes, comme de synonymie. WordNet<sup>20</sup> est un exemple.

### **2.4.4.4. Taxonomie informelle**

Cette catégorie inclut la plupart des ontologies du Web. La taxonomie informelle est une hiérarchie explicite (généralisation et spécialisation), mais pas de relation d'héritage bien définie, c-à-d l'instance d'une sous-classe n'est pas forcément une instance de la superclasse. Le dictionnaire Yahoo!<sup>21</sup> est un exemple.

### **2.4.4.5. Taxonomie formelle**

Ce sont des ontologies où les concepts sont organisés selon une hiérarchie de sous-classe stricte. L'héritage est bien défini : chaque instance d'une sous-classe est aussi une instance de la superclasse. Un exemple est UNSPSC<sup>22</sup>.

### **2.4.4.6. Cadres (Frames)**

Frame (classe) contient un certain nombre de propriétés et ces propriétés sont héritées par les sous-classes et instances. Les Ontologies exprimées en RDFS (*cf.* §2.3.3) [McBride, 2004] entrent dans cette catégorie.

### **2.4.4.7. Restriction de valeur**

Ces ontologies permettent d'appliquer des restrictions aux valeurs associées aux propriétés. Les valeurs des propriétés sont limitées. Les Ontologies exprimées en OWL Lite (*cf.* §2.3.4) entrent dans cette catégorie.

---

<sup>20</sup> <http://wordnet.princeton.edu/>

<sup>21</sup> <http://www.yahoo.com>

<sup>22</sup> <http://www.unspsc.org>

#### **2.4.4.8. Contraintes de logique générale**

Les Valeurs peuvent être contraintes par la logique mathématique ou par des formules utilisant des valeurs provenant d'autres propriétés. Ces ontologies ont une grande force d'expression. Les ontologies exprimées en OWL DL entrent dans cette catégorie, tel que Ontolingua par exemple.

#### **2.4.4.9. Contraintes de logique expressive**

Les langages d'ontologies expressives telles que dans Ontolingua [Farquhar et al., 1996] et CycL [Lenat, 1995] autorisent les contraintes de la logique du premier ordre entre les termes et les relations telles que les classes disjointes, les relations inverses, et partie-d'un-ensemble. Il est à noter que certaines relations telle que la disjonction de classes sont également prises en charge par OWL DL (et même OWL Lite), ce qui indique que les frontières entre les niveaux d'expression restent floues.

### **2.4.5. Langages de représentation**

#### **2.4.5.1. Logiques de Description**

Les études effectuées sur la logique des prédicats, les réseaux sémantiques et les langages de frames, ont donné naissance aux logiques de descriptions, ou encore aux logiques terminologiques. Dans leurs formalismes un concept permet de représenter un ensemble d'individus, tandis qu'un rôle représente une relation binaire entre individus. Un concept correspond à une entité générique d'un domaine d'application et un individu à une entité particulière qui est une instance d'un concept.

Concepts, rôles et individus obéissent aux principes suivants [Napoli, 1997]:

- Un concept et un rôle possèdent une description structurée et élaborée à partir d'un certain nombre de constructeurs. Une sémantique est associée à chaque description de concept et de rôle par l'intermédiaire d'une interprétation.
- La représentation et la manipulation des concepts et des rôles relèvent du niveau terminologique (TBox) ; la description et la manipulation des individus relèvent du niveau factuel (ABox) ou niveau des assertions.
- La relation de subsomption permet d'organiser les concepts et les rôles par niveau de généralité.

- Les opérations qui sont à la base du raisonnement terminologique sont la classification et l'instanciation. La classification permet de déterminer la position d'un concept et d'un rôle dans leurs hiérarchies.

### **2.4.5.2. Graphes Conceptuels (GCs)**

Les Graphes Conceptuels (GCs) ont été introduits par Sowa, comme un langage de représentation de connaissances [Sowa,1984]. Chein et Mugner introduisent la notion de Graphes Conceptuels Simples (GCS) [Chein et al., 1992] et [Mugnier et al., 1996] une version répandue pour sa simplicité et son interprétation en logique du premier ordre.

Le modèle des GCSs est un modèle déclaratif de représentation de connaissances basé sur des graphes étiquetés, les calculs d'inférence se font par des algorithmes de graphe, ayant une sémantique logique consistante et complète. Les GCs ont été répandus grâce à la facilité de représentation graphique. Ainsi, la projection qui est une opération fondamentale est facilement visualisable.

Le formalisme des Graphes Conceptuels [Sowa, 1984] est dérivé à la fois des modèles de représentation de connaissances généraux de type « réseaux sémantique » [Sowa, 1992] et des graphes Existentiels de C. S. Peirce [Roberts, 1993]. Les Graphes Conceptuels (GCs) ont pour but d'être "un système de logique hautement expressif, permettant une correspondance directe avec la langue naturelle" [Sowa, 1992].

Le formalisme des GCs partage les avantages des modèles de type réseau sémantique, qui permettent [Chein et al., 1992] :

- 1) la représentation des connaissances diverses et des aspects sémantiques de la langue naturelle ;
- 2) les traitements du type algorithmique et programmation des graphes ;
- 3) la visualisation sous une forme graphique de ces connaissances.

#### ***2.4.5.2.1. Modèle de base des GCs***

##### **2.4.5.2.1.1. Présentation informelle**

Les GCSs sont des graphes biparties, constitués de deux types de sommets: les sommets concepts (concepts) et les sommets relations (relations conceptuelles). Chaque sommet (ou noeud) est muni d'une étiquette. L'étiquette d'un concept est constituée d'un type de concept (Personne) et d'un

réfèrent (Fakhreddine), tandis que celle d'une relation conceptuelle est un type de relation (voir figure 16). Les types et les référents utilisés dans les GCSs doivent être déclarés ou définis dans un "support" pour pouvoir ordonner et/ou poser des contraintes sur ces types et ces référents.

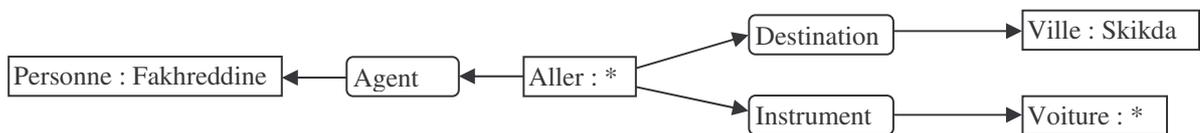
Les types des concepts sont ordonnés en une structure de treillis fini par une relation de spécialisation/généralisation (ou subsomption) représentant la relation sémantique "sorte-de". Les types de relations conceptuelles peuvent être, également, ordonnées par une relation de subsomption.

Dans un GCS, le réfèrent d'un concept peut être :

1) un réfèrent individuel : appelé concept individuel, représente un individu particulier. Cet individu peut être une entité physique particulière.

2) un réfèrent générique : est un concept générique noté par "\*" ou bien suivi d'un identificateur de variable "\*x". Il représente et subsume l'ensemble des concepts individuels ayant le même type de concept. Un concept générique de type X signifie "il existe au moins un individu de type X".

Un GC peut représenter la signification littérale d'une phrase. Par exemple, "Fakhreddine va à Skikda avec une voiture" peut être représentée par le GC suivant :



**Figure 16** : Un GC représentant la signification littérale d'une phrase.

Un GCS peut être traduit par une fonction notée  $\phi$  [Sowa, 1984] en une formule de la logique des prédicats du 1er ordre. Un GCS est une représentation graphique d'une formule logique conjonctive, positive, fermée existentiellement et ayant pour seuls termes des variables ou des constantes. Par exemple :

$$(\exists x)(\exists y)(\text{Personne}(\text{Fakhreddine}) \wedge \text{Aller}(x) \wedge \text{Ville}(\text{Skikda}) \wedge \text{Voiture}(y) \wedge \text{Agent}(x, \text{Fakhreddine}) \wedge \text{Destination}(x, \text{Skikda}) \wedge \text{Instrument}(x, y)).$$

Les GCs peuvent se représenter par une notation linéaire, l'exemple précédant peut être représenté ainsi :

[Aller : \*]- { (Agent)→[Personne : Fakhreddine];  
 (Destination)→[Ville : Skikda];  
 (Instrument)→[Voiture : \*];  
 }.

#### 2.4.5.2.1.2. Présentation formelle

Un support  $S = (T_c, T_r, \sigma, M, \text{conf})$  est constitué par :

$T_c$  : un treillis des types de concepts. La relation d'ordre est notée  $<T_c$ . Le plus grand élément du treillis  $T$  est le type absolu. Le type absurde  $\perp$  est le plus petit élément.

$T_r$  : un ensemble de types de relations conceptuelles, signé sur  $T_c$ , à chaque élément de  $T_r$  on associe un tuple sur  $T_c$ ,

$\sigma$  : est l'ensemble des signatures des relations. Elle associe à chaque type de relation le type maximal de chacun de ses arguments.

$M$  : un ensemble de marqueurs (ou référents) individuels ou générique anonyme \* ou des marqueurs génériques nommés.

$\text{Conf}$  : est une relation de conformité sur l'ensemble des couples  $(T_c \times M)$  qui à tout marqueur individuel "m" associe un type de concept "t".

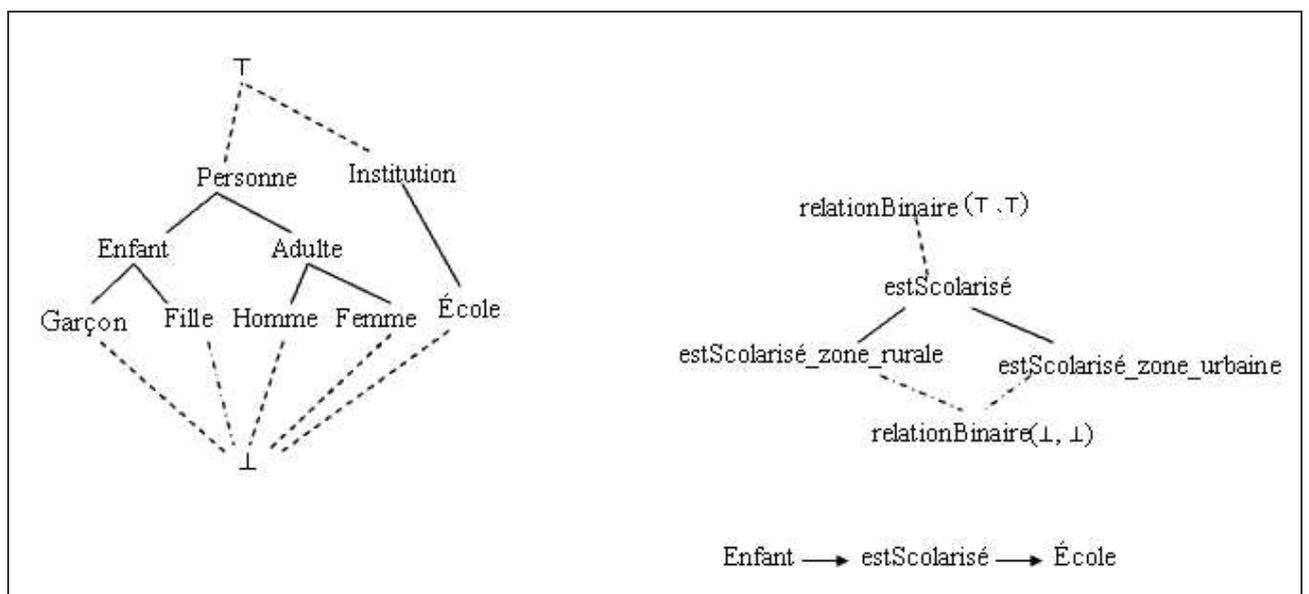


Figure 17 : Un exemple de support de graphe conceptuel

## **2.5. Les annotations sémantiques**

### **2.5.1. Définition d'annotation**

Les définitions de l'annotation diffèrent et s'accordent sur le fait que l'annotation est un objet et une activité. Dans les Interfaces Homme Machine (IHM), une annotation est un commentaire sur un objet tel que le commentateur veut qu'il soit perceptiblement distingué de l'objet lui-même.

L'annotation est une trace de l'état mental du lecteur et de ses réactions vis-à-vis du document [Veron, 1997]. Le lecteur concrétise son intérêt et son activité par des marqueurs, on parle de « lecture active ».

Une annotation est une note particulière attachée à une cible. La cible peut être une collection de documents, un document, un segment de document (paragraphe, groupe de mots, mot, image ou partie d'image, etc.) ou une autre annotation. A une annotation correspond un contenu matérialisé par une inscription qui est une trace de la représentation mentale que l'annotateur se fait de la cible. Le contenu de l'annotation pourrait être interprété, à son tour, par un autre lecteur. Nous appelons l'ancre ce qui lie l'annotation à la cible (un trait, un passage entouré, etc.).

Nous pouvons retenir, d'après les différentes définitions trouvées dans la littérature, que l'annotation est une activité de création de l'objet annotation pour un but spécifique. L'objet est une trace visible et peut être textuelle ou graphique.

### **2.5.2. L'annotation dans le Web sémantique**

L'annotation, dans le Web sémantique, est défini comme étant une correspondance entre les différents objets (ressources) du Web et les concepts de différentes ontologies [Plessers et al., 2004]. L'objet annotation résultant est une instance des concepts des ontologies existantes du domaine.

Pour décrire les informations associées à des ressources, deux termes sont utilisés : méta-données et annotations. [Prié et al., 2003]

- une méta-donnée est « une donnée sur une donnée ».

- une annotation est, à la base, une note critique ou explicative accompagnant un texte, et par extension, une quelconque marque de lecture portée sur un document que celui-ci soit textuel ou image.

La communauté anglophone du Web sémantique considère que les annotations des pages Web deviennent des méta-données dès qu'elles soient stockées dans une base sur un serveur. On différencie alors l'information en tant qu'elle soit attachée à une ressource et l'information manipulable et exploitable de façon plus indépendante de celle-ci. [Prié et al., 2003]

Prié et Garlatti [Prié et al., 2003] proposent la distinction suivante entre méta-données et annotation :

- une méta-donnée est attachée à une ressource identifiée sur le Web, saisie suivant un schéma et a une pertinence. Par exemple, la description normalisée d'une ressource pédagogique sur le Web.
- une annotation est plus située au sein de la ressource et écrite au cours d'un processus d'annotation/lecture. Par exemple, un commentaire libre associé à un fragment d'une page Web.

Dans ce mémoire, nous utilisons les deux termes méta-donnée et annotation indifféremment. Dans le Web sémantique, on parle de méta-donnée ou annotation sémantique qui signifient l'annotation à base d'ontologies.

Les annotations sémantiques décrivent le lien entre les entités du document et leurs descriptions sémantiques représentées dans l'ontologie, permettant ainsi de désambiguïser le contenu du document pour un traitement automatique.

### **2.5.3. Outils d'annotation**

Plusieurs outils d'annotation ont été développés dans le cadre du web sémantique :

Annotea : un système de génération manuelle d'annotations RDF pour les pages Web [Kahan et al., 2001] développé au sein du W3C.

MnM : un environnement pour la génération semi-automatique d'annotations sémantiques associées aux documents Web [Vargas-Vera et al., 2002].

KIM [Popov et al., 2004] fournit une plate-forme de génération automatique d'annotations sémantiques et de recherche documentaire basée sur ces annotations.

S-CREAM : est une plate-forme pour la création semi-automatique d'annotations sémantiques basées sur une ontologie [Handschuh et al., 2002].

## 2.6. Web Sémantique et e-learning

### 2.6.1. Concepts du Semantic Web Based-Education (SWBE)

Le SWBE n'est pas encore une réalité dominante. A ce moment, c'est plutôt une vision futuriste fondée dans des développements courants des technologies d'Internet et du Web sémantique. Cependant, les premiers pas sont déjà faits et ont abouti à des résultats impressionnants. [Devedzic, 2006]

La figure 18 résume les importants concepts du SWBE. Leurs spécifications sont comme suit :

- Les auteurs préparent le contenu pédagogique sous forme d'objet d'apprentissage multimédia, d'exemples, de questions, d'exercices, de simulations et de toutes autres formes. Le contenu est structuré et présenté suivant un scénario pour répondre à des objectifs pédagogiques.
- Les Ontologies représentent les connaissances du domaine et de la pédagogie en définissant la terminologie, les concepts, les relations, les hiérarchies de concept et les contraintes. Elles permettent le partage et la réutilisation du contenu éducatif et l'interopérabilité des différentes applications éducatives. Le contenu devrait être annoté en se référant aux concepts des ontologies.

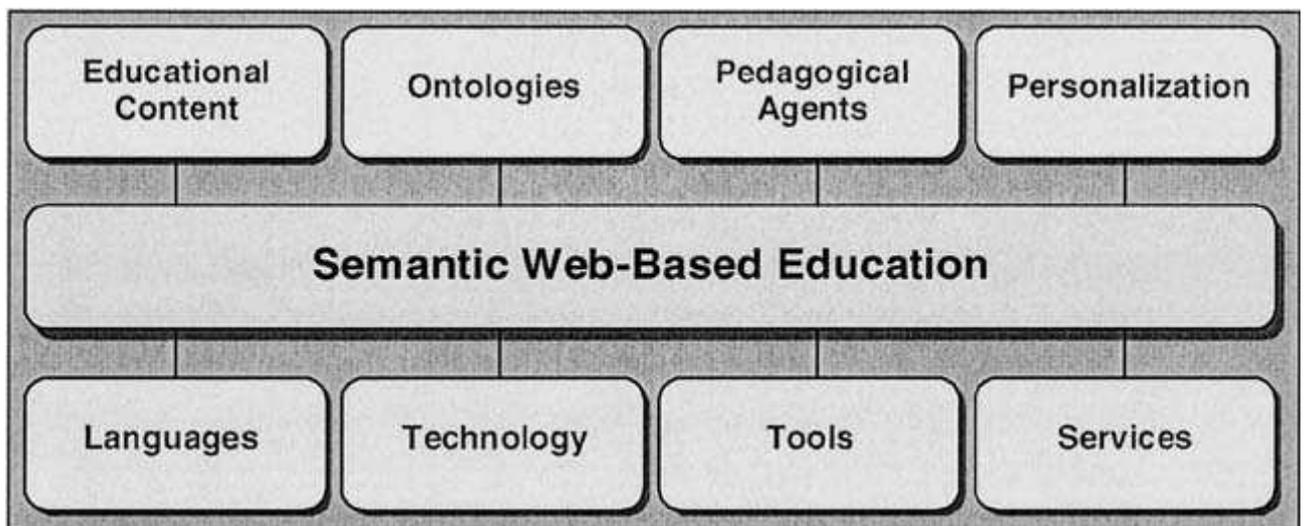


Figure 18 : les importants concepts du SWBE [Devedzic, 2006]

- Les agents pédagogiques aident dans la localisation, la recherche, la sélection, l'arrangement, l'intégration et l'utilisation des objets d'apprentissage des différents serveurs éducatifs. Ils peuvent aider dans l'apprentissage collaboratif et individuel.
- SWBE devrait adapter les systèmes éducatifs et les applications aux apprenants suivant leurs différentes caractéristiques. Du moment que chaque apprenant est intéressé par des situations d'apprentissage personnalisées, et a ses propres approches, modèles, buts, préférences et rythme d'apprentissage.
- Différents langages formels peuvent être employés pour créer les objets d'apprentissage et pour la représentation des ontologies et des services éducatifs. Les différents langages de communication d'agents peuvent caractériser l'interaction entre les agents pédagogiques.
- Les technologies utilisées ne sont pas un but en soit, mais il faut tout de même donner l'importance au cadre technologique pour pouvoir supporter les différentes applications éducatives basées sur le Web.
- L'apprentissage, l'enseignement et la création de ressources pédagogique pour le SWBE ont besoin d'outils et applications qui sont, généralement, intégrés dans des systèmes tels que LMS (*learning management systems*) et LCMS (*learning content management systems*). Ces outils et systèmes doivent permettre des opérations appropriées d'importation/exportation et des conversions de format pour permettre l'utilisation des outils externes.
- Les Web services sémantiques offrent aux enseignants/concepteurs et aux apprenants des services spécifiques pour pouvoir accéder au contenu et objets pédagogiques de leurs domaines d'intérêt. Les services sont associés aux serveurs éducatifs et peuvent répondre aux différentes demandes.

### **2.6.2. Principes du Semantic Web Based-Education (SWBE)**

Le SWBE repose sur trois principes fondamentaux. Le premier est la capacité de stocker et rechercher l'information efficacement. Le deuxième est de permettre aux agents autonomes (non-humain) d'aider les êtres humains à augmenter leur capacité d'apprentissage, de rechercher et de traiter l'information. Le troisième principe est la capacité d'Internet de supporter, étendre et élargir les possibilités de communications sans les limites de temps et de l'espace. [Anderson et al., 2004]

### 2.6.2.1. Stockage et recherche d'informations

Nous avons rapidement pris l'habitude d'un réseau (WWW<sup>23</sup>) dans lequel les moteurs de recherche offrent et indexent des centaines de milliers de page Web. Chaque jour, des dizaines de milliers de pages Web d'informations sont ajoutées au réseau Internet. Pourtant, notre capacité est rudimentaire pour trouver, récupérer, manipuler et organiser cet arsenal de ressources. Le Web sémantique prend en charge ce défi en donnant plus de lisibilité au contenu. Cela permet aux êtres humains et aux agents logiciels de rechercher et de déduire la connaissance, à partir de l'information, rapidement et dans de nombreux cas, automatiquement. Grâce à l'utilisation des méta-données organisées dans de nombreuses ontologies interdépendantes, l'information est étiquetée par des descripteurs qui facilitent sa recherche, son extraction, son analyse, son traitement et sa reconfiguration.

Le Web sémantique ajoute un sens à l'information stockée de façon qu'elle puisse être recherchée et traitée, cela offre beaucoup de possibilités pour l'éducation, la simulation et les opérations en temps réel à travers le réseau médiatisé et distribué. Les travaux dans ce domaine requièrent le développement d'ontologies appropriées.

### 2.6.2.2. Les Agents

Les agents sont des programmes informatiques créés, sur Internet, pour agir relativement autonome pendant de longues périodes de temps. Le Web sémantique pour l'éducation sollicite les différents acteurs (agents apprenants, agents enseignants et agents contenus) pour améliorer l'enseignement/apprentissage. Par exemple, un agent enseignant opérant dans le Web sémantique pourrait entreprendre un grand nombre de tâches administratives de routine qui actuellement consomment le temps des enseignants. Ils communiquent avec les agents étudiants, pour suivre le progrès des apprenants, leurs fournir les listes de ressources telles que les tutoriaux, les aides appropriées et les assister dans la planification et la répartition du temps entre différentes tâches. Les agents ordonnent le temps des enseignants et des étudiants pour une meilleure interaction. Les agents enseignants assistent les enseignants pour leur fournir les nouveautés dans leurs domaines de compétence ou le développement de nouvelle pédagogie etc. Ainsi, Ils les aident dans les tâches de routine, de contrôle et d'évaluation qui demandent un effort manuel. Les agents étudiants aident les apprenants à travailler en collaboration, à trouver des ressources et documents et l'archivage de leurs produits d'apprentissage. Un autre exploit pour le Web sémantique sera réalisé lorsque les agents extraient des informations d'une application et ensuite utilisent ces données en

---

<sup>23</sup> WWW : World Wide Web

entrée dans d'autres. De cette manière, les agents auront la capacité d'automatiser la collecte, le traitement et la diffusion sélective des données.

Toutefois, ces agents ne pourront opérer que si l'information sur le Web est dotée de sens sémantique dans des formats qui peuvent être lus et traités par les agents et les humains. En effet, les agents sont les moins développés parmi les trois principales technologies du Web sémantique, mais le développement continu du traitement automatique de l'information, par marquage et étiquetage de ressources et l'organisation des contenus par les techniques d'extraction, donne un avenir promettant pour ces nouvelles technologies.

### **2.6.2.3. La Communication**

Malgré les capacités des agents, la communication humaine sera toujours une composante majeure du processus éducatif. Les partisans du Web sémantique, indiquent que cette communication ne sera pas limitée par les barrières de temps/espace lorsque le Web sémantique éducatif sera fonctionnel. Les scénarios du Web sémantique éducatif prévoient l'aptitude de stocker, rechercher, filtrer et traiter ces interactions humaines. Cela permettra l'utilisation et la réutilisation de ces interactions dans différents processus éducatifs. Le développement de «*social computing*» permet aux humains de prendre contact avec d'autres qui ont les mêmes intérêts, de coordonner avec eux des activités, de filtrer, de recommander et d'aider les autres apprenants dans l'acquisition et la construction de nouvelles connaissances. Enfin, la classification sémantique des individus et des interventions permettra le transfert et la sélection des personnes et des contenus pour filtrer et orienter les interactions.

Malgré les avantages prometteurs du Web sémantique éducatif, il y a toujours débat de l'aptitude, l'efficacité et même l'utilité de ces technologies dans le contexte éducatifs [Noll, 2002]. Les questions relatives à la pédagogie et la nécessité d'une large interaction humaine comme un élément du processus éducatif sont en grande partie sans réponse ou faisant l'objet de débat épistémologique plus que la recherche.

### **2.6.3. Apport du web sémantique au domaine du e-learning**

Une application e-learning exige un certain nombre de défis concernant le processus d'apprentissage : rapide, juste à temps, pertinent et moins cher. Les propriétés clés de l'architecture du Web Sémantique (sens partagé commun, ontologies, méta-données traitables par les machines),

offertes par un ensemble adéquat d'agents, apparaissent suffisamment puissantes pour satisfaire les exigences du e-learning. [Benayache, 2005]

Le Web sémantique permet le développement des ontologies et l'annotation des ressources d'apprentissage, son utilisation devient très utile et adéquate pour implémenter un système e-learning.

Pour la réalisation des exigences du e-learning nous pouvons bénéficier des avantages du Web sémantique. Le tableau suivant [Benayache, 2005], traduit les travaux de [Stojanovic et al., 2001], montre cet apport :

<b>Exigences</b>	<b>e-learning</b>	<b>Web Sémantique</b>
<b>Livraison</b> ( <i>Delivery</i> )	Traction - l'étudiant détermine l'ordre du jour.	Les supports d'apprentissage (éléments de connaissances) sont distribués sur le web, mais ils sont généralement indexés par des ontologies communes. Cela permet la construction d'un cours spécifique à l'utilisateur, en utilisant des requêtes sémantiques sur les sujets qui il l'intéresse.
<b>Capacité à Répondre</b> ( <i>Responsiveness</i> )	Réactionnaire - répond au problème actuel.	Les agents logiciels sur le web sémantique peuvent utiliser un langage de service commun, qui permet la coordination entre les agents et la livraison proactive de supports d'apprentissage dans le contexte des problèmes réels. L'idée est que chaque utilisateur ait son propre agent personnalisé qui communique avec d'autres agents.
<b>Accès</b> ( <i>Access</i> )	Non linéaire - permet l'accès direct aux connaissances dans n'importe quel ordre donnant un sens à la situation actuelle.	L'utilisateur peut décrire la situation actuelle (but de l'apprentissage, connaissances précédentes...) et exécuter des requêtes sémantiques pour le support d'apprentissage approprié. Le profil d'utilisateur est également pris en considération. L'accès aux connaissances peut être augmenté par une navigation sémantiquement définie.
<b>Symétrie</b> ( <i>Symmetry</i> )	Symétrique – l'apprentissage apparaît comme une activité intégrée.	Le Web Sémantique offre le potentiel de devenir une plate-forme intégrée pour tous les processus économiques dans une organisation, y compris les activités d'apprentissage.
<b>Modalité</b> ( <i>Modality</i> )	Continu – l'apprentissage se déroule en parallèle avec les tâches professionnelles et ne s'arrête jamais.	La livraison active d'information (basée sur les agents personnalisés) crée un environnement d'apprentissage dynamique qui est intégré dans les processus économiques.
<b>Autorité</b> ( <i>Authority</i> )	Distribué - le contenu se construit à partir des interactions des participants et des enseignants.	Le Web Sémantique doit être décentralisé le plus possible. Cela permet une efficace gestion coopérative du contenu.

<b>Personnalisation</b> ( <i>Personalization</i> )	Personnalisé - le contenu est déterminé en fonction des besoins individuels de l'utilisateur et vise à satisfaire les besoins de chaque utilisateur.	L'utilisateur, en utilisant son agent personnalisé, recherche le support d'apprentissage adapté à ses besoins. L'ontologie est le lien entre les besoins d'utilisateur et les caractéristiques du support d'apprentissage.
<b>Adaptativité</b> ( <i>Adaptivity</i> )	Dynamique - le contenu change constamment à travers les entrées de l'utilisateur : ses expériences, ses nouvelles pratiques, ses règles de travail et l'heuristique, etc.	Le Web Sémantique permet l'utilisation de connaissances distribuées délivrées sous diverses formes, avec des annotations sémantiques du contenu. La nature distribuée du Web Sémantique permet une amélioration continue des supports d'apprentissage.

**Tableau 3 :** Web Sémantique et e-learning [Benayache, 2005]

#### **2.6.4. Ontologies dans SWBE**

Les ontologies éducatives sont l'armature du Web Sémantique pour l'Education (*Semantic Web Based Education : SWBE*). Ce qu'offre un système *SWBE* aux utilisateurs (apprenants, enseignants et auteurs/concepteurs) sont des services éducatifs intelligents, des services de recherche intelligents, la sélection des objets d'apprentissage (LOs), l'intégration intelligente des services éducatifs et la gestion des connaissances. Les utilisateurs peuvent déléguer de telles tâches aux agents pédagogiques, mais ces tâches ne seront possibles que si certaines ontologies éducatives sont présentes sur le Web. Elles permettraient l'interopérabilité sémantique entre les agents et les applications sur le Web sémantique.

En générale, une ontologie éducative est toute ontologie qui peut être utilisée dans un système *SWBE*. Elle aide souvent à avoir un point de vue plus systématique. Une ontologie dans le e-learning peut intervenir pour améliorer la communication dans le système, l'interopérabilité, l'acquisition des connaissances du domaine e-learning et le partage, la réutilisation, l'indexation, la recherche et la mise à jour des informations pédagogiques. D'après les travaux de [Aroyo et al., 2004], [Bourdeau et al., 2002], [Chen et al., 1998], plusieurs catégories d'ontologies peuvent être distinguées dans le *SWBE*.

##### **2.6.4.1. Ontologies de domaine**

Le *SWBE* ne se réalisera pas sans ontologies de domaine qui décrivent les différents concepts, relations, et théories. Les ontologies de domaine ne sont pas utiles uniquement dans le e-learning, mais dans toutes les applications du Web sémantiques. On introduit ce type d'ontologie parce que l'objectif des approches pédagogiques centrées apprenant est d'acquérir des compétences dans

divers domaines. Dans des systèmes de SWBE, l'enseignant/concepteur représente les connaissances du domaine à partir des ontologies de domaine.

#### **2.6.4.2. Ontologie de tâche**

Dans n'importe quel domaine d'application, y compris l'éducation, l'ontologie de tâche complète l'ontologie de domaine parce qu'elle représente les aspects sémantiques de la résolution des problèmes. Les concepts et les relations de l'ontologie de tâche dépendent des types de problèmes, des structures, des rôles, des activités et des étapes à suivre dans le processus de résolution des problèmes. Par exemple, une ontologie de tâche dans les applications du e-learning peut inclure des concepts comme (*problème, scénario, question, réponse, conseils, suggestion, exercice, explication, simulation*). Les ontologies de tâche dans SWBE formalisent les tâches et les activités des acteurs principaux du processus d'apprentissage (apprenant, enseignant, enseignant-concepteur/auteurs) ; ainsi, il y a des *ontologies de conception pédagogique (learning design ontologies), training ontologies, authoring task ontologies, etc.*

#### **2.6.4.3. Ontologie de stratégie d'enseignement**

Cette ontologie fournit aux enseignants/concepteurs les moyens des modèles des expériences d'enseignement, en spécifiant les connaissances et les principes étant à la base des actions et des comportements pédagogiques. Par exemple, l'ontologie de stratégie d'enseignement peut spécifier les séquences d'actions à suivre en cas où l'apprenant commet des erreurs, ou elle peut spécifier le comportement de l'apprenant pour le guider à explorer d'autres alternatives. Les stratégies d'enseignement dépendent du domaine et de l'apprenant.

#### **2.6.4.4. Ontologie du modèle apprenant**

Les concepteurs et les développeurs des systèmes de SWBE exploitent les concepts de l'ontologie du modèle apprenant pour établir des modèles des apprenants. Cette ontologie et les modèles d'apprenant correspondants sont essentiels pour les systèmes hypermédia adaptatifs (AEHS<sup>24</sup>). Selon le domaine, la tâche et la fonctionnalité du système, l'ontologie du modèle apprenant peut inclure des concepts pour représenter les performances de l'apprenant (telle que : le niveau de connaissance, le rythme de progression, le besoin de répéter des fragments de ressource, etc.), et, également, le caractère cognitif (par exemple : la capacité de mémoire pour travailler, la motivation, et la capacité de raisonnement).

---

<sup>24</sup> Adaptive Educational Hypermedia Systems

### 2.6.4.5. Ontologie d'interface

Le but de cette ontologie est de spécifier les comportements et les techniques d'un système SWBE adaptatifs au niveau d'interface utilisateurs.

### 2.6.4.6. Ontologie de communication

Les différents systèmes SWBE, les agents pédagogiques, les serveurs éducatifs et les services éducatifs communiquent les uns avec les autres. L'ontologie de communication définit la sémantique du contenu de message, c-à-d le vocabulaire des termes utilisés dans les messages.

### 2.6.4.7. Ontologie de service éducatif

Liée à l'ontologie de communication, elle est nécessaire pour permettre l'interopérabilité des Web services éducatifs [Devedzic, 2004]. L'ontologie de service éducatif devrait être basée sur OWL-S<sup>25</sup> et doit fournir les moyens qui permettent aux machines de comprendre la description des services. Les Web services éducatifs ont leurs propriétés, leurs possibilités, leurs interfaces et doivent être composés sous une forme non ambiguë et *machine-understandable*, pour permettre aux agents pédagogiques d'identifier et invoquer les services automatiquement. Par exemple, un agent pédagogique venant à une bibliothèque numérique pour rechercher un article bibliographique spécifique au nom de son utilisateur doit pouvoir déterminer [Devedzic, 2004a] :

- Comment trouver la page Web de la bibliothèque ;
- Comment invoquer le service de recherche ;
- Quels sont les arguments à passer ;
- Quel est le résultat prévu (par exemple : le résumé de l'article ou tout l'article en intégralité, ...)
- Quelles sont les conditions de la recherche (par exemple : le coût de l'article, l'abonnement ou une offre spéciale).

L'agent alors répond à ces critères à condition qu'il n'y ait pas de chevauchement avec sa logique interne et invoque automatiquement le service Web. A noter que la situation actuelle est complètement différente, où l'utilisateur doit d'abord découvrir la bibliothèque numérique manuellement, en utilisant les moteurs de recherches adéquats, puis explorer cette page et enfin remplir manuellement les formulaires du service demandé.

---

<sup>25</sup> OWL-S : Web Ontology Language for Services <http://www.w3.org/Submission/2004/07/>

## 2.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la nouvelle vision du futur Web, vu par son créateur [Berners-Lee et al., 2001] qui l'a nommée le Web sémantique « *Semantic Web* ». Elle vise à rendre le Web actuel exploitable aussi bien par les machines que par les humains et à déléguer les tâches de routine aux agents intelligents, d'où l'introduction du terme *machine-understandable*.

Beaucoup de travaux et d'efforts ont été présentés au tour de cette vision pour la rendre réaliste. Les recherches dans le domaine des ontologies et l'ingénierie des ontologies et dans l'annotation sémantique ont fait des progrès. La standardisation des normes des langages (XML, RDF/S, OWL, etc.) du Web sémantique a donné plus de possibilité à unir les forces et les efforts de toute la communauté.

Le Web Sémantique pour l'Education connaît un succès remarquable. Les recherches dans le domaine du Web sémantique et les efforts de standardisation des langages (RDF/S, OWL, Rules, etc.) aident à booster les recherches dans le domaine de l'éducation. Les recherches touchent différentes facettes du e-learning:

- Représentation du contenu pédagogique sous forme d'Objets d'apprentissage (*Learning Objects : LOs*) stockés dans des entrepôts d'objets d'apprentissage (*Learning Object Repositories : LORs*) et des serveurs éducatifs pour faciliter l'accès, la mise à jour et la recherche des LOs.
- Le développement des services Web éducatifs pour déléguer certaines tâches aux agents pédagogiques dans les différentes étapes du processus d'apprentissage (apprendre, enseigner et créer).
- Le développement de différentes ontologies (domaine, tâche, communication, pédagogie, etc.) qui aident à l'annotation des LOs, la scénarisation des Learning Design (LD), la création de Web services éducatifs et leur interopérabilité avec les applications, la représentation des modèles apprenant et la personnalisation des contenus et des LDs en adaptant les processus du e-learning.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter les projets réalisés dans le domaine du e-learning dans le cadre du Web sémantique pour l'Education.

# Chapitre III

## Etat de l'art

## 3. Etat de l'art

### 3.1. Introduction

Nous avons vu dans les chapitres précédents que les ontologies sont utiles pour formaliser et échanger les connaissances, ce qui offre un plus pour les objets d'apprentissage. Dans ce contexte, plusieurs travaux sont en cours. Nous commençons ce chapitre par citer les différents projets réalisés dans le cadre du SWBE. Et nous mettons ensuite l'accent sur trois projets relatifs à notre domaine de recherche.

### 3.2. Les ontologies développées dans le e-learning

La communauté du SWBE se développe. Une grande partie des efforts de la communauté sont représentés et accessibles par un portail Internet appelé Ontologies pour l'éducation (*Ontologies for Education* ou *O4E*<sup>26</sup>). Le portail présente un environnement sur le Web où les chercheurs, les étudiants et les praticiens peuvent trouver des informations sur les projets de recherche disponibles dans le domaine du SWBE [Dicheva et al., 2005].

Les Ontologies ont prouvé leur succès dans beaucoup de systèmes éducatifs et dans différentes applications. Nous citons ici quelques travaux :

- **L'annotation sémantique** : [Dehors et al., 2005] ont développé un système sémantique d'annotation, une méthodologie pour l'extraction semi-automatique des annotations à partir des documents pédagogiques existants. **QBL** (*Question Based Learning System*) est un outil d'aide à la résolution de questions de travaux dirigés (TD) à partir d'éléments de cours annotés sémantiquement. Il ne demande pas un outil d'annotation spécifique ; il utilise, à sa place, les modèles de MS Word s'appuyant sur des présentations prédéfinies qui sont liées aux ontologies pour produire des annotations sémantiques. L'annotation sémantique résultante est alors exploitée avec le moteur de recherche sémantique « *Corese* » pour exécuter les requêtes sémantiques.

- **Les objets d'apprentissage (LOs)** : [Gasevic et al., 2004] ont proposé une approche pour mettre en valeur le contenu de LOs en exploitant les ontologies et les langages du Web sémantique. Ils ont développé une application Web éducative en utilisant des ontologies de la structure du contenu et des ontologies de domaine. L'application a été basée sur l'ontologie de réseau de Pétri.

---

<sup>26</sup> Ontologies for Education : <http://o4e.iiscs.wssu.edu/xwiki/bin/view/Blog/About>.

- **Les méta-données :** le réseau Edutella P2P [Brase et al., 2004] ont employé l'objet d'apprentissage annoté avec un sous-ensemble de la norme Dublin Core et le LOM en utilisant RDF. Les objets d'apprentissage ont été classifiés en se basant sur des ontologies de domaine spécifique.
- **Le projet IMAT :** [Desmoulins et al., 2002] l'objectif du projet IMAT (*Integrating Manuals And Training*) est de proposer des modèles et des outils pour permettre à un concepteur de documents pédagogiques d'intégrer des parties de documents techniques dans les documents de formation qu'il produit.
- **Le projet de développement de système conseiller :** [Paquette et al., 2002] ce projet utilise une ontologie de tâches pour identifier et définir les différents composants de la tâche de conseil et les différentes notions qui vont être prises en considération dans le futur système.
- **Le projet de composition dynamique de documents pédagogiques :** [Ranwez et al., 2003] ce projet utilise une ontologie pour repérer des briques d'information pertinente. Le contenu des briques est validé grâce à l'ontologie du domaine. Ainsi, la vérification de la pertinence consiste à associer à chaque brique un ou plusieurs fragments significatifs de cette ontologie, traduisant la sémantique contenue dans la brique.
- **Le projet MEMORAe :** [Benayache, 2005] ils ont créé une mémoire organisationnelle dans des buts du e-learning. Ils ont développé des ontologies de domaine pour indexer et structurer le contenu du cours. L'environnement E-MEMORAe aide à l'apprentissage par exploration guidée par des ontologies.
- **Le learning Design (LD) :** [Amorim et al., 2006a] [Amorim et al., 2006b] ont développé une ontologie IMS-LD niveau A et puis le niveau B. Dans [Grandbastien, 2007] nous trouvons une étude de la situation des ontologies LD et les travaux liés à ce domaine.

### 3.3. Travaux relatifs

#### - Ontologie Instructional Objects [Ullrich, 2008] :

Cette ontologie est créée dans le cadre du projet ActiveMath<sup>27</sup>. Elle vise l'annotation des objets d'apprentissage suivant le type de contenu pédagogique. La propriété "5.2 : Type de ressource pédagogique" du standard LOM décrit le type de ressource, et peut prendre comme valeur : *Exercise, Simulation, Questionnaire, Diagram, Figure, Graph, Index, Slide, Table, Narrative Text, Exam, Experiment, ProblemStatement, SelfAssesment*. Le problème de ces valeurs est qu'elles mélangent l'information pédagogique avec l'information technique. Alors que les valeurs "*Diagram, Figure, Graph, Slide et Table*" décrivent le format de la ressource, les valeurs comme "*Exercise, Simulation et Experiment*" décrivent le type pédagogique [Ullrich, 2005].

Ullrich propose une "*ontology of instructional objects*" qui se base sur les différentes théories de classification des textes, de conception pédagogique et de représentation des connaissances dans les textes structurés. Elle permet de décrire d'une manière concise les Objets d'apprentissage pour faciliter leurs réutilisations.

Dans la classification des concepts, on distingue les différentes classes qui décrivent le type pédagogique du LO : *Demonstration, Proof, Conclusion, Introduction, Remark, Example, Exercise, Exploration, Definition, Fact, LawOfNature, Theorem, Procedure, Process*, etc.

#### - Le projet dLCMS [Schluep, 2005] :

La création des LOs pour être réutilisés demande la définition de leurs niveaux de granularité et accès au contenu sans se préoccuper de la structure. Ce projet vise à fournir une stratégie de modularisation combinée aux structures de balisage pour améliorer la réutilisation du contenu d'apprentissage. Le modèle dLCMS (*dynamic Learning Content Management System*) a été proposé pour représenter les trois niveaux de granularité suggérés (*Assets, Content elements et Learning unit*). dLCMS est fondé sur la théorie de Gagné "*Gagné's Nine Instructional Events*". Schluep suggère une modularisation des LOs basée sur le type de contenu pédagogique. La classification retenue des types pédagogique est basée sur la classification de Ballstaedt, le vocabulaire de LOM *Learning Resource Type et ContentModule types* de LMML. Le modèle est déjà décrit (cf. §1.5.5).

---

<sup>27</sup> <http://www.activemath.org>

### - L'ontologie ALOCOM [Verbert, 2008] :

ALOCOM est un modèle générique de contenu d'objet d'apprentissage, il a été proposé pour permettre l'intégration et l'interopérabilité des différents modèles et faciliter leur comparaison. Dans ce modèle nous distinguons trois niveaux de granularité et d'agrégation (*Content Fragments*, *Content Object* et *Learning Object*). Une ontologie décrivant ce modèle a été créée [Jovanovic et al., 2005].

La classification adoptée pour structurer les différents concepts :

- Dans le niveau *content fragments*, la classification de [Pazandak and Srivastava, 1997] est utilisée : *Text*, *Graphic*, *Animation*, *video* et *Audio*.
- Dans le niveau *content object*, les classifications (*vocabulary of the Learning Resource Type* de IEEE-LOM [IEEE, 2002], *classification of Ballstaedt* [Ballstaedt, 1997], et *Structured Writing* [Horn, 1998]) sont combinées.

### **3.4. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons cité quelques projets dans le domaine du Web sémantique pour l'éducation. Puis, nous avons présenté trois projets qui sont en étroite relation avec notre travail (réutilisation des objets d'apprentissage selon le type de contenu pédagogique et modèles de contenu).

Dans le chapitre suivant nous allons présenter notre contribution, en se basant sur les trois travaux relatifs à notre domaine, pour apporter plus de flexibilité à la réutilisation des objets d'apprentissage.

# Chapitre IV

## Description sémantique des objets d'apprentissage

## 4. Description sémantique des objets d'apprentissage

### 4.1. Introduction

La réutilisation permet non seulement d'économiser du temps et de l'argent mais aussi d'améliorer la qualité et l'efficacité des objets d'apprentissage [Duval et al., 2003]. Pour réutiliser, il faut repérer et récupérer, cela nécessite l'utilisation des méta-données. Même si l'IEEE LOM et d'autres normes fournissent plusieurs propriétés, elles ne parviennent pas à représenter l'information pertinente sur les objets d'apprentissage. Ces derniers sont souvent considérés comme des documents traditionnels. On peut réutiliser un paragraphe ou une phrase d'un document par copier-coller dans de nouveaux documents.

Un enseignant qui veut composer un cours doit être en mesure de rechercher des objets d'apprentissage (LOs) qui répondent au besoin de son enseignement. Mais la recherche ne sera pas fructueuse que si l'information recherchée est bien représentée. Pour répondre à ce problème Ullrich [Ullrich, 2008] suggère l'annotation sémantique des LOs suivant leurs types pédagogiques (*definition, example, exercise, etc.*) classifiés dans l'ontologie qui l'a créée. La réutilisation intégrale du LO ne résout pas tout le problème. Un enseignant peut aussi combiner différents objets d'apprentissage pour en créer le mieux adapté à son contexte.

Il est possible de réutiliser les objets d'apprentissage d'une manière beaucoup plus judicieuse, si on peut accéder à leurs composants. La taille d'un objet d'apprentissage et son réutilisation sont inversement proportionnelle [Wiley et al., 2002]. Quand la taille de l'objet d'apprentissage diminue, son potentiel de réutilisation augmente. La définition de l'objet d'apprentissage selon LOM, permet une très grande variété de granularité [Schluep, 2005]. Ce problème de granularité est étudié dans les modèles de contenu d'objet d'apprentissage. Ces modèles définissent différents types d'objets d'apprentissage à différents niveaux de granularité et sont fondés sur le principe de créer des contenus indépendants, qui peuvent être utilisés tels quels ou composés dynamiquement.

Dans notre approche, nous exploitons la classification d'Ullrich et de son ontologie<sup>28</sup> qui définit les différents types pédagogiques, et les travaux sur les modèles de contenu d'objets d'apprentissage. La classification d'Ullrich fait référence à un objet d'apprentissage en intégralité, sans prendre en considération les niveaux de granularité et d'agrégation. Ces derniers sont traités dans les modèles

---

<sup>28</sup> La réutilisation de l'ontologie Instructional Objects a été autorisée par son auteur Carsten Ullrich <http://www.carstenullrich.net/>

de contenu. Nous faisons référence à deux modèles dLCMS et ALOCOM pour leur simplicité et point de vue sur l'agrégation et la granularité de trois niveaux. Une ontologie, baptisée LO\_DESCRIPTION, est créée à base de l'ontologie *instructional objects* et la classification des types de media.

#### **4.2. Contexte de développement de l'ontologie LO\_DESCRIPTION**

D'une part, dans la norme LOM, la propriété "5.2 *learning-resource-type*" voir la figure 3 (cf. §1.4.3.2) fait référence au type de la ressource sans faire de distinction entre le type de média et le type pédagogique [Ullrich, 2005]. Dans ses travaux, Ullrich [Ullrich, 2008] propose une ontologie "*Instructional Objects*" pour annoter sémantiquement les LOs selon leurs types pédagogiques (*definition, example, exercise, etc.*). Néanmoins, cette ontologie ne prend pas en considération les niveaux de granularité et d'agrégation des LOs.

Et d'autre part, les modèles de contenu d'objet d'apprentissage définissent différents niveaux de granularité et spécifient l'agrégation des composants. L'analyse du contenu par approche centré sur les types de contenu pédagogiques permet aux auteurs de bien structurer le sujet en petites étapes d'apprentissage compréhensible. Et en général, les auteurs sont familiarisés avec cette approche pour créer les objets d'apprentissage [Schluep, 2005].

Pour cela, nous proposons de combiner les deux approches, d'Ullrich pour annoter sémantiquement les LOs par leur type contenu pédagogique et les modèles dLCMS et ALOCOM qui se basent sur l'agrégation et la granularité des contenus. De ce fait, nous réutilisons l'ontologie *instructional objects*, et nous l'adapterons pour répondre aux besoins de granularité et d'agrégation, suivant le modèle dLCMS qui se base aussi sur classification des types pédagogiques et le modèle générique ALOCOM pour définir le troisième niveau Learning object. Cette ontologie sera nommée LO\_DESCRIPTION, elle permettra l'annotation sémantique des fragments de contenu qui composent un LOs. Ainsi, le concepteur peut réutiliser d'autres LOs ou composer son propre LO à partir de fragments qu'il récupère d'un entrepôt en tenant compte du contexte dans lequel l'élément de contenu est utilisé. L'exemple suivant, cité dans [Schluep, 2005], décrit un cas de création d'un LO :

« Un bon exemple de la façon dont les types de contenu pédagogiques peuvent être combinés pour répondre aux besoins de plusieurs groupes d'apprenants est l'objet d'apprentissage de statistiques. Les étudiants de pédagogie, de médecine, de psychologie, de sociologie et de l'économie ont besoin

d'apprendre les mêmes concepts théoriques, des définitions et des principes. Par conséquent, un objet d'apprentissage qui représente une définition de "l'écart-type", peut être réutilisé par les étudiants des différentes disciplines. Toutefois, les exemples qui sont utilisés pour illustrer ces concepts théoriques doivent s'appliquer au domaine familier à l'étudiant – on peut présenter l'exemple de population des patients pour les étudiants de médecine, tandis que les données de performance de l'entreprise vont mieux répondre aux besoins des étudiants de l'économie. »

### 4.3. Description sémantique d'un objet d'apprentissage

Dans la section précédente, nous avons suggéré la création de l'ontologie LO\_DESCRIPTION pour permettre la réutilisation des objets d'apprentissage. Elle permettra l'annotation sémantique des fragments du LO. Notre système de création/composition des objets d'apprentissage est illustré dans la figure ci-dessous :

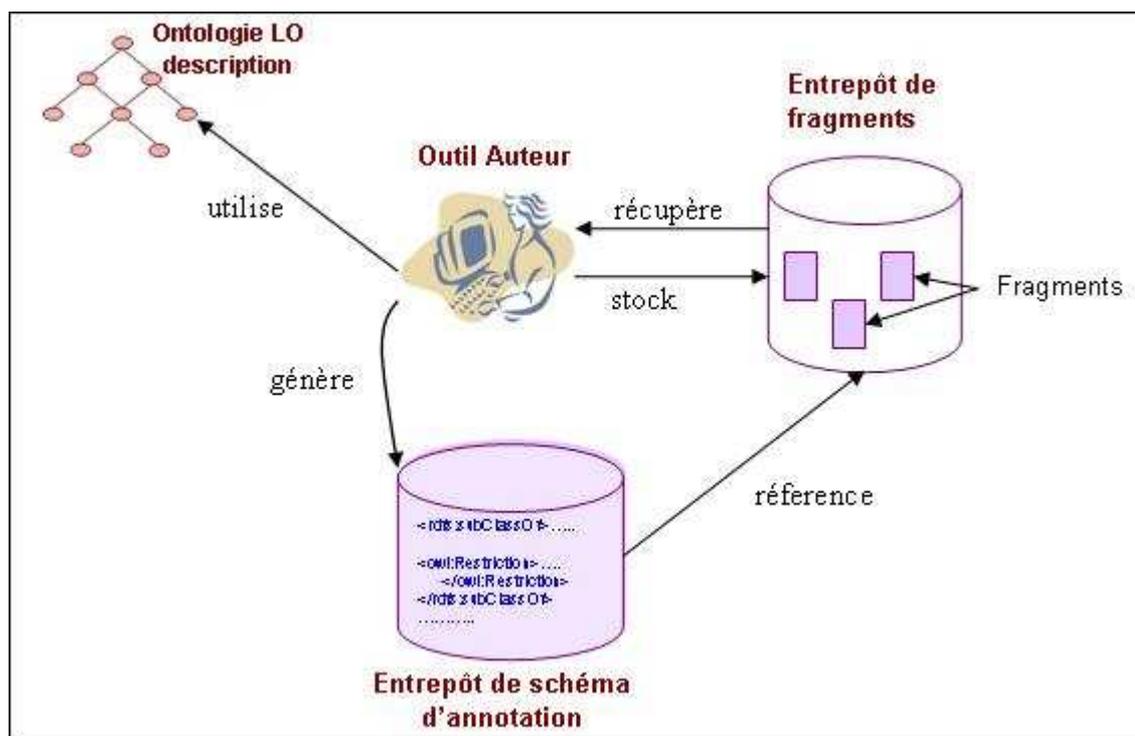


Figure 19 : Processus de description des objets d'apprentissage

Le concepteur d'objets d'apprentissage utilise l'outil auteur pour créer/assembler les différents composants (fragments) de son LO.

1<sup>er</sup> cas : durant la phase de création d'un LO, le concepteur va produire des fragments qui composent son propre LO. L'**outil auteur** lui permet d'exploiter l'**ontologie LO\_DESCRIPTION** pour générer un schéma de méta-données sémantiques décrivant le LO et le stocker par la suite dans l'**entrepôt de schéma d'annotation**. Le schéma d'annotation fait référence aux fragments stockés dans l'**entrepôt de fragments**. Pour faciliter la recherche, et par la suite la réutilisation des fragments de contenu, le schéma d'annotation englobe un ensemble d'informations comme : le lien de la ressource, le type de média (texte, image, vidéo, etc.) issue de l'ontologie, le type pédagogique (définition, introduction, exercice, etc.) le vocabulaire de la classification d'Ulrich.

2<sup>ème</sup> cas : l'auteur conçoit l'ensemble ou une partie de son LO à partir de fragments de contenu existants. Une recherche sémantique est lancée pour récupérer les fragments. L'entrepôt des schémas d'annotation est interrogé selon les cas suivants :

- rechercher les fragments de contenu suivant le type de média (texte, audio, animation, etc.) ;
- rechercher suivant le type pédagogique (une définition, une conclusion, un exemple, etc.) ;
- rechercher les fragments qui répondent aux deux critères (une définition de type texte, etc.) ;
- rechercher suivant le contexte (un exemple relatif au contexte ou domaine de médecine) ;

Le concepteur pourra par la suite choisir les fragments qui lui conviennent pour composer son nouveau LO.

#### **4.4. Définition de l'ontologie LO\_DESCRIPTION**

Dans le domaine du e-learning, plusieurs catégories d'ontologies peuvent être distinguées [Aroyo et al., 2004], les ontologies de domaine, de tâche, de stratégie d'enseignement, du modèle apprenant, d'interface, de communication et de service éducatif. Dans son état de l'art sur les ontologies dans le e-learning Grandbastien [Grandbastien, 2007] incite tout d'abord à recenser ces ontologies et à les réutiliser que d'en créer de nouvelles. Et il est mieux de créer de petites ontologies faciles à manipuler et à intégrer. De ce fait, nous avons exploité l'ontologie *Instructional objects* [Ulrich, 2008], pour la classification des objets d'apprentissage par type pédagogique, et l'enrichi par les concepts de granularité pour prendre en compte les trois niveaux d'agrégation définis dans les modèles de contenu dLCMS et ALOCOM.

Les trois niveaux d'agrégation sont définis comme suit (de l'élémentaire ou basique vers le générique) voir figure 20 :

- *Assets* (fragments) : sont des contenus pédagogiques élémentaires ou basiques suivant la classification de Pazandak et Srivastava [Verbert, 2008]. Ils contiennent des informations représentée sous forme statique (image, graphe, texte) ou dynamiques (vidéo, audio, animation).

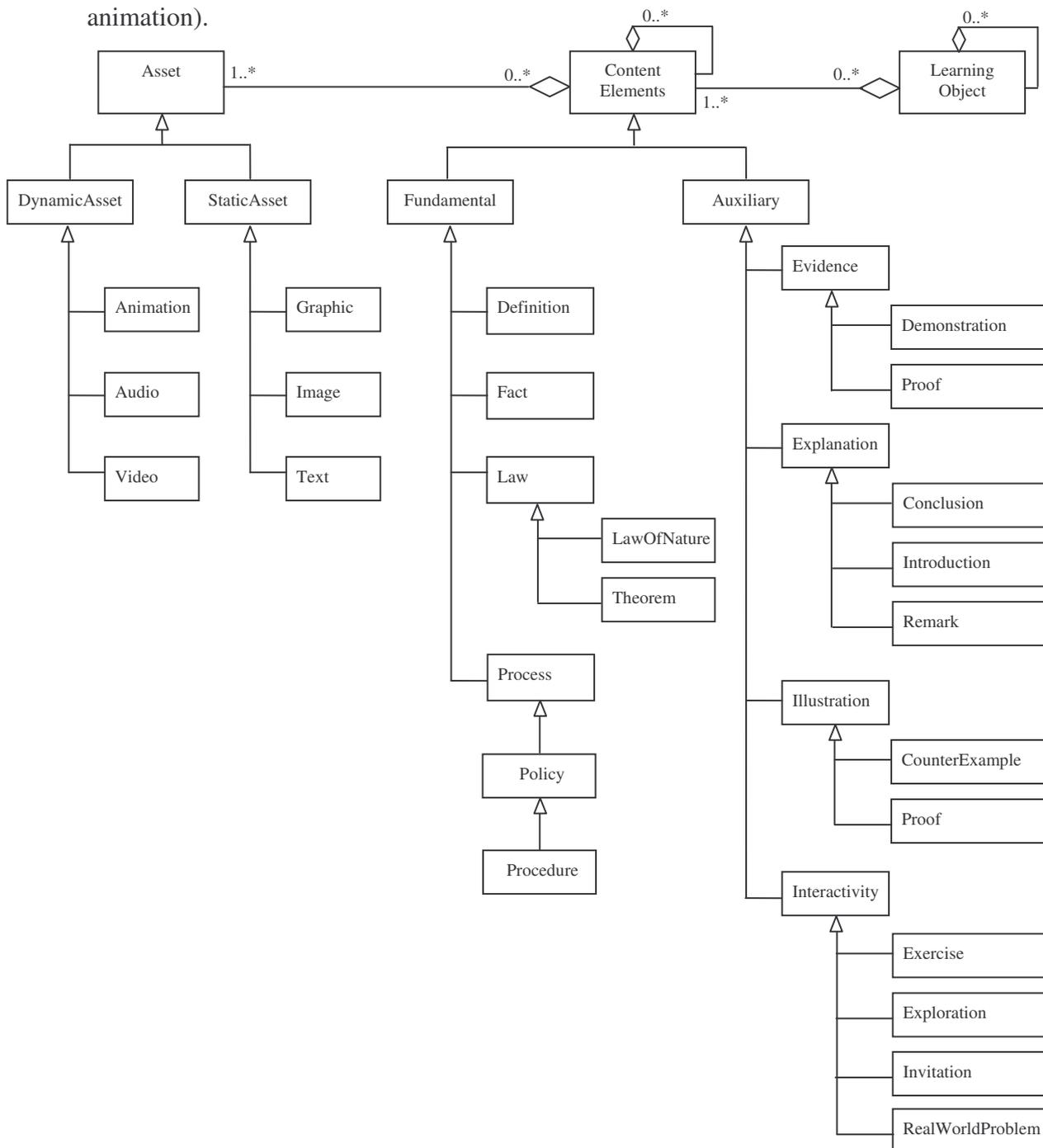


Figure 20 : représentation UML de l'ontologie LO\_DESCRIPTION

- *Content Elements* (éléments de contenu) : sont définis comme des petits morceaux modulaire du contenu d'apprentissage, dont : (1) serviront comme base pour la construction

des blocs de contenu d'apprentissage, (2) peuvent être agrégés en unités d'apprentissage plus grandes, (3) sont fondées sur un seul type de contenu pédagogique, (4) sont réutilisables dans de multiples contextes pédagogiques, et (5) peuvent contenir des *assets*. Les concepts de ce niveau font référence au vocabulaire de l'ontologie *Instructional Objects* [Ullrich, 2008] qui définit d'une manière concise la propriété « 5.2 Learning Resource Type » de IEEE-LOM.

- *Learning Objects* (objet d'apprentissage) : agrègent les éléments de contenu et autres LOs et un objectif pédagogique.

#### 4.4.1. Concepts de l'ontologie LO\_DESCRIPTION

L'ontologie LO\_DESCRIPTION décrit les objets d'apprentissage suivant le type de contenu et les trois niveaux d'agrégation. L'hierarchie des concepts de l'ontologie est représentée dans la figure 21. La description des concepts qui décrivent le type pédagogique est citée dans [Ullrich, 2008] :

- *Fact* : (fait) une ressource pédagogique de type *fact* contient des informations basées sur des événements réels, qui ne sont pas des règles générales.
- *Definition* : une définition précise le sens d'un mot, d'un terme, d'une expression, d'une phrase, d'un symbole ou de la classe.
- *Law, Law of Nature, Theorem* : *law* (loi) décrit le principe général d'un phénomène prouvé ou le résultat d'une expérience consistante. Deux sous-classes permettent une caractérisation plus précise : *lawOfNature* (loi de nature) décrit une généralisation scientifique basée sur l'observation; *theorem* (théorème) décrit une idée qui a été démontrée.
- *Process, Policy, Procedure* : *process* (processus) et ses sous-classes décrivent une séquence d'événements et le fonctionnement de quelque chose. *Policy* (politique) décrit une politique fixe ou prédéterminée ou le mode d'action. Une procédure se compose d'une séquence d'étapes ou des instructions formelles pour atteindre un but.
- *Exploration* : permet d'explorer librement les aspects d'un *fondamental* sans objectif spécifique, ou avec un but mais aucun parcours de solution prédéfinie.
- *realWorldProblem* : (problème du monde réel) décrit une situation quotidienne, de la vie privée ou professionnelle de l'apprenant, qui engendre des questions ou des problèmes.
- *Invitation* : est une demande à l'apprenant d'effectuer une activité métacognitive.

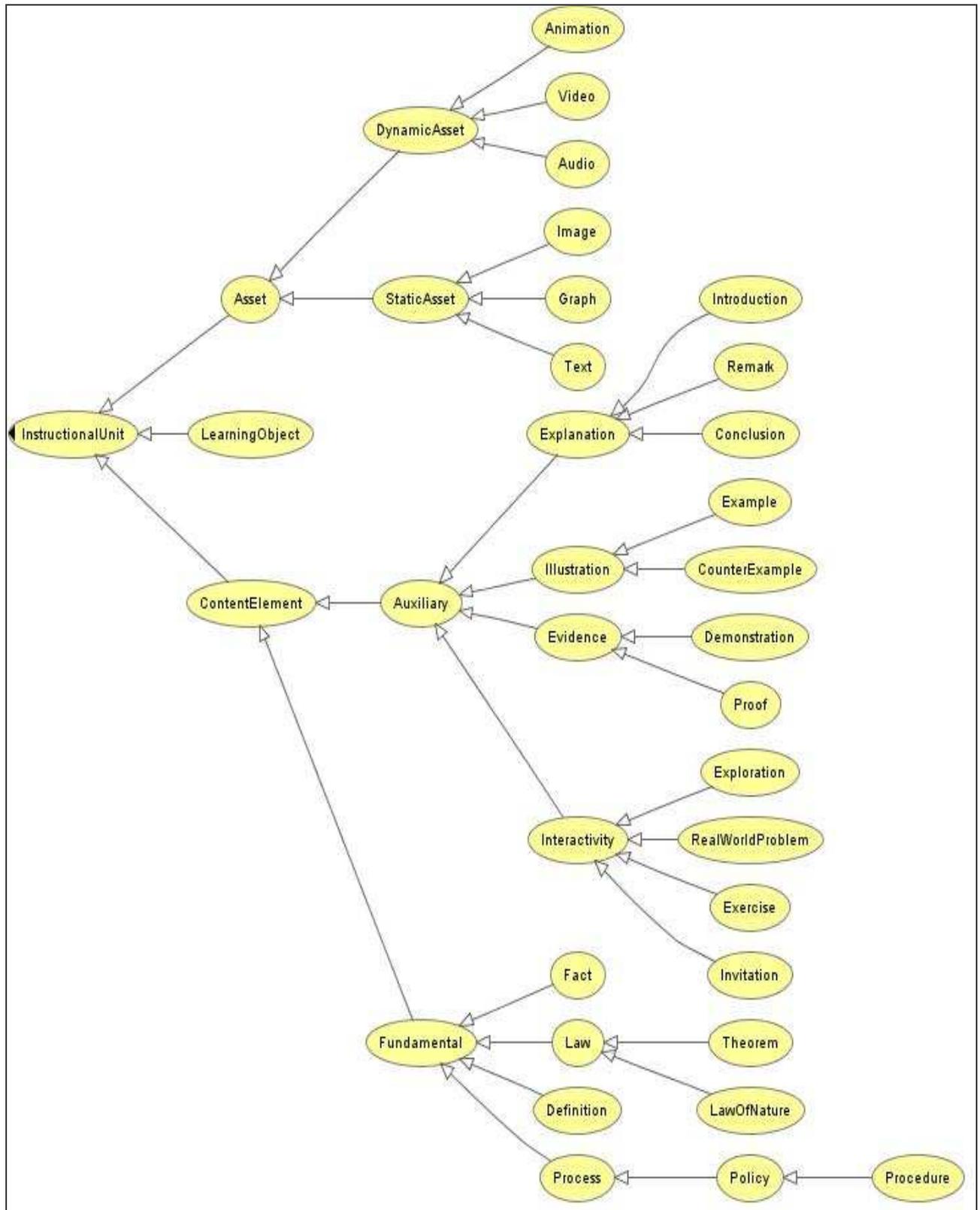


Figure 21 : Hiérarchie des concepts de l'ontologie LO\_DESCRIPTION

- *Exercise* : (exercice) est un concept interactif qui demande des réponses/actions à l'apprenant. La réponse peut être évaluée (soit automatiquement ou manuellement) et un taux de réussite peut lui être attribué.
- *Illustration, Counter Example, Example*: les ressources pédagogique de type *illustration* illustre une ou des parties d'un *fundamental*. Un *Counter Example* (contre-exemple) est une exception de la règle générale proposée dans un *fundamental*. Une ressource pédagogique de type *example* (exemple) illustre positivement un *fundamental*.
- *Evidence, Demonstration, Proof* : évidence (*evidence*) est un élément de preuve pour démontrer une loi. Une démonstration (*Demonstration*) fournit la preuve informelle pour loi (exemple : expériences de physique ou de chimie). Une preuve (*proof*) contient des preuves formelles.
- *Explanation, Conclusion, Introduction, Remark* : Une explication (*Explanation*) donne plus d'informations sur un élément *fundamental* et développe certains aspects ou points importants. La sous-classe *conclusion* résume les principaux points. L'élément *introduction* fournit des informations pour introduire un *fundamental*. Une remarque (*remark*) ajoute de l'information qui n'est pas toujours nécessaire sur un aspect d'un *fundamental*. Elle peut contenir des informations intéressantes, ou des détails sur la façon dont un *fundamental* est lié à d'autres *fundamentals*.

Pour les niveaux de granularité et d'agrégation nous avons :

- les trois niveaux d'agrégation sont représentés par les concepts : *Asset*, *ContentElement* et *LearningObject*. Nous les avons regroupés dans le concept générique *InstructionalUnit* pour mieux modéliser l'agrégation dans l'ontologie.

```

...
<Definition id="D1">
  <Text id="T1">
    <hRef>URI/URL de la ressource en question</hRef>
  </Text>
  <Image id="I1">
    <hRef>URI/URL de la ressource en question</hRef>
  </Image>
</Definition>
...

```

**Figure 22 : Exemple de l'instance du concept définition**

- Le concept *ContentElement* définit les types de contenu pédagogie de l'ontologie *InstructionalObject* [Ullrich, 2008]. Ainsi la représentation de ces éléments donne le schéma

voir figure 22, qui illustre l'agrégation de deux types d'*Assets* (*Text* et *Image*) pour former le concept définition.

- Le concept *LearningObject* agrège les *ContentElement* et définit un objectif pédagogique voir figure 23.

```
<LearningObject id="LO1">
...
<Introduction id="ce1">
...
</Introduction>
<Definition id="ce2">
  <Text id="T1">
    <hRef>URI/URL de la ressource en question</hRef>
  </Text>
  <Image id="I1">
    <hRef>URI/URL de la ressource en question</hRef>
  </Image>
</Definition>
...
</LearningObject>
```

**Figure 23 : Exemple d'une instance du concept Learning Object**

La figure 24 représente un exemple de l'instanciation d'un objet d'apprentissage et l'agrégation des trois niveaux (*Asset*, *ContentElement* et *LearningObject*)

- *LearningObject\_BD* : fait référence à l'objet d'apprentissage qui couvre les bases de données, agrégé à partir d'une introduction (*Introduction\_BD*) et d'une définition (*Definition\_BD*).
- L'introduction est agrégée à partir d'une animation (*Animation\_Intro*).
- La définition est agrégée à partir d'un texte (*Text\_BD*) et d'une animation (*Animation\_BD*).
- *Animation\_Intro*, *Text\_BD*, *Animation\_BD* représente des fragments de contenu (*Assets*) stockés dans l'entrepôt de fragments.

```

<LearningObject rdf:ID="LearningObject_BD">
  <hasPart>
    <Introduction rdf:ID="Introduction_BD">
      <hasPart>
        <Animation rdf:ID="Animation_Intro">
          <isPartOf rdf:resource="#Remark_BD"/>
        </Animation>
      </hasPart>
      <isPartOf rdf:resource="#LearningObject_BD"/>
    </Introduction>
  </hasPart>
  <hasPart>
    <Definition rdf:ID="Definition_BD">
      <hasPart>
        <Animation rdf:ID="Animation_BD">
          <isPartOf rdf:resource="#Definition_BD"/>
        </Animation>
      </hasPart>
      <hasPart>
        <Text rdf:ID="Text_BD">
          <isPartOf rdf:resource="#Definition_BD"/>
        </Text>
      </hasPart>
      <isPartOf rdf:resource="#LearningObject_BD"/>
    </Definition>
  </hasPart>
</LearningObject>

```

Figure 24 : Instanciation d'un Objet d'apprentissage LearningObject\_BD

#### 4.4.2. Implémentation de l'ontologie

L'ontologie LO\_DESCRIPTION a été développée avec l'outil protégé-OWL<sup>29</sup>. Le choix de cet outil est fait pour sa légèreté d'exécution, son architecture ouverte (facilement extensible) et pour sa bonne ergonomie.

Protégé est une interface modulaire, développée au Stanford Medical Informatics de l'Université de Stanford, permettant l'édition, la visualisation, le contrôle (vérification des contraintes) d'ontologies [Noy, 2000]. Protégé-OWL est une extension de l'éditeur d'ontologie Protégé pour manipuler le format OWL. Elle permet de visualiser, d'éditer les classes et les propriétés OWL et de communiquer avec des raisonneurs logiques. Le logiciel se présente sous la forme de plusieurs onglets permettant l'accès à différents types d'information : les onglets *OWLClasses*, *Properties* (avec une subdivision supplémentaire pour chaque type de propriété OWL) et *Individuals*. Cet outil est extensible par l'ajout de nouvelles fonctionnalités « plug-in ».

La figure 25 présente l'hierarchie des concepts de l'ontologie LO\_DESCRIPTION dans protégé.

<sup>29</sup> <http://protege.stanford.edu/>

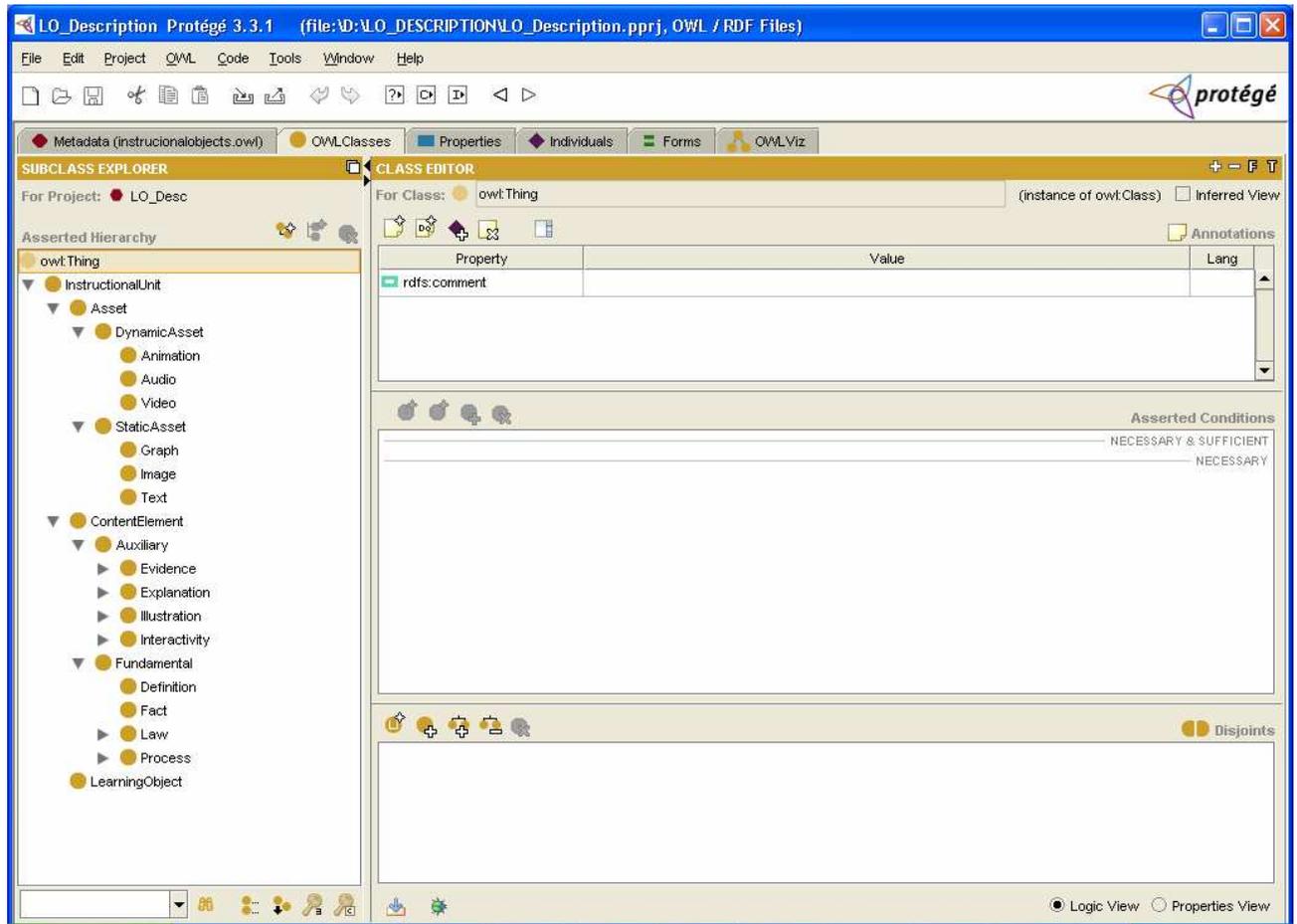


Figure 25 : représentation de l'ontologie LO\_DESCRIPTION dans Protégé

Nous distinguons deux types de propriétés (*DataType properties* et *Object Properties*).

- *Objectproperty* décrit les propriétés qui relient deux concepts (voir figure 26), la classe des concepts domaine à la classe des concepts range, pour représenter les différentes relations entre les concepts. Par exemple le concept *hasPart* qui définit les niveaux d'agrégation :

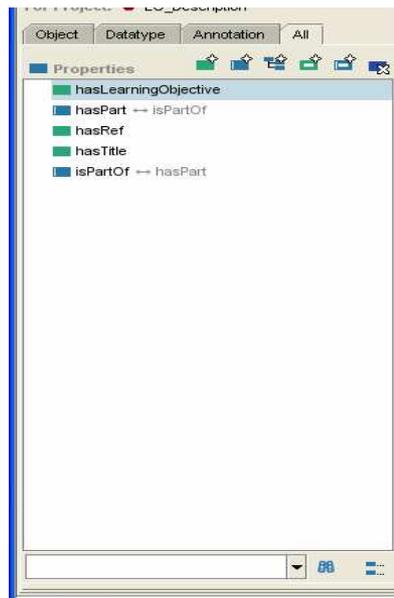


Figure 26 : Les propriétés ObjectProperty et DataType

*hasPart* : relie le concept *ContentElement* ou *LearningObject* à un concept générique *InstructionalUnit*, avec les restrictions sur l'agrégation (voir figure 27 et 28).

- Un *LearningObject* ne peut contenir que des *LearningObject* et des *ContentElement*. Et ne peut être contenu que dans des *LearningObject*, restriction assurée par sa propriété inverse *isPartOf*.
- Un *ContentElement* ne peut contenir que des *ContentElement* et des *Assets*. Et ne peut être contenu que dans des *LearningObject* et *ContentElement*.

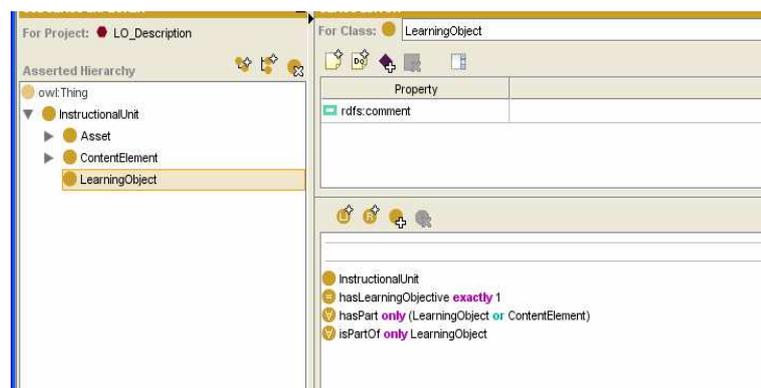


Figure 27 : Restriction de la propriété *hasPart* pour le concept *LearningObject*

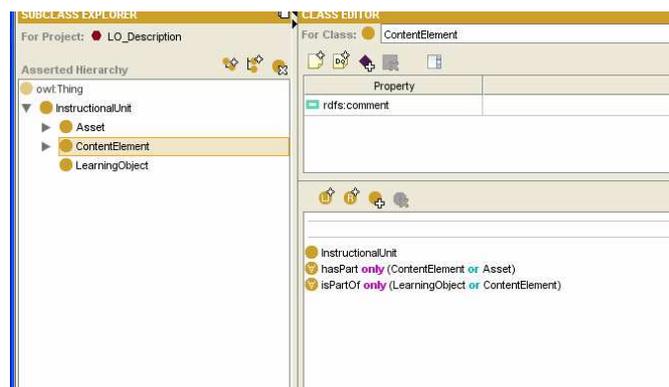


Figure 28 : Restriction de la propriété *hasPart* pour le concept *ContentElement*

- *DataProperty* décrit les propriétés internes d'un concept pour le décrire et le spécifier des autres concepts (voir figure 26). Par exemple : la propriété *hasLearningObjective* pour déterminer l'objectif pédagogique d'un objet d'apprentissage ; et la propriété *hasRef* pour spécifier le chemin (URL/URI) d'un fragment (*Asset*).

Enfin, la consistance de l'ontologie a été vérifiée avec le raisonneur Racer<sup>30</sup> qui s'intègre facilement à protégé. Il permet la vérification de la subsomption des concepts et la validé les différentes propriétés.

## 4.5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre contribution pour une bonne réutilisation des objets d'apprentissage. Les modèles de contenu présente un bon cadre pour représenter les niveaux d'agrégation et de granularité. Cette décomposition en *Asset* et en éléments de contenu donne la possibilité non seulement de réutiliser l'objet d'apprentissage en intégralité mais aussi l'accès au contenu pour la réutilisation du fragment qui répond exactement au besoin de l'enseignant. Le référencement et l'annotation de ces fragments par leurs types de contenu pédagogique facilitent la tâche au concepteur/enseignant qui est, en général, familiarisé avec cette décomposition.

Nous avons présenté l'ontologie LO\_DESCRIPTION qui réutilise la taxonomie de l'ontologie *instructional objects* [Ullrich, 2008] et introduit les nouveaux concepts qui permettent de représenter les niveaux de granularité et d'agrégation selon les modèles dLCMS et ALOCOM. Cette ontologie donne plus de précision au processus de recherche, de composition et de réutilisation des objets d'apprentissage.

<sup>30</sup> <http://www.racer-systems.com>

## Conclusion générale et perspectives

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes intéressés aux problèmes de réutilisation des objets d'apprentissage. La résolution de ce problème nécessite un grand effort au moment de la conception de ces objets pour les rendre réutilisables.

Le Web sémantique offre un cadre favorable pour créer, rechercher et réutiliser des objets d'apprentissage. L'utilisation et l'exploitation des ontologies et des annotations sémantiques augmentent la fiabilité des environnements d'apprentissage pour fournir les outils nécessaires pour la création des LOs. Néanmoins, les acteurs du processus d'apprentissage exigent plus de flexibilité pour pouvoir repérer et récupérer tout un LO ou juste un fragment de contenu qui pourra être réutilisé par la suite.

Les modèles de contenu des objets d'apprentissage donnent plus de flexibilité aux LOs et rendent facile leur réutilisation car ils font face aux problèmes de granularité et d'agrégation.

Nous avons suggéré l'annotation sémantique des objets d'apprentissage par leur type de contenu pédagogique. Le vocabulaire choisi pour l'annotation fait référence à l'ontologie « LO\_DESCRIPTION », qui a été créée. Pour permettre l'accès aux composants du LO, nous avons introduit les concepts d'agrégation et de granularité issue des modèles dLCMS et ALOCOM. Cela aidera à la recherche et la réutilisation des LOs.

L'ontologie développée est considérée toujours incomplète et demande des améliorations tout au long de son cycle de vie. Notre perspectives est d'améliorer et poursuivre ce travail pour :

- enrichir l'ontologie par de nouveaux concepts pour prendre en charge tous les cas de figure de la réutilisation des objets d'apprentissage ;
- ajouter de l'inférence en affinant les propriétés et les restrictions ;
- exploiter les moteurs de recherche sémantique, tel que *Corese*, pour l'interrogation de l'ontologie ;
- développer un système qui prend en charge notre ontologie et facilite son intégration dans les dispositifs d'apprentissage.

## Bibliographie

- [ADL SCORM, 2004] ADL SCORM, 2004, *Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004*, 2nd Edition Overview; <http://www.adlnet.org/scorm/history/2004/index.cfm>.
- [Amorim et al., 2006a] Amorim R ; R., Lama M., Sanchez E., Riera A., Vila X.A., (2006). "A Learning Design Ontology based on the IMS LD specification", *Educational Technology & Society*, 9 (1), 38-57
- [Amorim et al., 2006b] R. R. Amorim, E. Sánchez, M. Lama (2006). "The Problem of LD Execution and the Need for an IMS LD Level B Ontology"
- [Anderson et al, 2004] T. Anderson and D. Whitelock (2004) "The Educational Semantic Web: Visioning and Practicing the Future of Education" *Journal of Interactive Media in Education (JIME)*, Special Issue the Educational Semantic Web.
- [Arnaud, 2004] Arnaud P. (2004) " La gestion des ressources avec les métadonnées", Journée "Normes et standards éducatifs", 26 mars 2004, Lyon, France.
- [Aroyo et al., 2004] Aroyo L. and Dicheva D. (2004), *The new challenges for e-Learning: The Educational Semantic Web*, *Educational Technology and Society* 7(4):59-69.
- [Ballstaedt, 1997] Ballstaedt, S.-P. *Wissensvermittlung die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim, Beltz PsychologieVerlagsUnion, 1997.
- [Barrit et al., 1999] Barrit, C., Lewis, D., Wieseler, W. CISCO Systems Reusable Information Object Strategy Version 3.0, Cisco Whitepaper, 1999. Retrieved November 26, 2007, from [http://www.cisco.com/warp/public/779/ibs/solutions/learning/whitepapers/el\\_cisco\\_rio.pdf](http://www.cisco.com/warp/public/779/ibs/solutions/learning/whitepapers/el_cisco_rio.pdf)
- [Benayache, 2005] A. Benayache (2005), Thèse de doctorat "Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contexte e-learning : le projet MEMORAe", Université de Technologie Compiègne.
- [Berners-Lee et al., 2001] Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. (2001) "The Semantic Web" In *Scientific American*, pp. 20-88.
- [Borst, 1997] Borst W. N. (1997) "Construction of Engineering Ontologies", In Center for Telematica and Information Technology, University of Twente, Enschede, NL.
- [Bourda, 2001] Bourda Y. (2001), « Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ? » *Cahiers GUTenberg* no 39 – 40, Mai 2001
- [Bourdeau et al., 2002] Bourdeau, J., and Mizoguchi, R., (2002). *Collaborative ontological engineering of instructional design knowledge for an ITS authoring environment*, in: *Proceedings of The 6<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Tutoring Systems, ITS2002*, S. Cerri, G. Gouarderes, and F, Paraguacu, eds., Biarritz, France and San Sebastian, Spain, pp. 399-409.
- [Brase et al., 2004] Brase, J. and M. Painter (2004). "Inferring Metadata for a Semantic Web Peer-to-Peer Environment." *Educational Technology & Society* 7 (2): 61-67.
- [Brown, 2002] Brown J. (2002). *Academic ADL Co-lab*. Voir : <http://www.adlnet.org>
- [Brusilovsky, 1999] Brusilovsky, P., 1999, *Adaptive and intelligent technologies for Web-based education*, *KUunstliche Intelligenz* 4:19-25.
- [Chein et al., 1992] M. Chein et M. L Mugnier, (1992). *Conceptual graphs : Fundamental notions*. *Revue d'Intelligence Artificielle*.

- [Chen et al., 1998] Chen W., Hayashi Y., Jin L., Ikeda M. and Mizoguchi R. (1998) *Ontological issues on an intelligent authoring tool*, in: Proceedings of The ECAI'98 Workshop on Model-Based Reasoning for Intelligent Education Environments, Brighton, England; <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/pub/wendy/wendy-icce98.pdf>.
- [Clark, 1999] Clark J. (1999): *XSL Transformations (XSLT) Version 1.0*, W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/xslt>.
- [DCMI, 2004] DCMI, 2004, *Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description*; <http://dublincore.org/documents/dces/>.
- [Dehors et al., 2005] Dehors S., Giboin A., Faron-Zucker C., Stromboni J.-P. (2005) "*Des Annotations Sémantiques pour Apprendre : l'Expérimentation QBLs*" In Actes de la Journée thématique WebLearn sur le Web sémantique pour le e-Learning, plate-forme AFIA'2005, Nice, 31 mai 2005.
- [Demaizière, 2006] F. Demaizière (2006), *Didactique des langues et TIC : les aides à l'apprentissage ; Apprentissage des langues et systèmes d'information et de communication (ALSIC)*, vol. 9, 2006.
- [Desmoulins et al, 2002] Desmoulins C. et Grandbastien M. (2002) "*Ontologies pour la conception de manuels de formation à partir de documents techniques*", STE, 9 (3-4), pp. 291-340.
- [Devedzic, 2004] Devedzic V. (2004) *Education and The Semantic Web*, International Journal of Artificial Intelligence in Education 14.
- [Devedzic, 2006] Devedzic V., (2006), *Semantic Web and Education*, Springer IS2.
- [Dicheva et al., 2005] Dicheva, D., Sosnovsky, S., Gavrilova, T., and Brusilovsky, P., 2005, *Ontological Web portal for educational ontologies*, in: Proceedings of The International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-Learning, SW-EL05@AIED05; <http://www.win.tue.nl/SW-EL/2005/swel05-aied05/proceedings/>.
- [Dodds, 2001] Dodds, P. (2001). *Advanced Distributed Learning Sharable Content Object Reference Model Version 1.2. The SCORM Content Aggregation Model*. <http://www.adlnet.org>
- [Duval et al. 2003] Duval, E. and Hodgins, W. A *LOM research agenda*. In Hencsey, G. and White, B. and Chen, Y. and Kovacs, L. and Lawrence, S., editors, Proceedings of the 12th International World Wide Web Conference, pages 659-667, New York, NY, USA: ACM press, 2003. <http://www2003.org/cdrom/papers/alternate/P659/p659-duval.html>
- [Duval, 2002] Duval, E. (2002), editor. *1484.12.1 IEEE Standard for learning Object Metadata*. June 2002.
- [Farquhar et al., 1996] A. Farquhar, R. Fikes, and J. Rice. *The ontolingua server: a tool for collaborative ontology construction*. In Proceedings of the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop, Banff, Canada, 1996.
- [Fensel et al., 2007] Fensel D., Lausen H., Polleres A., Bruijn J., Stollberg M., Roman D., Domingue J., (2007) *Enabling Semantic Web Services, The Web Service Modeling Ontology*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2007.
- [Friesen et al, 2002] Friesen, N., and McGreal, R., 2002, *International e-Learning specifications*, International Review of Research in Open and Distance Learning 3(2); [http://www.irrodl.Org/content/v3.2/tech1\\_1.html](http://www.irrodl.Org/content/v3.2/tech1_1.html).

- [Gasevic et al., 2004] Gasevic, D., J. Jovanovi and V. Devedzic (2004). "*Enhancing Learning Object Content on the Semantic Web*". in Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), Joensuu, Finland.
- [Grandbastien, 2007] M. Grandbastien (2007): *Scénarios et ontologies: Où en sommes-nous et comment poursuivre?*. In Actes du colloque Scénario 2007 Scénariser les activités de l'apprenant : une activité de modélisation.
- [Gruber, 1993] Gruber T. (1993): *A translation approach to portable ontology specifications*. Knowledge Acquisition. 5(2):199–220.
- [Guarino et al, 1995] Guarino N. and Giaretti P. (1995) : *Ontologies and knowledge bases: Towards a terminological clarification*. In Towards Very Large Knowledge Bases. N. J. I. Mars, Ed., IOS Press: 25-32.
- [Handschuh et al., 2002] Handschuh S., Staab S. et Ciravegna F. (2002) : *S-CREAM – Semi-automatic CREAtion of Metadata*. The 13th International Conference on Knowledge Engineering and Management (EKAW 2002), ed Gomez-Perez, A., Springer Verlag.
- [Horn, 1993] Horn, R. *Structured Writing at Twenty-five*. Performance and Instruction, (32):11-17, 1993.
- [Horn, 1998] Horn, R. E. *Structured writing as a paradigm*. In Alexander Romiszowski and Charles Dills, editors, Instructional Development: State of the Art. Englewood Cliffs, N.J., 1998.
- [IEEE, 2002a] Learning Technology Standards Committee (LTSC) P1484.12.1-2002 Learning Object Metadata Working Group, "*Draft Standard for Learning Object Metadata*", [http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf).
- [IEEE, 2002b] IEEE (2002), P1484.12.3/D1, 2002-12-15 *Draft Standard for XML Binding for Learning Object Metadata Data Model*; <http://ltsc.ieee.org/>
- [IMS CP, 2004] IMS CP, 2004, *IMS Content Packaging Information Model, Version 1.1.4 Final Specification*; [http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp\\_infov1p1p4.html](http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp_infov1p1p4.html).
- [IMS LD, 2003] IMS LD, 2003, *IMS Learning Design Information Model, Version 1.0 Final Specification*; [http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imslld\\_infov1p0.html](http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imslld_infov1p0.html).
- [Johnson et al., 2000] Johnson W.L., Rickel J., Lester J.C (2000), *Animated pedagogical agents: face-to-face interaction in interactive learning environments*. International Journal of Artificial Intelligence in Education 11.
- [Jovanovic et al., 2005] Jovanovic, J., Gasevic, D., Verbert, K., and Duval E. *Ontology of learning object content structure*. In Looi, C.-K. and McCalla, G. and Bredeweg, B. and Breuker, J, editors, Proceedings of the 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education, pages 322-329, Amsterdam: IOS press, 2005.
- [Kahan et al., 2001] Kahan J., Koivunen M., Prud'Hommeaux E., et Swick R. (2001): *Annotea: An Open RDF Infrastructure for Shared Web Annotations*. In Proceedings of the WWW10 International Conference. Hong Kong.
- [Kaplan-Leiserson, 2000] Kaplan-Leiserson E. (2000) *E-Learning Glossary, Learning Circuits*; <http://www.learningcircuits.org/glossary.html>.
- [Klyne et al., 2004] G. Klyne and J. J. Carroll (2004). *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax*. W3C Recommendation, 10 February 2004. Available from <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>.

- [Koper, 2001] Koper, E.J.R., 2001, *Modeling Units of Study from a Pedagogical Perspective - The Pedagogical Meta-Model Behind EML*, Open University of The Netherlands; <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>.
- [Koper, 2003] Koper R., (2003) « *Combining re-usable learning, resources and services to pedagogical purposeful units of learning*», In A. Littlejohn (Ed.), *Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to eLearning* (pp. 46-59). London: Kogan Page
- [L'Allier, 2003] L'Allier, J.J. *Frame of Reference: NETg's Map to the Products, Their Structure and Core Beliefs. NetG Whitepaper*. Cited in Polsani, Pithamber R. *The Use and Abuse of Reusable Learning Objects*. *Journal of Digital Information*, 3(4), 2003.
- [Lassila et al., 2001] Lassila O. et Swick R. (2001): *W3C Resource Description framework (RDF) Model and Syntax Specification*, <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>.
- [Lejeune, 2004] Lejeune A., « *IMS Learning Design, Étude d'un langage de modélisation pédagogique*», revue *Distances et Savoirs*, volume 2, n°4, « Normes et standards pour la formation en ligne », 45p.
- [Lenat, 1995] D. B. Lenat. *CYC: A large-scale investment in knowledge infrastructure*. *Communications of the ACM*, 38(11):33–38, 1995.
- [Longmire, 2000] Longmire, W. (2000). *A primer on learning objects*. *Learning Circuits* (March, 2000). <http://www.learningcircuits.org/2000/mar2000/Longmire.htm>
- [McBride, 2004] McBride B. (2004), *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [McGreal, 2004] McGreal, R., 2004, *Learning objects: a practical definition*, *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* 1(9); [http://www.itdl.org/Journal/Sep\\_04/article02.htm](http://www.itdl.org/Journal/Sep_04/article02.htm).
- [McGuinness et al., 2003] D. L. McGuinness (2003). *Ontologies come of age. Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to Its Full Potential*, MIT Press, Cambridge, MA, 2003.
- [McGuinness et al., 2004] McGuinness D.L. et Van Harmelen F. (2004): *OWL Web Ontology Language Overview*, <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [Merrill, 1983] Merrill, M.D. *Component Display Theory*. In Reigeluth, CM, editor, *Instructional Design Theories and Models*, Hillsdale, NJ, 1983.
- [Mizoguchi et al., 1995] Mizoguchi, R. et Vanwelkenhuysen J. (1995): *Task ontology for reuse of problem solving knowledge*, *Proc. of KB&KS'95*, pp.46-59.
- [Mugnier et al., 1996] M. L. Mugnier et M. Chein. *Représenter des connaissances et raisonner avec des graphes*. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 1996.
- [Napoli, 1997] A. Napoli. *Une introduction aux logiques de descriptions*. Rapport de recherche N°3314, INRIA, December 1997.
- [Neches et al., 1991] Neches R., Fikes R.E., Finin T., Gruber T.R., Patil R., Senator T., et Swartout W. R. (1991): *Enabling technology for knowledge sharing*. *AI Magazine*, 12(3), 16-36.
- [Noll, 2002] Noll, A.M. (2002). *Technology and the future university*. In W. Dutton & B. Loader (Eds.), *Digital Academie*. London: Routledge.

- [Paquette et al., 2002] Paquette G. et Tchounikine P. (2002) "*Contribution à l'ingénierie des systèmes conseillers : une approche méthodologique fondée sur l'analyse du modèle de la tâche*", STE, 9/2002(3-4), pp. 409-435.
- [Paquette, 2002] Paquette Gilbert (2002), *L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage en réseau*, Québec, Presses de l'université de Québec.
- [Patel-Schneider et al., 2002] P. F. Patel-Schneider and D. Fensel (2002). *Layering the semantic web: Problems and directions*. The Semantic Web - ISWC 2002: First International Semantic Web Conference, Sardinia, Italy, June 9-12, 2002.
- [Paulsen, 2003] Paulsen, M.F., 2003, *Online Education and Learning Management Systems – Global Elearning in a Scandinavian Perspective*, NKI Forlaget, Oslo.
- [Pazandak et al., 1997] Pazandak, P., Srivastava, J. *Evaluating Object DBMSs for Multimedia*. IEEE MultiMedia, 4(3):34-49, 1997.
- [Pernin, 2003] Pernin J.P., « *Objets pédagogiques : unités d'apprentissage, activités ou ressources ?* », *Revue « Science et Techniques Educatives »*, Hors série 2003 Ressources numériques, XML et éducation », pp 179-210, avril 2003, éditions Hermès.
- [Pernin, 2004] J. P. Pernin (2004), « *LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios* », communication 16 novembre 2004.
- [Plessers et al., 2004] Plessers, P. et De Troyer, O. *Web Design for the Semantic Web*. The WWW2004 Workshop on Application Design, Development and Implementation Issues in the semantic Web, CEUR Workshop Proceedings, New York, USA.2004.
- [Popov et al., 2004] Popov B., Kiryakov A., Ognyanoff D., Manov D. et A. Kirilov (2004) : *KIM – a semantic annotation platform for information extraction and retrieval*. Natural Language Engineering, 10, Issues 3-4, 375-392.
- [Prié et al., 2003] Y. Prié, S. Garlatti (2003). *Méta-données et annotations dans le Web sémantique*. Action spécifique 32 CNRS / STIC, Web sémantique, rapport final. Décembre 2003.
- [Ranwez et al., 2003] Ranwez S. et Crampes M. (2003) "*Instanciation d'ontologies pondérées et calcul de rôles pédagogiques - Principe et mise en oeuvre*", STE-9/2002, pp. 341-370.
- [Schluep, 2005] Schluep, S. *Modularization and structured markup for web-based learning content in an academic environment*. Aachen: Shaker Verlag, 2005.
- [Sowa, 1984] J. F. Sowa. *Conceptual Structures : Information Processing in Mind Sowa,1984 and Machine*. Addison Wesley, London, 84 edition, 1984.
- [Sowa, 1992] Sowa J.F. (1992). *Conceptual Graphs Summary. Conceptual Structures: Current Research and Practice* (editors: Nagle, T.E., Nagle, J.A., Gerholz, L.L., and Eklund, P.W.), England, Ellis Horwood Workshops, 1992.
- [Stojanovic et al., 2001] Stojanovic L., Staab S., Studer R. (2001) "*eLearning based on the Semantic Web*", In WebNet2001, World Conference on the WWW and Internet, October 23-27, 2001, Orlando, Florida - USA.
- [Studer et al., 1998] Studer R., Benjamins V.R., Fensel D., (1998) *Knowledge Engineering: Principles and Methods*. Data and Knowledge engineering.

- [Süb et al., 2000] Süb u., C., Kammerl, R., and Freitag, B. *A Teachware Management Framework for Multiple Teaching Strategies*. In Bourdeau, J., Heller, R., editors, Proceedings of the 12th ED-MEDIA 2000 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, pages 1101-1106, Chesapeake, VA: AACE, 2000.
- [Ullrich, 2005] Ullrich, C. *The Learning-Resource-Type is Dead, Long Live the Learning-Resource-Type! Learning Objects and Learning Designs*, 1(1):7-15, 2005.
- [Ullrich, 2008] Carsten Ullrich. *Pedagogically Founded Courseware Generation for Web-Based Learning -- An HTN-Planning-Based Approach Implemented in PAIGOS*, September, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Number 5260, Springer, 2008.
- [Van Heijst et al., 1997] Van Heijst G., Schreiber A., et Wielinga B. (1997): *Using explicit ontologies in KBS development*. Int. J. of Human-Computer Studies, 46(2/3):183–292.
- [Vargas-Vera et al., 2002] Vargas-Vera M., Motta E., Domingue J., Lanzoni M., Stutt A. et Ciravegna F. (2002) : *MnM: Ontology Driven Semi-Automatic and Automatic Support for Semantic Markup*, In Proc. of the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management EKAW 2002, Springer Verlag LNAI 2473.
- [Verbert et al., 2004] Verbert, K., and Duval, E. *Towards a global architecture for learning objects: a comparative analysis of learning object content models*. In Cantoni, L. and McLoughlin, C., editors, Proceedings of the 16th ED-MEDIA 2004 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, pages 202-209, Chesapeake, VA: AACE, 2004.
- [Verbert, 2008] Verbert K., *An architecture and framework for flexible reuse of learning object components*. Thèse de doctorat 2008.
- [Veron, 1997] Veron M. (1997) *Modélisation de la composante annotative dans les documents électroniques*, Master de recherche, IRIT, Toulouse.
- [Vidal et al., 2002] Vidal P. et Alibert A. (2002) "*Vers un enseignement à distance normalisé*", SITEF 2002 Espace Forum Village de le Recherche, Toulouse, octobre 2002.
- [Wagner, 2002] Wagner, E. D. *Steps to Creating a Content Strategy for Your Organization*. The e-Learning Developers' Journal, 2002.
- [Wiley et al., 2002] Wiley, D. A. *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy*. The Instructional Use of Learning Objects. Bloomington, 2002.

**Annexe**

Présentation de l'ontologie LO\_DESCRIPTION en langage OWL :

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns="http://www.owl-ontologies.com/LO_Description.owl#"
  xml:base="http://www.owl-ontologies.com/LO_Description.owl">
  <owl:Ontology rdf:about=""/>
  <owl:Class rdf:ID="Theorem">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Law"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Remark">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Explanation"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Audio">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="DynamicAsset"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Example">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Illustration"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="StaticAsset">
    <owl:disjointWith>
      <owl:Class rdf:about="#DynamicAsset"/>
    </owl:disjointWith>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Asset"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="Introduction">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Explanation"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:ID="InstructionalUnit"/>
  <owl:Class rdf:about="#Illustration">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:ID="Auxiliary"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
  <owl:Class rdf:about="#Explanation">
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Class rdf:about="#Auxiliary"/>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
</rdf:RDF>
```

```
<owl:Class rdf:about="#DynamicAsset">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Asset"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#StaticAsset"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="RealWolrdProblem">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Interactivity"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Text">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#StaticAsset"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Proof">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Evidence"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Fact">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Fundamental"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Auxiliary">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="ContentElement"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Definition">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Fundamental"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="LawOfNature">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Law"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Evidence">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Auxiliary"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Image">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#StaticAsset"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Process">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Fundamental"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Invitation">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Interactivity"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Graphic">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#StaticAsset"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Exploration">
```

```
<rdfs:subClassOf>
  <owl:Class rdf:about="#Interactivity"/>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Animation">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#DynamicAsset"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Asset">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:allValuesFrom>
        <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
      </owl:allValuesFrom>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="isPartOf"/>
      </owl:onProperty>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#InstructionalUnit"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Interactivity">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Auxiliary"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Conclusion">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Explanation"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="LearningObject">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:DatatypeProperty rdf:ID="hasLearningObjective"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:cardinality rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int">
        >1</owl:cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#isPartOf"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#LearningObject"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasPart"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:allValuesFrom>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <owl:Class rdf:about="#LearningObject"/>
            <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </owl:allValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
```

```
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#InstructionalUnit"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#ContentElement">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:allValuesFrom>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <owl:Class rdf:about="#LearningObject"/>
            <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </owl:allValuesFrom>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#isPartOf"/>
      </owl:onProperty>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasPart"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:allValuesFrom>
        <owl:Class>
          <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
            <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
            <owl:Class rdf:about="#Asset"/>
          </owl:unionOf>
        </owl:Class>
      </owl:allValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#InstructionalUnit"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Exercise">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Interactivity"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Procedure">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:ID="Policy"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Demonstration">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Evidence"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Policy">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Process"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="CounterExample">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Illustration"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Law">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="#Fundamental"/>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Fundamental">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#ContentElement"/>
```

```
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Video">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#DynamicAsset"/>
</owl:Class>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#isPartOf">
  <rdfs:range>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#LearningObject"/>
        <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:range>
  <rdfs:domain rdf:resource="#InstructionalUnit"/>
  <owl:inverseOf>
    <owl:ObjectProperty rdf:about="#hasPart"/>
  </owl:inverseOf>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasPart">
  <owl:inverseOf rdf:resource="#isPartOf"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#LearningObject"/>
        <owl:Class rdf:about="#ContentElement"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:range rdf:resource="#InstructionalUnit"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="hasTitle">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Asset"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#hasLearningObjective">
  <rdfs:domain rdf:resource="#LearningObject"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="hasRef">
  <rdfs:domain rdf:resource="#Asset"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
</owl:DatatypeProperty>
</rdf:RDF>

<!-- Created with Protege (with OWL Plugin 3.2.1, Build 365)
http://protege.stanford.edu -->
```

## Glossaire

<b>Asset</b>	Représentations électroniques des media : texte, images, videos, etc.
<b>CBT (Computer Based Training)</b>	Terme anglosaxon désignant les apprentissages réalisés à l'aide d'un ordinateur. Le support de cours est généralement un CD-Rom. Le CBT a constitué l'une des premières étapes de l'apprentissage électronique (Enseignement Assisté par Ordinateur).
<b>E- (e-)</b>	Abrév. de "électronique" et maintenant de "en ligne". Préfixe indiquant qu'un dispositif électronique est utilisé avec le terme qui suit. Avec le développement de l'internet et des réseaux, l'aspect électronique correspond surtout à celui de "en ligne"
<b>e-formation</b>	La e-formation est à l'origine un sous-ensemble de la FOAD, qui s'appuie sur les réseaux électroniques. Aujourd'hui le concept d'e-learning est de plus en plus employé, attestant de l'évolution fondamentale de ce domaine de formation.
<b>e-learning</b>	terme anglophone pour e-formation. Utilisation des nouvelles technologies multimédias et de l'Internet, pour améliorer la qualité de l'apprentissage en facilitant l'accès à des ressources et des services, ainsi que les échanges et la collaboration à distance (commission européenne – 2000). Le e-learning » définit tout dispositif de formation qui utilise un réseau local, étendu ou l'internet pour diffuser, interagir ou communiquer, ce qui inclut l'enseignement à distance, en environnement distribué, l'accès à des sources par téléchargement ou en consultation sur le net. Il peut faire intervenir du synchrone ou de l'asynchrone, des systèmes tutorés, des systèmes à base d'autoformation, ou une combinaison des éléments évoqués. Le e-Learning résulte donc de l'association de contenus interactifs et multimédia, de supports de distribution (PC, internet, intranet, extranet), d'un ensemble d'outils logiciels qui permettent la gestion d'une formation en ligne et d'outils de création de formations interactives. L'accès aux ressources est ainsi considérablement élargi de même que les possibilités de collaboration et d'interactivité.
<b>Ingénierie pédagogique</b>	Gilbert Paquette nous en donne une bonne définition dans son ouvrage « L'ingénierie pédagogique », aux éditions PUQ, 2002 : « L'ingénierie pédagogique est l'ensemble des procédures et tâches permettant de définir le contenu d'une formation. Cela implique d'identifier les connaissances et compétences visées, de réaliser une scénarisation pédagogique des activités d'un cours, et de définir les infrastructures, les ressources et les services nécessaires à la diffusion des cours et au maintien de leur qualité ». En e-formation, il importe de placer l'apprenant au coeur des objectifs pédagogiques en se posant bien la question "quel est le but de cette activité pédagogique ? quelle habileté ou quelle compétence vise-t-on à développer chez l'apprenant ou encore quelle activité cognitive désire-t-on stimuler ?" plutôt que "que vais-je lui apprendre ?" qui dérive très vite vers le contenu à transmettre.
<b>LCMS</b>	Learning Content Management System Système de gestion de contenu d'apprentissage Un LCMS est un système (le plus souvent basé sur les technologies Web) qui permet de créer, valider, publier et gérer des contenus d'apprentissage.

Pour comprendre ce qu'est un LCMS, il est nécessaire de partir de la formule suivante :

LCMS = LMS + CMS

(rappel : le LMS, considéré dans bien des cas comme le cœur du dispositif e-formation, a pour but de simplifier la gestion et l'organisation de la formation.

Les CMS ou systèmes de gestion de contenu ont pour but de simplifier la création et la gestion du contenu en ligne. Ils permettent une meilleure fréquence des mises à jour des ressources déjà publiées et à moindre coût).

**Learning Object Content Model** Définit les différents niveaux des composants, leurs propriétés et comment sont agrégés.

**LMS** Learning management system  
plate-forme de (télé)formation  
Ce terme anglo-saxon désigne la plate-forme de e-formation. Système informatique conçu pour optimiser, sur un réseau Internet ou Intranet, la gestion de l'ensemble des activités de formation, depuis l'information sur l'offre, l'inscription des participants, la distribution des ressources, l'organisation de parcours individualisés, le suivi par le tuteur et du tutorat (gestion intégrée des interactions apprenants-formateur), l'animation de communautés d'apprentissage. Selon leur conception, elles favorisent l'entrée par les contenus ou les compétences, le travail collaboratif ou individuel, l'acquisition de compétences ou l'organisation de connaissances (les grains...).

**LO** Learning Object  
pour grain de contenu de formation  
Le LCMS s'appuie sur le modèle des Learning Objects (LO) ou objets d'apprentissage. Un Learning Object est composé d'objectif de formation, d'évaluations et de contenu. Des données appelées metadata y sont associées. Ce sont ces données qui permettront la personnalisation des contenus selon les différents profils d'apprenants.  
Le LCMS permet de créer des bibliothèques de LO, grains de contenu indépendants, qui peuvent être réutilisés et associés indifféremment les uns des autres. Une logique d'individualisation au niveau des LO sera appliquée lors de la publication, sur la base des metadata. Le LCMS pourra alors, pour un apprenant donné, gérer la distribution et le suivi de l'apprentissage à un niveau beaucoup plus fin : celui du Learning Objects.

**Norme** Ensemble de règles fonctionnelles ou de prescriptions techniques relatives à des produits, à des activités ou à leurs résultats, établies par consensus de spécialistes et consignées dans un document produit par un organisme, national ou international, reconnu dans le domaine de la normalisation. Par exemple, ISO, CEN, AFNOR [Grand dictionnaire terminologique : <http://www.granddictionnaire.com>].

**Plate-forme de formation** Une plate-forme pour la formation ouverte et à distance est un logiciel qui fournit aux trois principaux utilisateurs – formateur, apprenant, administrateur - un dispositif qui a pour premières finalités la mise à disposition, la consultation à distance de contenus pédagogiques, l'individualisation de l'apprentissage et le télé-tutorat.  
Autour de ces premières finalités, peuvent s'ajouter d'autres fonctionnalités et d'autres rôles : des fonctionnalités relatives aux référentiels de formation et à la

gestion de compétences, aux catalogues de produits de formation, au commerce électronique, à la gestion administrative, à la gestion des ressources pédagogiques, à la gestion de la qualité de la formation ; des rôles d'administration des matériaux pédagogiques, des rôles d'administration de la scolarité ou de la formation, etc. Dans le cadre de l'évolution des techniques, des infrastructures de réseau et des normes, une plate-forme pourra utiliser des médias et des modes de communication plus diversifiés et enrichir les procédures d'échange de données avec des ressources pédagogiques d'apprentissage ou d'autres systèmes d'information.

- spécification** Formulation détaillée de caractéristiques requises, présentée sous forme de document, devant servir de description définitive de la constitution ou du fonctionnement d'un système en vue de son développement ou de sa validation.
- Standard** Ensemble des règles et des prescriptions techniques établies pour une organisation et qui servent à fixer les caractéristiques permettant de définir un élément de matériel ou de construction utilisé pour un projet donné. Par exemple, le cas des recommandations du W3C, de l'IEEE, etc. [Grand dictionnaire terminologique : <http://www.granddictionnaire.com>].
- TIC** Acronyme de "Technologies de l'Information et de la Communication", qui désigne l'ensemble des technologies numériques (ordinateurs, réseaux, multimédia...)
- TICE** Acronyme de "Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Education" ou "pour l'Enseignement".  
Les TICE désignent les technologies numériques utilisées dans un contexte et à des fins de formation.

## Liste des abréviations

<b>ADL</b>	Advanced Distributed Learning
<b>AEHS</b>	Adaptive Educational Hypermedia Systems
<b>AICC</b>	The Aviation Industry CBT Committee
<b>ALOCOM</b>	Abstract Learning Object Content Model
<b>ARIADNE</b>	Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe
<b>CAT</b>	Computer-Aided Instruction
<b>CBT</b>	Computer-Based Training
<b>CEN/ISSS/LT</b>	Comité Européen de Normalisation/Information Society Standardization System/Learning Technologies
<b>CF</b>	Content Fragment
<b>CO</b>	Content Objects
<b>DC</b>	Dublin Core
<b>DCE</b>	Dublin Core Education
<b>DCMI</b>	Dublin Core Metadata Initiative
<b>dLCMS</b>	dynamic Learning Content Management System
<b>E-MEMORAE</b>	<b>MEM</b> oire <b>OR</b> ganisationnelle <b>A</b> ppiquée à l' <b>e</b> -learning
<b>EML</b>	Educational Modelling Language
<b>GC</b>	Graphe Conceptuel
<b>GCS</b>	Graphes Conceptuels Simples
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IEEE-LTSC</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers - Learning Technology Standards Committee
<b>IHM</b>	Interfaces Homme Machine

<b>IMAT</b>	Integrating Manuals And Training
<b>IMS</b>	Instructional Management Systems
<b>IMS-CP</b>	IMS Content Packaging
<b>IMS-LD</b>	IMS-Learning Design
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization / Organisation Internationale de Normalisation
<b>ISO/IEC JTC1</b>	International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission - Joint Technical Committee 1
<b>ISSS</b>	Information Society Standardization System
<b>ISSS-LTWS</b>	ISSS Learning Technologies Workshop
<b>IT</b>	Information Technologie
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LCMS</b>	Learning Content Management System
<b>LMML</b>	Learning Material Markup Language
<b>LMS</b>	Learning Management Systems
<b>LO</b>	Learning Object
<b>LOM</b>	Learning Object Metadata
<b>LOR</b>	Learning Object Repository
<b>O4E</b>	Ontologies for Education
<b>OUNL</b>	Open University of The NetherLands
<b>OWL</b>	Web Ontology Language
<b>OWL-S</b>	OWL Web Ontology Language for Services
<b>P2P</b>	Peer to Peer
<b>QBLS</b>	Question Based Learning System
<b>RDF</b>	Ressource Description Framework

<b>RDFS</b>	Ressource Description Framework Schema
<b>RIO</b>	Reusable Information Objects
<b>RLO</b>	Reusable Learning Object/
<b>SCO</b>	Sharable Content Objects
<b>SCORM</b>	Sharable Courseware Object Reference Model
<b>SWBE</b>	Semantic Web Based-Education
<b>TIC</b>	Technologies de l'Information et de la Communication
<b>UNSPSC</b>	The United Nations Standard Products and Services Code
<b>UoL</b>	Unit of Learning
<b>URI</b>	Uniform Resource Identifier
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator
<b>W3C</b>	World Wide Web Consortium
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>WBE</b>	Web-based education
<b>WWW</b>	World Wide Web
<b>XML</b>	eXtensible Markup Language
<b>XSL</b>	eXtensible StyleSheet Language

## ملخص

لقد أقتراح مفهوم مواضيع التعليم لتحسين إعادة استعمال الموارد التعليمية. ترتكز الفكرة على الفرضية التي تعتبر أن إمكانيات إعادة استعمال الأجزاء الصغيرة لمحتوى التعلم في إطار مضامين تعليمية مختلفة هي أكبر من إمكانيات الوحدات الكبيرة، مثلا كدرس بأكمله. في رسالتنا هذه، نهتم بإنشاء مواضيع التعليم انطلاقا من الأجزاء الموصوفة معنويا حسب أنواع محتواها البيداغوجي اعتمادا على نماذج محتوى مواضيع التعليم حيث تسمح بتصنيف مستويات التجزئة و التجميع.

لقد اقترحنا، انطولوجيا لوصف مواضيع التعليم و ذلك بالارتكاز على تصنيف أنواع و نماذج المحتوى البيداغوجي. هذه الانطولوجيا تسمح بجعل مواضيع التعليم و أجزائها كمراجع.

الكلمات المفتاحية : أنواع المحتوى البيداغوجي، نماذج المحتوى، مواضيع التعليم، أجزاء المحتوى، عناصر المحتوى، انطولوجيا، وصف معنوي.

## Résumé

Le concept d'objet d'apprentissage a été proposé pour améliorer la réutilisation des ressources d'apprentissage. L'idée est basée sur l'hypothèse que les petits fragments du contenu d'apprentissage ont plus de potentiel pour être réutilisés dans différents contextes éducatifs que de grandes unités, comme l'ensemble du cours. Dans notre travail, nous nous intéressons à la création des objets d'apprentissage à partir de fragments annotés sémantiquement suivant leurs types de contenu pédagogique en se basant sur les modèles de contenu permettant de définir les niveaux de granularité et d'agrégation.

Une ontologie de description des objets d'apprentissage a été proposée. Elle est basée sur la classification des types de contenu pédagogique et les modèles de contenu. Elle permettra de référencer les objets d'apprentissage ainsi que leurs composants (fragments et éléments de contenu).

Mots clés : type de contenu pédagogique, modèle de contenu, objet d'apprentissage, fragment de contenu, élément de contenu, ontologie, annotation sémantique.

## Abstract

The concept of learning object has been proposed to improve the re-use of learning resources. The idea is based on the assumption that small fragments of learning content have more potential to be re-used in different learning contexts than large units, as the entire course. In our work, we focus on the creation of learning objects from fragments annotated semantically according to their learning content types, based on the content models to define levels of granularity and aggregation.

An ontology for describing learning objects has been proposed. It is based on the classification of learning content types and content models. It will allow to reference learning objects and their components (assets and content elements).

Keywords: learning content types, content model, learning object, asset, content element, ontology, semantic annotation.