

# Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques pour faciliter leur ré-utilisation

Nathalie Hernandez\*, Josiane Mothe\*\*\*,  
Andriantiana Bertin Olivier Ramamonjisoa\*\*\*, Bachelin Ralalason\*, Patricia Stolf\*\*\*

\* Institut de Recherche en Informatique de Toulouse,  
118 Route de Narbonne, 31064 Toulouse Cedex 04, France

\*\* ERT34, IUFM, 79 av. de l'URSS, 31079, Toulouse, France

\*\*\* Université de Fianarantsoa, Ecole Nationale d'informatique, BP 1487  
Tanambao – Fianarantsoa 301, Madagascar

[hernandez/mothe/bachelin/stolf]@irit.fr  
bertin@mail.univ-fianar.mg

**Résumé :** Nous proposons dans cet article un modèle de représentation des *objets pédagogiques* visant à faciliter leur re-utilisabilité. La représentation des objets inclut les méta-données, l'usage des objets à travers les scénarii dans lesquels ils sont utilisés et leur composition ; nous respectons en cela les normes actuelles d'apprentissage en ligne. Nous enrichissons ces représentations par la prise en compte de la sémantique des contenus des objets pédagogiques. Un autre apport de nos propositions concerne le fait que cette représentation multi-facettes repose sur des ontologies qui permettent une meilleure représentation sémantique et facilitent la communication entre la machine et les utilisateurs.

## 1 Introduction

L'apprentissage en ligne est une méthode d'apprentissage reposant sur la mise à disposition de contenus pédagogiques à travers des scénarii pédagogiques dans un environnement numérique. Outre l'élaboration des contenus, la création de telles ressources pose de nombreuses difficultés à ses concepteurs. L'utilisation de ces ressources dans des scénarii pédagogiques implique non seulement que la ressource soit découpée en objets pédagogiques cohérents mais également les activités associées aux objectifs pédagogiques soient définies. Les ressources existantes sont difficilement réutilisables car elles n'ont pas été conçues dans cet objectif ; elles correspondent souvent à de simples présentations en ligne de documents qui n'ont pas été créées spécifiquement pour leur exploitation dans des environnements d'apprentissage. (Psyché et al., 2005) constate l'insuffisance ou l'absence de

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

l'application d'une approche pédagogique, que ce soit au niveau de la présentation des ressources pédagogiques ou du séquençement des activités d'apprentissage dans les outils actuels. D'autre part, pour être ré-utilisable, une ressource doit être indexée de façon à en connaître à la fois le contenu, les objectifs pédagogiques visés, les conditions de ré-utilisabilité, etc...

Les normes actuelles d'e-learning offrent une solution partielle pour la ré-utilisabilité. En particulier, SCORM (SCORM, 2004) et LOM (LOM, 2002) aident à l'homogénéisation des représentations des ressources pédagogiques et facilitent l'interopérabilité. LOM propose différentes méta-données nécessaires pour la description des ressources pédagogiques mais cette description n'est pas suffisante, il y manque la représentation sémantique des contenus. SCORM de son côté, permet la structuration des contenus des ressources pédagogiques et leurs relations avec l'environnement d'utilisation. Enfin, IMS-LD (IMSLD, 2003) considère la pédagogie d'apprentissage et de son déroulement en intégrant la notion de scénario pédagogique. Cependant, les représentations obtenues via ces normes ne sont pas suffisantes pour permettre et assurer la ré-utilisabilité de ressources ou de parties de ressources car elles ne prennent pas en compte ni le contenu sémantique des méta-données qu'elles introduisent ni les relations qui existent entre chaque objet pédagogique.

Afin de contribuer à la résolution de ces problématiques, nous proposons dans cet article un modèle de représentation des « objets pédagogiques » qui repose sur une représentation de la connaissance sous forme d'ontologies. Nous portons notre attention sur l'aspect ré-utilisabilité de ces documents, en particulier concernant leur découpage et leur indexation sémantique. Nous nous intéressons également à l'aspect pédagogie qui permet d'apprendre les connaissances véhiculées dans les documents. Nous nous appuyons pour cela sur les normes actuelles de l'apprentissage en ligne. Notre apport concerne en particulier l'enrichissement de ces normes par la représentation de connaissances complémentaires sous forme d'ontologies. Ainsi, nous représentons différentes formes de connaissances qui nous permettent de faciliter la communication entre la machine et l'utilisateur. Plus spécifiquement, les domaines des formations en ligne visées sont représentés sous forme d'ontologies qui sont utilisées pour indexer sémantiquement les objets pédagogiques. De la même façon, les théories d'apprentissage sont représentées sous forme d'ontologies, offrant ainsi des possibilités de mise en place des mécanismes de raisonnement qui facilitent le travail de conception des scénarii pédagogiques à partir des granules d'information. Enfin, les méta-données associées aux documents permettent une représentation générique de ceux-ci, en accord avec les normes actuelles du domaine.

Cet article est structuré de la façon suivante : dans la section 2 nous rappelons brièvement les principes qui régissent les systèmes d'apprentissage en ligne, l'objectif des différentes normes associées aux documents qui les composent ainsi qu'une revue des travaux de la littérature qui s'appuient sur les ontologies dans les systèmes d'apprentissage. Les sections suivantes (sections 3 et 4) concernent nos propositions. Dans la section 3 nous présentons les différents aspects de la représentation des documents pédagogiques et le modèle sous-jacent. Le modèle permet une représentation sémantique des contenus et des usages grâce à des ontologies, tout en respectant les normes de l'apprentissage en ligne. Nous utilisons le langage UML pour modéliser les ontologies (Cranefield et Purvis, 1999). Nous présentons dans la section 4 l'utilisation des objets pédagogiques par un prototype de système d'apprentissage. Enfin, nous concluons notre étude en indiquant les perspectives à ce travail.

## 2 TRAVAUX DE LA LITTERATURE

### 2.1 Systèmes d'apprentissage en ligne : objets pédagogiques et normes

L'apprentissage en ligne est une activité pédagogique qui vise à acquérir ou à approfondir des connaissances tout en repoussant les contraintes de temps et d'espace entre l'apprenant et l'enseignant, par l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (E-TUD) (Boutmedjet, 2004).

Un système d'apprentissage en ligne doit permettre:

*pour les enseignants :*

- l'accès aux ressources pédagogiques pertinentes grâce à une bonne indexation des ressources (Gasevic et Hatala, 2005), (Psyche et al., 2005), (Lenne et al., 2005), (Abel et al., 2003) ;
- la réutilisabilité des objets et des scénarii pédagogiques (Knight et al., 2005),
- la conception et la mise à jour des ressources pédagogiques par les enseignants (Lenne et al., 2005), (Abel et al., 2003) ;

*pour les apprenants :*

- une interaction et navigation au sein des ressources pédagogiques suivant une pédagogie d'apprentissage adéquate mise en place (Psyche et al., 2005) ;
- le suivi individualisé des apprenants (IMSLD, 2003).

Dans la suite de l'article nous préférerons le terme « objet pédagogique » au terme ressource pédagogique. Le groupe de travail IEEE-LTSC (Learning Technology Standards Committee) propose en particulier la définition suivante : « Un objet pédagogique est défini comme toute entité numérique ou non qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée pendant des activités d'apprentissage assistées par ordinateur (enseignement intelligent assisté par ordinateur, environnements d'enseignement interactifs, systèmes d'enseignement à distance, environnements d'apprentissage collaboratif) ». Un objet pédagogique fait donc référence à différents niveaux de granularités (un cours, un exercice, une image, une définition, ...) et doit forcément pouvoir être intégré dans des activités d'apprentissage.

Différentes normes ont été définies pour aider l'élaboration de systèmes d'apprentissage, des objets pédagogiques associés, leur représentation et leur inter-relation. L'application de ces normes, qui sont considérées comme des langages communs de description des ressources éducatives numérisées (Vidal et al., 2004), garantit non seulement l'interopérabilité mais également la qualité du système. Parmi les normes de la formation en ligne, on peut citer LOM, SCORM et IMS-LD. LOM s'intéresse à la description des ressources pédagogiques, SCORM à la structure du contenu des objets, et IMS-LD au scénario d'apprentissage.

#### 2.1.1 LOM

Le standard LOM spécifie la syntaxe et la sémantique des méta-données décrivant des ressources pédagogiques numériques ou non et définit les attributs nécessaires à une description complète des ressources pédagogiques à partir des 78 attributs divisés en neuf catégories :

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

1. Généralité : caractéristiques indépendantes du contexte comme l'identifiant, le titre, la langue de la ressource...
2. Cycle de vie : caractéristiques relatives au cycle de vie, comme la version ou l'état (brouillon, final, révisé, non disponible) ;
3. Méta-métadonnées : caractéristiques de la description elle-même comme : la contribution (personnes ayant participé à l'élaboration), catalogue, ...
4. Technique : caractéristiques techniques comme le format (du logiciel nécessaire pour accéder à la ressource), taille...
5. Pédagogie : caractéristiques pédagogiques : type d'interactivité, type de ressource; niveau d'interactivité, densité sémantique, rôle présumé de l'utilisateur final, contexte, tranche d'âge, difficulté, temps d'apprentissage moyen, description, langage ;
6. Droits : coûts, copyrights, description...
7. Relation : caractéristiques exprimant les liens avec d'autres ressources ;
8. Annotation : commentaires sur l'utilisation pédagogique de la ressource
9. Classification : caractéristiques de la ressource décrites par des entrées dans des systèmes de classification : but, classification de références, chemin...

LOM est très complet et permet d'identifier tout type de contenu, et plus spécifiquement les contenus éducatifs, avec un format commun décrivant le type de contenu, son auteur, la meilleure manière de l'utiliser, etc. Les profils d'applications ont été introduits afin de répondre aux besoins spécifiques et concrets des utilisateurs. Un profil d'application est une instance d'un modèle comme LOM dans un contexte particulier. De fait, cela signifie interpréter, raffiner, étendre ou parfois même simplifier les syntaxes et les sémantiques des méta-données LOM.

### 2.1.2 SCORM

SCORM (Sharable Content Object Reference Model) (SCORM, 2004) de Advanced Distributed Learning (ADL) est une référence pour le partage de contenus et d'objets. SCORM permet l'assemblage des contenus web et un environnement d'apprentissage pour les objets pédagogiques. Il a pour vocation la mise en place de la bonne structuration du contenu du cours et de ses interactions avec son environnement.

SCORM traite les éléments suivants :

- Packaging : il a pour objectif la transmission d'un contenu d'une plate-forme vers une autre, l'importation ou l'exportation de contenus d'objets pédagogiques pour les mettre à disposition d'autres. Il s'intéresse également à la structuration des objets pédagogiques ;
- Méta-données : elles sont issues de LOM et ont pour objectif de partager les informations standards qui décrivent la nature et l'objectif du contenu.
- Communication ou environnement d'exécution : détermine la communication avec un environnement web. La notion d'environnement est également présente dans IMS-LD ;
- Séquencement et navigation : définit une méthode de représentation de la navigation entre objets d'apprentissages. Spécifiquement, il décrit les branchements et le flux d'activités d'apprentissages en termes d'arbre d'activité ;
- Agrégation de contenu : elle distingue trois niveaux de ressources :

- La *ressource numérique élémentaire* (asset) constitue la brique élémentaire : Il peut s'agir d'un document simple (image JPEG ou GIF, son WAV ou MP3, page Web) mais également de tout ensemble d'informations pouvant être délivré vers un client Web (document Flash, code JavaScript, applet Java, etc.),
- Un *objet de contenu partageable* (SCO) est un ensemble cohérent de ressources numériques élémentaires. Il peut être contrôlé depuis une plate-forme d'apprentissage en ligne (LMS). Respectant le protocole d'exécution SCORM, il représente le plus bas niveau de granularité pouvant faire l'objet d'un suivi,
- Un *agrégat de contenu* (Content Aggregation) est un ensemble de ressources pédagogiques structurées de façon cohérente au sein d'une entité de plus haut niveau, telle qu'un cours, un chapitre, un module, etc.

La structuration du contenu des modules d'enseignement suivant la norme SCORM permet de les réutiliser dans d'autres modules pour différentes formations ou systèmes. De plus, elle améliore le dialogue entre les objets pédagogiques et le système d'une part, et entre les acteurs et le système d'autre part. Dans notre modèle, nous utilisons SCORM pour représenter les structures des modules d'enseignement d'une formation et ainsi garantir leur interopérabilité.

### 2.1.3 IMS-LD

Un Learning Design ou scénario pédagogique est défini comme une description d'une méthode permettant à un apprenant d'atteindre certains objectifs d'apprentissage par la réalisation de certaines activités pédagogiques ordonnées, dans un environnement d'apprentissage.

En complément de SCORM, qui s'intéresse surtout aux pédagogies de transfert, IMS-LD (IMSLD, 2003) ou Instructional Management System Learning Design est une norme qui vise à apporter des éléments de pédagogie dans un système d'apprentissage en ligne. Il s'agit d'un langage de modélisation des processus d'apprentissage basé sur les travaux de Koper (Koper, 2001). Il a été conçu pour la définition de scénarii d'apprentissages et d'interaction pour les créateurs de contenu ou de cours. Il aide les concepteurs à modéliser : qui fait quoi, quand et avec quelles ressources et quels services pour réaliser des objectifs d'apprentissages. Il définit la structure d'une unité d'apprentissages comme « pièce » : un ensemble « d'actes » composés de « partitions » associant des « activités » à des « rôles » (enseignant, apprenant,...).

Pour faciliter la production de la spécification ainsi que son implémentation, LD a été divisé en trois parties :

- Niveau A : contient l'ensemble des structures de base incluant : Activités, Environnements, Pièces, Actes, Rôles, Services ;
- Niveau B : ajoute des Propriétés et Conditions au niveau A. Ceci permet la personnalisation, le séquençement et l'interaction plus élaborés en se basant sur le profil de chaque apprenant ;
- Niveau C : ajoute les notifications au niveau B. Une notification est déclenchée par la réalisation d'un Résultat, et rend une activité exécutable et disponible pour un Rôle.

Chaque niveau est représenté dans des fichiers XML séparés. Le niveau B et C intègrent et étendent le niveau précédent.

Dans notre modèle, nous nous appuyons sur IMS-LD pour définir le déroulement des interactions Homme-Machine pendant la phase d'exécution et d'utilisation des objets pédagogiques. Les normes définies dans le contexte de l'apprentissage en ligne permettent de s'assurer d'une certaine interopérabilité et utilisabilité au travers de scénarii.

## **2.2 Systèmes d'apprentissage à base d'ontologies**

L'utilisation des méta-données telle qu'elle est préconisée par les normes ne suffit pas à résoudre les problèmes de ré-utilisabilité et accessibilité. En effet, ces problèmes ne seront résolus que si le système et les acteurs partagent le même sens accordé aux valeurs des méta-données. D'autre part, les liens et relations comme la composition, l'ordre d'apprentissage, et les dépendances de pré-requis entre objets pédagogiques doivent être mentionnés pour permettre non seulement de réaliser des traitements ou tâches automatiques sur ces objets mais aussi faciliter leur réutilisation. L'utilisation des ontologies dans le modèle sous-jacent à un système d'apprentissage en ligne sont une solution intéressante. En effet, une ontologie regroupe les concepts qui représentent l'ensemble des connaissances d'un domaine en une spécification explicite et formelle (Studer et al., 1998). Elle montre les relations ainsi que les règles d'associations qui existent entre ces concepts. Elle permet ainsi, d'une part à l'ordinateur la production de nouvelles connaissances par le biais d'inférences, et d'autre part à l'homme et à l'ordinateur d'accorder des sens communs aux termes utilisés dans un domaine d'activité afin de lever toute ambiguïté pendant les traitements. Ainsi, une ontologie peut fournir le vocabulaire et sa sémantique, pour exploiter le contenu des méta-données associées aux ressources annotées. Différents travaux de la littérature ont étudié l'utilisation des ontologies.

Memorae (pour MEMoire Organisationnelle Appliquée à l'apprentissage en ligne) (Lenne et al., 2005) (Abel et al., 2003) est un outil d'apprentissage en ligne et d'indexation de ressources. Cet outil met à disposition des ressources pédagogiques aux apprenants, soit au sein d'une banque de ressources locales, soit dans un emplacement distant sur le Web, référencé par son URI. Memorae a pour objectif de faciliter l'autorégulation de l'apprentissage en explicitant les connaissances à appréhender ainsi que les relations qui existent entre elles et en leur associant des ressources appropriées. Par rapport à Memorae qui présente des cours structurés suivant les relations d'inclusion, d'utilisation, de référence et de pré requis entre les notions à appréhender, (Gasevic et Hatala, 2005) propose en plus un outil permettant aux utilisateurs de formuler des requêtes libres afin de retrouver des ressources pédagogiques particulières. Ce mécanisme permet aussi aux utilisateurs de rechercher de l'information dans une banque de ressource distante. Par ailleurs, il respecte la norme LOM quant à l'annotation et l'indexation des ressources pédagogiques. Ces deux études représentent la connaissance du système à l'aide d'ontologies. Une ontologie de domaine de la formation décrivant les concepts tels que les personnes (étudiants, tuteurs, secrétaires,...), les documents (livres, supports de présentation, pages web...), appelé ontologie du domaine de la formation pour (Lenne et al., 2005) et ontologie cible pour (Gasevic et Hatala, 2005), et une autre ontologie pour les notions à appréhender (ontologie d'application pour (Lenne et al., 2005) et ontologie source pour (Gasevic et Hatala, 2005)). (Hernandez, 2005) met l'accent sur la séparation des aspects de tâche et de thème tout en les mettant en relation. Chaque aspect est modélisé par une ontologie de domaine. Tandis que l'ontologie de thème spécifie les notions qui doivent être assimilées par des étudiants pour une formation donnée, l'ontologie de tâche a pour but de préciser les contextes de

l'apprentissage en spécifiant les ressources disponibles (ouvrage, logiciel,...), les modules qui composent ces ressources, leur type (cours, exercices, évaluation) ainsi que l'ordre dans lequel ils doivent être étudiés. Cette formalisation permet d'établir les connaissances associées à ces deux aspects à travers des relations sémantiquement riches. Le système d'apprentissage présente cette formalisation à l'utilisateur par un mécanisme d'exploration du corpus pédagogique reposant sur les deux ontologies. L'utilisateur appréhende ainsi le contexte associé aux objets pédagogiques. (Renaud et al, 2006) reporte une expérimentation dans laquelle les connaissances à acquérir par des élèves de 5<sup>ème</sup> dans le domaine des Sciences de la Vie et de la Terre est représenté par une ontologie de thème. Ils montrent que l'utilisation de l'hypermédia ontologique assure des performances supérieures à celle d'un hypermédia hiérarchique en termes de recherche et de compréhension.

(Gasevic et Hatala, 2005) considère différentes ontologies pour la recherche de ressources pédagogiques dans une banque de ressource distante. L'ontologie source prend en compte le contexte du cours présenté alors que l'ontologie cible décrit la banque de ressource. Une ontologie de correspondance sert à décrire la correspondance ou la similarité entre les concepts de l'ontologie source et ceux de l'ontologie cible. Toutefois, l'inconvénient de ce système est que son efficacité dépend fortement de l'ontologie de mise en correspondance car une connaissance préalable de la structure de l'ontologie cible est nécessaire. Ce système n'est pas facilement réutilisable puisque l'ontologie de correspondance doit être mise à jour à chaque modification de l'ontologie cible ou de l'ontologie source. (Lenne et al., 2005) comme (Gasevic et Hatala, 2005) orientent leurs études autour de l'apprenant alors que (Knight et al., 2005) et (Psyché et al., 2005) considèrent aussi une assistance à l'auteur de la ressource pédagogique. La prise en compte de l'apprenant et de l'enseignant paraît essentielle pour une utilisation optimale par ces deux types d'acteurs.

(Gasevic et Hatala, 2005), (Psyché et al., 2005) et (Knight et al., 2005) intègrent, contrairement à (Lenne et al., 2005), la notion de scénario pédagogique grâce à une ontologie basée sur la norme IMS-LD. Seul (Psyché et al., 2005) prend en compte les théories éducatives afin de pallier au manque de relation entre le scénario d'apprentissage (Learning Design ou LD) et les théories des pédagogies d'apprentissage. Les différents types de théories de l'éducation sont représentés grâce à une troisième ontologie « ontologie de théorie éducationnelle ».

Comme dans (Lenne et al., 2005) et (Hernandez, 2005), (Bouzeghoub et al., 2005) utilise une « ontologie de domaine » qui représente l'ensemble des concepts décrivant les connaissances du domaine à appréhender en vue de l'indexation sémantique des ressources. Cependant (Bouzeghoub et al., 2005) se distingue par l'utilisation de deux types de méta-données : l'un pour la description des caractères éducatifs et l'autre pour le caractère sémantique des ressources (pré requis, contenu, fonction pédagogique). De plus, afin de mieux décrire les ressources pédagogiques aussi bien que les apprenants, il utilise trois modèles dont : le modèle de domaine qui sert de référentiel pour indexer sémantiquement, tant les apprenants que les ressources ; le modèle de l'apprenant qui est utilisé dans le processus d'adaptation (filtrage) de ressource et enfin le modèle de description de ressources, qui permet de retrouver les ressources en vue de les réutiliser.

Dans toutes ces études (Gasevic et Hatala, 2005), (Psyché et al., 2005), (Lenne et al., 2005), le contexte d'utilisation des objets pédagogiques n'est pas pris en compte. Afin d'augmenter la ré-utilisabilité des scénarii et des objets pédagogiques, (Knight et al., 2005) introduit une « ontologie de contexte ». Il associe aux objets pédagogiques (appelés LO pour

Learning Object) un à plusieurs objets de contexte (appelés LOC pour Learning Object Context). Une séquence d'activités de l'apprenant est ainsi composée d'activités. Une activité étant associée à des LO et des LOC.

De notre côté, afin d'obtenir toutes les qualités demandées à un outil d'apprentissage en ligne comme la ré-utilisabilité, l'accessibilité, l'interopérabilité et la durabilité (SCORM, 2004) (Fage, 2005), nous prenons en compte les théories de l'éducation ainsi que les contextes d'apprentissage et d'utilisations des ressources pédagogiques. Nous basons notre approche sur des ontologies, tout en respectant les normes en apprentissage en ligne en vigueur. Notre approche se veut d'une part plus complète dans la mesure où elle couvre tout le cycle de vie d'un outil d'apprentissage (réutilisation/conception de ressources par les enseignants, recherche d'information et utilisation par les apprenants) et d'autre part applicable à n'importe quel domaine de formation. Dans cet article, nous nous focalisons sur les aspects correspondants à la représentation des objets pédagogiques et leurs usages.

### **3 Modèle de représentation sémantique et d'utilisation des objets pédagogiques**

#### **3.1 Représentation multi facettes des objets pédagogiques et usages**

Afin d'une part de disposer d'un système d'apprentissage qui utilise des approches pédagogiques adéquates pour mieux apprendre les notions et connaissances relatives à un domaine d'études particulier, et d'autre part de permettre la ré-utilisabilité des objets pédagogiques et des scénarii pédagogiques (Learning Design ou LD), nous proposons de modéliser les différents aspects permettant de décrire les objets pédagogiques. Nous distinguons la description propre à l'objet pédagogique et celle liée à ses usages.

Les objets pédagogiques sont soit des agrégats de contenu et SCO<sup>1</sup> soit des composants élémentaires (Assets). Ils abordent des notions d'un domaine donné et sont inclus dans des scénarii pédagogiques. Pour représenter un objet pédagogique nous considérons différentes connaissances (cf. FIG. 1) :

- Connaissance sur la ressource elle-même (norme LOM) et sur la structuration de l'objet (norme SCORM) ;
- Connaissance sur le thème abordé par l'objet ;
- Connaissance sur l'ensemble des théories éducatives existantes ;
- Connaissance sur le scénario pédagogique (norme IMS-LD).

Afin de représenter ces connaissances, nous proposons d'utiliser des ontologies. L'intérêt d'utiliser des ontologies dans ce contexte réside d'abord dans une représentation non ambiguë de la connaissance (en particulier levée des ambiguïtés terminologiques). Ensuite, en associant les concepts des ontologies aux objets pédagogiques ou aux usages de ces objets (scénarii d'apprentissage), il est possible d'induire un raisonnement grâce aux axiomes associés à celles-ci.

---

<sup>1</sup> Cf section 2.1.3



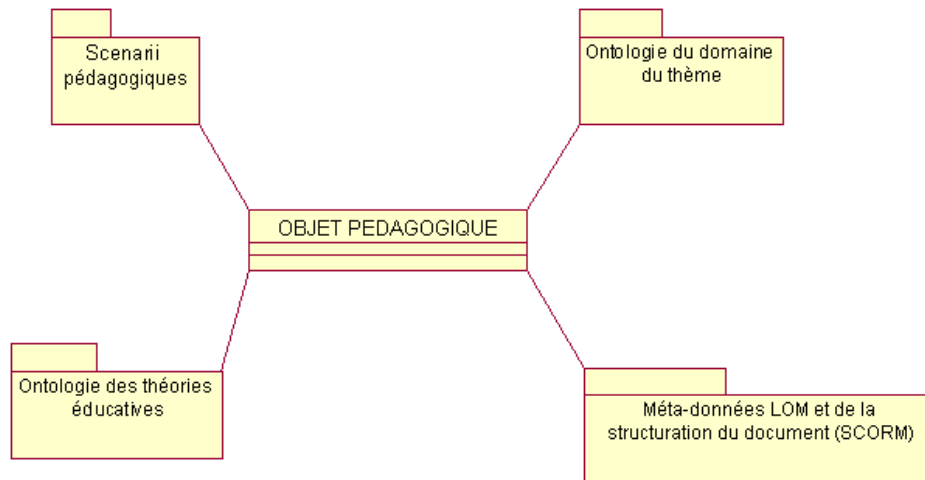


FIG. 1 : Connaissances utiles pour représenter un objet pédagogique et son usage.

Ce schéma représente le modèle utilisé pour représenter les connaissances relatives aux différents aspects d'un document et de ses usages. Ces aspects sont décrits dans les sections suivantes.

### 3.1.1 Description SCORM et LOM

La facette « Méta-données LOM et de la structuration SCORM » permet d'un côté de décrire et d'indexer tout objet pédagogique à l'aide des méta-données de LOM et de l'autre côté de structurer chaque objet pédagogique suivant la norme SCORM, comme défini dans la section 2.1.2.

Un objet pédagogique est une unité sémantique de ressource d'apprentissage. Il peut être un exercice, un sujet d'examen, une définition, des exemples, ou bien une leçon, etc... Chaque objet pédagogique peut rassembler des composants élémentaires (comme une image) nommés Composant (appelé « asset » dans la norme SCORM) qui peuvent être de format numérique (.DOC, .PDF, .JPG etc) ou physique différents. Un objet pédagogique peut par ailleurs être composé d'autres objets pédagogiques.

La description des méta-données associées à un objet pédagogique correspond à celle qui est prévue par LOM. Comme dans (Duval et al. 2002), nous proposons l'utilisation d'un *Profil d'application*. Dans notre proposition, une description LOM est rattachée à chaque objet pédagogique (qu'il soit élémentaire ou composé). Les méta-données utiles pour l'application donnée peuvent donc ensuite être filtrées via le profil d'application, en fonction de celle-ci. Une modélisation de cette description est montrée dans la figure 2.

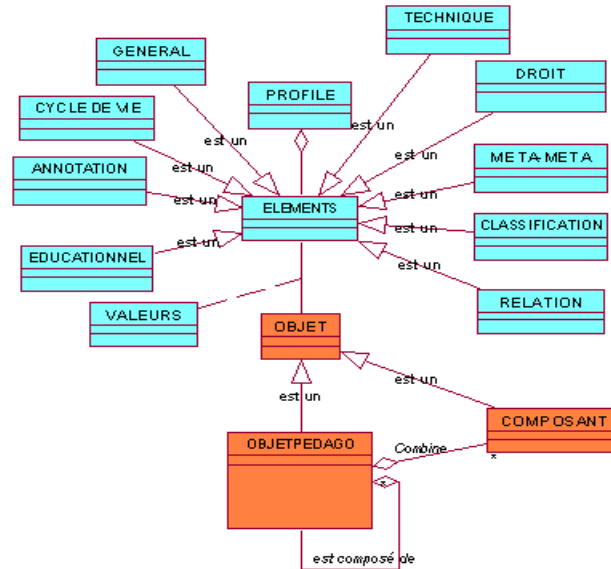


FIG. 2 : Description SCORM et LOM.

De la même façon, lorsqu'un objet est utilisé dans une formation donnée, certaines valeurs des méta-données associées à la formation elle-même sont automatiquement renseignées pour les objets pédagogiques associés. De notre point de vue, ces informations ne correspondent pas à une connaissance nécessitant leur modélisation à travers une ontologie. Aussi, ces informations sont-elles simplement rattachées en tant qu'attributs à la formation d'une part, aux objets pédagogiques d'autre part.

LOM est de mise pour l'annotation et l'indexation des ressources pédagogiques. Les méta-données associées permettent de renseigner, d'une manière bien classifiée, les différentes informations nécessaires sur chaque objet d'apprentissage, de façon à ce que les recherches ultérieures soient rendues plus efficaces.

Cependant, comme nous l'indiquons plus haut, la représentation sémantique des contenus proposée dans la norme n'est pas suffisante pour permettre leur réutilisation complète ou partielle dans d'autres applications ou d'autres systèmes. Nous la complétons par une représentation thématique des contenus.

### 3.1.2 Description thématique

La facette « ontologie du domaine du thème » permet de représenter les objets pédagogiques par rapport aux thématiques ou notions qu'ils abordent. Dans le but de pouvoir réutiliser des objets abordant une notion traitée dans le cadre de plusieurs formations ou de plusieurs modules, les objets pédagogiques sont indexés à partir des concepts d'une ontologie de domaine du thème décrivant les thématiques abordées dans le domaine considéré. Cette ontologie décrit l'ensemble des notions en lien avec le domaine et les

représentent à partir de leur lien sémantique. Par exemple, dans le domaine de l'informatique et plus précisément des bases de données, la notion (concept) de « base de données relationnelles » se « conceptualise » à partir d'un « modèle Entité-Association ».

L'apprentissage d'une notion donnée pouvant demander un certain nombre de pré-requis, les notions correspondant à des pré-requis d'une autre notion sont également représentées dans l'ontologie (par exemple la notion d'« attribut » doit être assimilée pour appréhender la notion de « dépendance fonctionnelle »). La figure 3 présente la description d'une ontologie de thème.

La représentation sémantique du contenu des objets pédagogiques à l'aide des méta-données qui prennent leurs valeurs à partir des concepts d'une ontologie du thème présente différents avantages d'utilisation aussi bien pour l'enseignant que pour les apprenants. Ainsi, pour un module donné (par exemple un module de bases de données), les notions à assimiler sont précisées dans l'ontologie de ce thème et les objets pédagogiques relatifs à ce domaine sont indexés à l'aide des concepts de cette ontologie. Lorsqu'un enseignant souhaite concevoir une leçon, il peut ainsi avoir accès à l'ensemble des objets pédagogiques qui ont été indexés à partir des notions spécifiées pour le module. Il peut alors réutiliser les objets ou décider d'en concevoir de nouveaux s'ils ne lui conviennent pas. Du point de vue de l'apprenant, l'accès aux différentes notions en lien avec la formation et le module suivis lui permet de situer ses connaissances (acquises ou à acquérir) dans le contexte d'apprentissage.

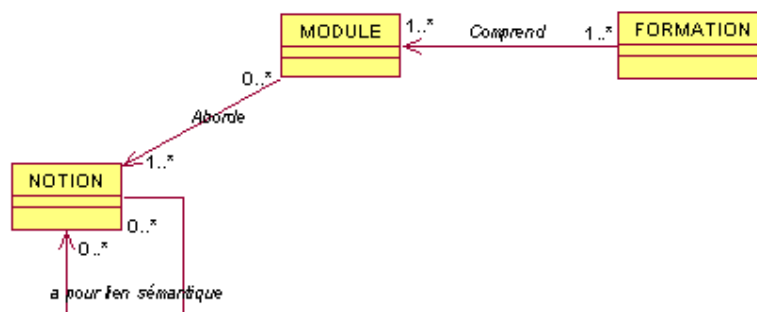


FIG. 3 : Description thématique.

### 3.1.3 Description des théories pédagogiques

La facette « ontologie des théories éducatives » permet de prendre en compte les différents types d'approches pédagogiques qui existent :

- Empiriste : pour l'empiriste, comprendre une réalité donnée, c'est avant tout savoir de quoi elle est faite, quels sont les faits qui la constituent ;
- Rationaliste : pour le rationaliste, comprendre une réalité donnée, c'est saisir la loi d'organisation de cette réalité, sa structure, abstraction faite du contenu particulier des faits ;
- Interactionniste : l'apprentissage est fondamentalement abordé comme le processus par lequel le savoir circule, se construit et se transforme au sein d'une communauté,

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

d'un groupe social. Dans cette perspective, apprendre, pour l'individu, c'est participer à ce processus collectif de co-construction du savoir.

Selon les théories d'apprentissages suivies, chaque pédagogie appartient à un *Type* d'approche pédagogique (Empiriste, Rationaliste, Interactionniste) (Lebrun, 2002) et est normalement constituée de plusieurs *étapes* distinctes à suivre. Une pédagogie choisie pourra donner lieu à plusieurs scénarii pédagogiques (*Méthodes*).

Une Etape désigne le découpage théorique d'une approche pédagogique donnée et dépend donc de celle-ci, comme illustrée dans la figure 4. Une étape peut être une phase d'information, de motivation, d'interaction, de production ou d'analyse, etc... Par exemple, si l'on reprend la taxonomie de BLOOM (Bloom, 1975), les étapes de notre modèle correspondent aux 6 catégories : Connaissance (faisant appel aux fonctions de mémorisation et de restitution d'informations en utilisant les mêmes termes), Compréhension (faisant appel à la capacité de restituer le sens des informations en utilisant d'autres termes), Application (utilisation de règles ou procédures pour résoudre un problème, sans que ces éléments procéduraux ne soient fournis dans l'énoncé), Analyse (identification des composants pour en distinguer les idées), Synthèse (agrégation ou combinaison des parties pour former un tout) et Evaluation.

Une étape est associée à plusieurs *actes* dans le scénario pédagogique. En ce qui concerne l'ontologie des théories pédagogiques, le concept *Pédagogie* décrit l'ensemble des théories d'apprentissages qui peuvent être utilisées pour bien mener des formations.

La représentation des théories pédagogiques qui décrit l'ensemble des différentes approches pédagogiques existantes est inspirée d'EML-OUNL (Koper, 2001). Les connaissances associées sont représentées sous forme d'une ontologie. Cette représentation se justifie par le fait que nous souhaitons pouvoir associer des aspects raisonnements. Plus spécifiquement, l'aide à la construction d'un scénario à partir d'objets pédagogiques sera guidée par la connaissance préalable de la théorie d'apprentissage sous jacente. Bien que les objets pédagogiques ne soient pas directement représentés à partir de cette ontologie, elle influence leur intégration dans le scénario pédagogique.

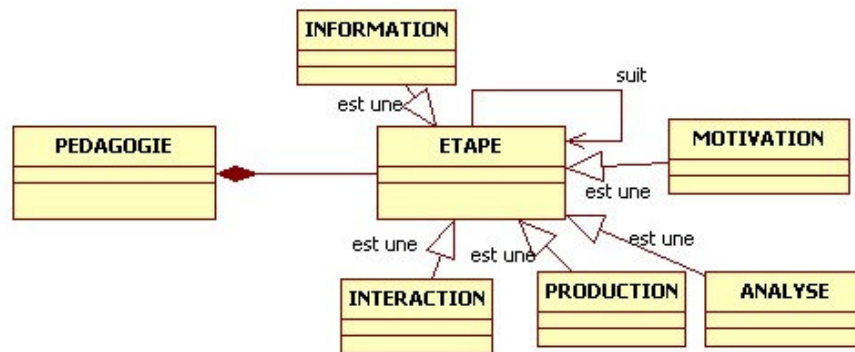


FIG. 4 : Ontologie des théories éducatives.

### 3.1.4 Le scénario pédagogique

La facette « scenarii pédagogiques » permet de représenter l'objet comme étant intégré dans un ou plusieurs scenarii pédagogiques.

IMS-LD propose de modéliser la séquence des activités d'apprentissage attribuées à chaque rôle pour que l'objectif visé par l'apprentissage soit réalisé, tout en suivant une pédagogie bien déterminée. Les connaissances nécessaires pour prendre en compte les scenarii d'apprentissages sont les suivantes :

- Connaissance sur l'ensemble de tous les intervenants ou acteurs qui participent à l'aboutissement d'une formation donnée. Il est représenté par le *Rôle* dans notre modèle. Un rôle peut être un « Enseignant », « Apprenant », « Tuteur », ou un « Administratif ». A chaque rôle est associé un ensemble d'activités à réaliser;
- Connaissance sur le déroulement de l'apprentissage d'un cours dans lequel l'objet est utilisé (scénario). IMS-LD l'appelle *Méthode*, il peut contenir une ou plusieurs *pièces*. Une Pièce est composée d'*Actes* qui sont exécutés séquentiellement. Les actes sont composés de *Partitions* qui associent un rôle à une activité effectuée dans un *Environnement* composé d'objets pédagogiques et de services (chat, forum, supports de cours ...);
- Connaissance sur les activités dans lesquelles l'objet est utilisé. Dans notre modèle, l'*Activité* décrit les tâches interactives qui se déroulent entre les différents acteurs à travers le système pour l'apprentissage d'une notion donnée. Une activité peut être une lecture d'une ressource pédagogique, un test, une simulation, une auto-évaluation, un exercice, un dialogue ou interaction directe entre apprenant et tuteur, etc... Elle traite un ensemble de notions et de compétences;
- Connaissance sur le *Contexte d'utilisation* de l'objet pédagogique : la réalisation d'une activité peut utiliser ou manipuler des Objets Pédagogiques comme support ou référentiel dans un contexte d'utilisation donné. Ainsi, un même objet pédagogique peut être considéré ou valorisé différemment d'une activité (d'une formation) à l'autre. Le *Contexte* nous permet de décrire l'usage de l'objet pédagogique dans l'activité.

Dans notre modèle, l'ensemble de ces connaissances est représenté grâce à une ontologie, comme le montre la figure 5. Des relations entre concepts sont introduites. Par exemple, le concept *Pédagogie* de l'ontologie des théories éducatives est relié au concept *Méthode* de l'ontologie du scénario pédagogique, cela nous permet de guider l'auteur dans la conception d'un cours suivant la pédagogie qu'il a choisie. De même le concept *Notion* de l'ontologie du domaine est relié au concept *Activité* car l'apprentissage d'une notion peut se réaliser dans une ou plusieurs activités. Cela nous permet de prévoir la ré-utilisabilité de la ressource. Un même objet peut être utilisé pour plusieurs notions et dans plusieurs activités. On exprime ainsi la ré-utilisabilité des objets pédagogiques. C'est l'agencement séquentiel des objets pédagogiques dans différentes activités qui assure la conformité avec le scénario pédagogique choisi.

Ainsi, cette ontologie de tâche décrit les différentes activités d'apprentissages et d'enseignements, les organisations mises en place ainsi que les objets pédagogiques utilisés. Elle a été conçue dans le respect de la norme IMS-LD.

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

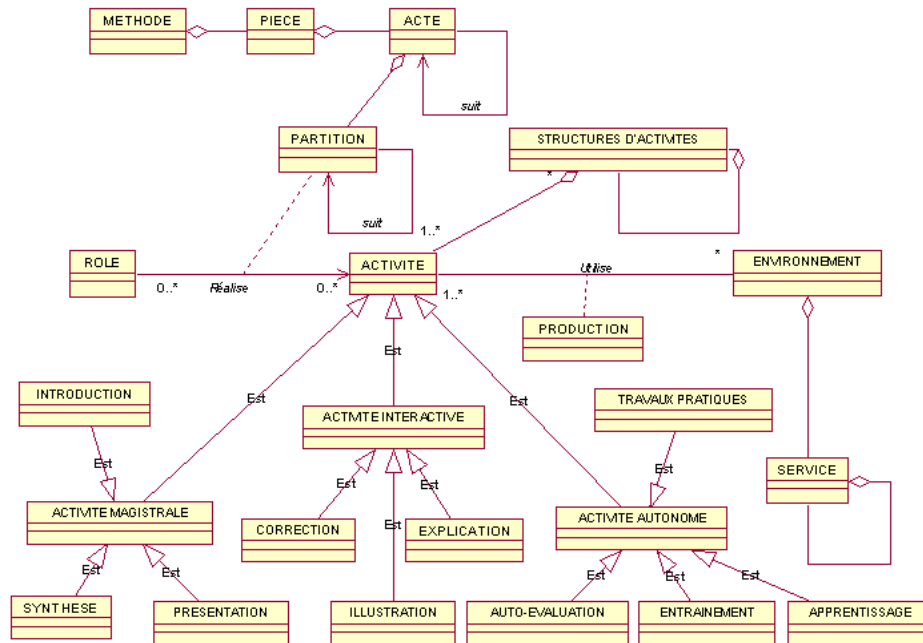


FIG. 5 : Description des scénarii pédagogiques.

### 3.2 Modèle global

Les différentes facettes de représentation des objets pédagogiques et de leurs usages que nous avons décrites dans la section précédente sont intégrées dans un modèle unique comme l'indique la figure 6. Dans cette figure, une couleur (ou niveau de gris) différente est utilisée pour chaque facette. Les différentes activités d'un cours et leur organisation ainsi que les objets d'apprentissage utilisés sont représentés grâce au lien entre les classes *Activité* et *Objets Pédagogiques*. L'utilisation d'un objet dans différentes activités est spécifiée dans la classe *Contexte*. Les pré-requis des activités sont considérées au travers des liens avec les notions abordées (dont les instances correspondent aux concepts de l'ontologie de thème). Cela correspond au lien entre les classes *Activité* et *Notion*.



## 4 Illustration du modèle dans le cadre d'une formation à distance

Le modèle proposé a été appliqué en s'appuyant sur cours élaboré<sup>2</sup> dans l'objectif d'être inclus dans la formation e-MIAGE (Méthodes Informatiques Appliquées à la Gestion des Entreprises) de l'Université Paul Sabatier (Toulouse III)<sup>3</sup>. Nous présentons dans cette section, un exemple de représentation d'un objet pédagogique préparé pour le module « base de données relationnelles » des Licences L3. Nous considérons un objet pédagogique qui est un exercice relatif à l'indexation de fichiers de données. L'objet est composé de trois objets élémentaires : 2 images de B-arbres au format jpeg et une consigne pour réaliser l'exercice.

Nous illustrons dans les sections qui suivent comment notre modèle permet de réutiliser les objets pédagogiques en fonction de différents objectifs pédagogiques..

### 4.1 Réutilisation des objets suivant les méta-données LOM

L'objet pédagogique "exercice" et chacun de ses éléments élémentaires sont indexés en utilisant les méta-données LOM. Ces méta-données facilitent la réutilisation en permettant au système de rechercher dans la base d'objets les objets intéressant les utilisateurs en fonction de différents critères.

Par exemple, la méta-donnée *droit* des deux images est définie comme « public », ce qui signifie que n'importe quel enseignant ou apprenant peut y accéder et l'utiliser. La méta-donnée *droit* de l'énoncé de l'exercice est fixée comme propre aux personnes de la formation. Ceci signifie que l'énoncé et l'exercice ne peuvent être utilisés que par les enseignants de la formation, les apprenants pouvant uniquement les consulter. Les enseignants peuvent réutiliser l'exercice dans un autre cours, alors que les apprenants peuvent uniquement réutiliser les images des B-arbres par exemple pour constituer des notes de révisions.

La méta-donnée *niveau pédagogique* de l'exercice est fixée à « initiation ». Ceci indique que l'exercice s'adresse à des apprenants qui n'ont pas encore étudié les méthodes d'indexation. L'exercice pourra donc être proposé à des enseignants réalisant une ressource sur ce thème.

### 4.2 Réutilisation des objets à partir de leur contenu

Les objets pédagogiques sont aussi représentés par les concepts abordés dans leur contenu. Un extrait de l'ontologie du thème considéré est présenté dans la figure 7. Cet extrait correspond à l'ontologie du domaine des bases de données et a été élaboré manuellement grâce à l'outil Protégé (<http://protege.stanford.edu/>). Un concept est représenté par un rectangle contenant ses différentes étiquettes ou termes. Les flèches représentent les liens sémantiques entre les concepts. Dans l'extrait présenté, les rectangles ayant une bordure double correspondent aux notions à appréhender dans le cadre du module. Une des images

---

<sup>2</sup> Cours intitulé « Bases de données relationnelles » de M. Claude Chrisment

<sup>3</sup> <http://osiris.ups-tlse.fr/ines/>



représente un b-arbre +, et l'autre un b-arbre \*. Les deux images sont donc, dans notre modèle, représentées à partir de ces deux concepts de l'ontologie de l'informatique. L'exercice quant à lui aborde les notions d'organisation indexée des données à partir de b-arbres tout en insistant sur le temps d'accès à la base. Ces trois concepts de l'ontologie sont donc utilisés pour l'indexer (organisation indexée, b-arbres, temps d'accès aux données). L'avantage de spécifier ces concepts est qu'un enseignant pourra ré-utiliser cet exercice lorsqu'il voudra travailler sur les notions précédemment cités. Il pourra également y accéder s'il cherche des objets pédagogiques traitant d'organisation physique de données car les concepts précédents et celui-ci sont liés sémantiquement dans l'ontologie.

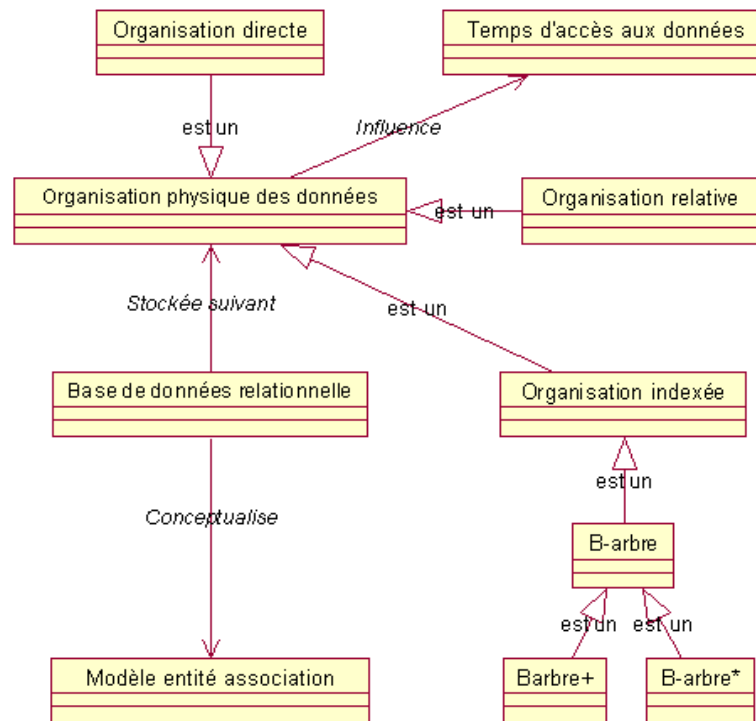


FIG. 7 : Extrait de l'ontologie du thème de l'informatique.

### 4.3 Réutilisation des objets à partir des scénarii

Les scénarii sont aussi considérés dans notre modèle. Les objets pédagogiques sont représentés à partir des actes et pièces dans lesquels ils ont déjà été utilisés.

Considérons le scénario suivant :

Acte 1 : L'enseignant présente les notions à appréhender aux étudiants.

Acte 2 : Ces derniers lisent les chapitres correspondants et demandent des explications à l'enseignant.

Acte 3 : L'enseignant donne des explications à l'aide des exemples et attendent une nouvelle réaction des étudiants, et donne éventuellement des suppléments d'explications au cas où les étudiants en demandent.

Acte 4 : Puis, le délai écoulé, l'enseignant donne l'exercice que les étudiants doivent traiter.

Acte 5 : Ensuite, l'enseignant corrige des exercices tout en fournissant des explications précises sur chaque point non maîtrisé par l'étudiant, par courrier électronique, dialogue en direct ou sur forum.

Acte 6 : Afin d'assurer la compréhension et la rétention des notions à appréhender, des exercices d'évaluation et d'auto évaluation sont fournis aux étudiants.

Acte 7 : Finalement, l'enseignant donne un résumé des points à retenir sur la notion étudiée.

Lorsque ce scénario est choisi, le système est capable de proposer l'objet pédagogique exercice et ses objets élémentaires pour différents actes. L'exercice est proposé pour les actes 4 et 6. Lorsqu'il prépare ces deux actes, l'enseignant accède à l'ensemble des objets qui ont été indexés avec les notions à aborder dans le cours et qui ont déjà été utilisés dans ce type d'actes. Les image du b-arbre + du b-arbre \* peuvent être proposées pendant l'acte 1 pour aider l'enseignant à rédiger un chapitre, dans l'acte 3 pour aider l'enseignant à donner des exemples et dans les actes 4 et 5 pour préparer l'exercice. Considérer les scénarios pédagogiques dans l'indexation des objets, permet au système de proposer la réutilisation d'objets par rapport à leur intégration dans des ressources existantes.

## 5 Implantation

Les objets pédagogiques sont structurés selon le format décrit dans les figures 9 et 10.

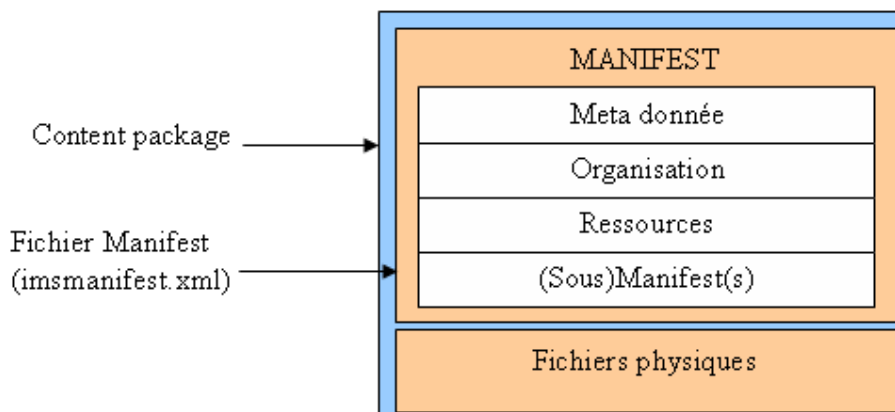


FIG. 9 : Schéma conceptuel d'un package SCORM.

Nom+	Type	Modifié	Taille	Ratio	Encapsulé
adlcp_rootv1p2.xsd	Exchanger XML Schema Definition Document	10/01/2006 10:10	4 470	82%	802
B210_Union fla	Fichier FLA	10/01/2006 10:12	75 776	87%	10 102
B210_Union.html	HTML Document	10/01/2006 10:12	1 143	49%	585
B210_Union.swf	Shockwave Flash Object	10/01/2006 10:12	7 830	00%	7 811
ims_xml.xsd	Exchanger XML Schema Definition Document	10/01/2006 10:10	1 104	59%	453
imscp_v1p1.xsd	Exchanger XML Schema Definition Document	10/01/2006 10:10	16 736	83%	2 899
imsmanifest.xml	XML Document	10/01/2006 10:12	3 494	71%	1 004
imsmd_v1p2p2.xsd	Exchanger XML Schema Definition Document	10/01/2006 10:10	24 229	88%	2 994

Pas de fichiers sélectionnés      Total 8 fichiers, 132 kB [27 kB]

FIG. 10 : Exemple de Package d'objet pédagogique conforme à la norme SCORM.

Cette figure représente le contenu d'un objet pédagogique mis au format de package SCORM. L'ensemble des composants élémentaires qui forme un objet pédagogique ainsi que les fichiers de description sont regroupés dans un fichier compressé pour former un package d'objet pédagogique. Tout package d'objet pédagogique comprend le fichier `imsmanifest.xml` qui décrit la structure de l'objet pédagogique et de ses composants. Il contient aussi les différentes méta-données décrivant l'objet pédagogique en question.

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<manifest identifier="MANIFEST-F374AE0A-C32F-3A51-AD8B-6ED3E5962CAD" xsi:schemaLocation="
http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1 imscp_v1p1.xsd http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2
imsmd_v1p2p2.xsd http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_rootv1p2 adlcp_rootv1p2.xsd">
  <metadata>
    <schema>ADL SCORM</schema>
    <schemaversion>1.2</schemaversion>
    <adlcp:location />
    <imsmd:lom>
      <imsmd:general>
        <imsmd:identifier>B210ALGANIMUNIONC01</imsmd:identifier>
        <imsmd:title>
          <imsmd:langstring xml:lang="fr">Animation union</imsmd:langstring>
        </imsmd:title>
        <imsmd:language>fr</imsmd:language>
        <imsmd:keyword>
          <imsmd:langstring xml:lang="fr">Algèbre relationnelle, Union</imsmd:langstring>
        </imsmd:keyword>
        <imsmd:structure>
          <imsmd:source>
            <imsmd:langstring xml:lang="fr" />
          </imsmd:source>
          <imsmd:value>
            <imsmd:langstring xml:lang="x-none">Atomic</imsmd:langstring>
          </imsmd:value>
        </imsmd:structure>
      </imsmd:general>
      <imsmd:lifecycle>
        <imsmd:version>
          <imsmd:langstring xml:lang="fr">1.0</imsmd:langstring>
        </imsmd:version>
      </imsmd:lifecycle>
    </imsmd:lom>
  </metadata>
</manifest>
```

FIG. 11 : Extrait du fichier *imsmanifest.xml*.

La figure 11 montre un extrait du fichier *imsmanifest.xml* qui fait partie d'un package d'objets pédagogiques mis au format SCORM. Il contient la description du package de l'objet pédagogique « Animation Union » qui est une animation montrant les mécanismes de l'opérateur « Union » de l'algèbre relationnelle. Les différentes métadonnées LOM associées à l'objet, tels que le titre, les mots clés, la structure, le cycle de vie de l'objet, ainsi que la liste des objets élémentaires composant l'objet figurent dans le fichier *imsmanifest.xml* du package.

## 6 Conclusion et perspectives

Le modèle que nous avons proposé peut être appliqué à tout objet pédagogique. Il s'intègre dans tout modèle d'apprentissage (formation à distance synchrone et asynchrone, présentiel...). Il présente aussi la possibilité d'utilisation et d'adaptation sur tout type de formation car il n'a pas été conçu dans le cadre d'une formation spécifique.

Le modèle est basé sur une représentation multi-facettes (scénarii pédagogiques, ontologie du domaine du thème, ontologie des théories éducatives, description LOM et SCORM) des objets pédagogiques en utilisant trois ontologies : ontologie de thème, ontologie des tâches, ontologie des théories pédagogiques afin non seulement de lever les ambiguïtés des termes utilisés mais aussi d'enrichir la description des objets pédagogiques par l'indexation sémantique. Les ontologies que nous proposons sont représentées en OWL (Web Ontology Language) (W3C, 2004) basé sur la syntaxe RDF/XML. OWL permet de représenter explicitement la signification des termes de vocabulaires et les relations entre ces termes.

Un des points forts du modèle est que les ontologies permettent de couvrir tout le cycle de vie d'un objet pédagogique : depuis sa conception par l'enseignant jusqu'à la recherche d'information de l'apprenant sur une notion donnée. Les différents acteurs du système (enseignants, apprenants) et leurs différentes tâches sont considérées. Il fournit la souplesse d'une représentation et d'une indexation sémantique d'objets pédagogiques par l'utilisation d'un profil d'application du LOM. Le respect des normes et standards d'apprentissage en ligne garantit l'interopérabilité avec d'autres systèmes.

Les perspectives de ce travail concernent la mise en place d'un système permettant d'une part l'indexation automatique des objets pédagogiques et d'autre part la recherche d'objets pédagogiques répondant à un besoin (d'un apprenant ou d'un enseignant). Les mécanismes s'appuieront sur l'ontologie de thème et des théories d'apprentissage.

Concernant l'indexation, elle pourra s'appuyer sur les travaux développés dans notre équipe dans (Hernandez, 2005). Ces travaux proposent des méthodes pour d'extraire automatiquement des contenus de documents les concepts d'un domaine présents dans l'ontologie de thème. Cette indexation sémantique comprend deux étapes : l'identification des concepts dans les objets et la pondération de ces concepts dans le but de déterminer leur représentativité des granules. Pour extraire automatiquement les termes issus des contenus, nous nous basons sur un analyseur syntaxique de corpus, dans notre cas Syntex (Bourigault et Fabre, 2000), qui extrait l'ensemble des syntagmes de chaque document. Seuls les syntagmes nominaux sont considérés car ils correspondent à la nature des labels des concepts dans l'ontologie. Notons qu'afin de capturer les variations lexicales des syntagmes, ceux-ci sont extraits sous leur forme lemmatisée par Syntex. Finalement, le lexique d'un document est défini par l'ensemble des syntagmes nominaux lemmatisés extraits. La phase d'identification des concepts référencés dans un document consiste à retrouver, parmi les syntagmes composant le lexique du document, les labels de l'ontologie ainsi que les concepts correspondants. L'étape suivante consiste à pondérer les concepts ou notions retrouvées. La pondération d'un concept vise à déterminer le degré par lequel ce concept de l'ontologie est représentatif d'un document donné, mais reflète également son pouvoir discriminant c'est-à-dire sa capacité à distinguer les documents pertinents de ceux qui sont non pertinents lorsque ce concept est considéré. Ce degré est appelé représentativité statistique du concept. Nous

utilisons une mesure de pondération des concepts qui prend en compte à la fois la représentativité statistique et la représentativité sémantique du concept. La représentativité statistique est calculée par l'adaptation de la mesure *tf.idf* (Robertson, 1976) utilisée en RI pour calculer le pouvoir discriminant d'un terme. Appliqué aux objets pédagogiques, ces travaux permettraient d'indexer automatiquement les contenus. L'indexation par les autres ontologies ou représentations est envisagée manuelle. Ainsi, le concepteur qui crée un nouvel objet devra renseigner les différents éléments associés à cet objet dans le cadre du scénario qu'il réalise. Il faut toutefois noter que certaines méta-données en particulier issues de LOM pourraient être renseignées de façon automatique. Par exemple, le nom de l'auteur peut être pré-défini en fonction de l'utilisateur connecté, etc.

Concernant la recherche des objets, le système permettra à un concepteur de cours de rechercher les objets qui peuvent répondre à ses attentes dans l'objectif de construire une nouvelle ressource. Le modèle que nous proposons nous permet d'envisager plusieurs approches de restitution et d'accès aux objets pédagogiques. Nous souhaitons organiser la recherche d'objets suivant les différentes facettes du modèle. L'enseignant pourra par exemple préciser les notions qu'ils soient abordés en les sectionnant dans l'ontologie de thème. Il renseignera également le système sur le public auquel il souhaite s'adresser. Il pourra également préciser le scénario pédagogique qu'il souhaite mettre en place. Et pour chacun des actes du scénario, le système lui restituera les objets pédagogiques qui ont été indexés à partir de l'ensemble des critères. Une piste de recherche que nous souhaitons exploiter est l'interface du système qui permettra au mieux à l'utilisateur de renseigner les critères et d'avoir accès aux objets restitués en fonction des critères remplis. Nous souhaitons également évaluer notre système en le comparant à d'autres systèmes basés sur des ontologies tel que ceux présentés dans (Buffa et al., 2005) et (Dehors, 2005).

Enfin, une autre perspective concerne la construction automatisée des ontologies de thèmes qui doivent être produites pour chaque thème d'enseignement. Les travaux du laboratoire dans ce domaine (Aussenac et al. 2000) pourront là encore être ré-investis.

## Références

- Abel M.-H., Lenne D., Moulin C. et Benayache A. (2003) Gestion des ressources pédagogiques d'une e-formation. *Document Numérique* 7(1-2): 111-128.
- Aussenac-Gilles N., Biébow B., Szulman S., (2000) Revisiting ontology design : a method based on corpus analysis, In *Proceedings of the 12th European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW'00)*, R Dieng, O. Corby (Eds.), 172-188.
- Bloom B. (1975), *Taxonomie des objectifs pédagogiques*, T1. Le domaine cognitif. Presses de l'université du Québec, 1975.
- Bourigault D., Fabre C., (2000) Approche linguistique pour l'analyse syntaxique de corpus, *Cahiers de Grammaire*, 25, Université Toulouse le Mirail, pp 131-151, 2000.
- Boutemedjet S. (2004) *Web Sémantique et e-Learning*. Cours FT6261.
- Bouzeghoub A., Defude B., Duitama J.F., Lecocq C. (2005) Un modèle de description sémantique de ressources pédagogiques basé sur une ontologie de domaine. *Sticef Volume 12*.

- Buffa M., Dehors S., Faron-Zucker C., Sander P., Vers une approche Web Sémantique dans la conception d'un système d'apprentissage Revue du projet TRIAL SOLUTION, journée thématique « Web sémantique pour le e-Learning », AFIA, 1-14, 12005
- CraneField, S. Purvis, M. (1999) UML as an Ontology Modelling Language. *International Joint Conference on Artificial Intelligence Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends IJCAI99*.  
[http://hcs.science.uva.nl/usr/richard/workshops/ijcai99/UML\\_Ontology\\_Modelling.pdf](http://hcs.science.uva.nl/usr/richard/workshops/ijcai99/UML_Ontology_Modelling.pdf)
- Dehors S., Faron-Zucker C., Stromboni J.P., S. Giboin A., Des Annotations Sémantiques pour Apprendre. QBL : Modélisation et Expérimentation, journée thématique « Web sémantique pour le e-Learning », AFIA, 15-30, 12005
- Duval E., Sutton S. et Weibel SL. (2002) Metadata Principles and Practicalities. *D-Lib Magazine* 8(4).
- E-TUD [http://www.e-tud.com/encyclo\\_e-learning.htm](http://www.e-tud.com/encyclo_e-learning.htm)
- Fage C. (2005) Vous avez dit SCORM. *eLearning Agency*, 1-14.
- Gasevic D. et Hatala M. (2005) Searching context relevant learning resource using ontology mappings. *International Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-learning (SW-EL)*, Winston-Salem State University, <http://www.win.tue.nl/SW-EL/2005/swel05-kcap05/proceedings>.
- Hernandez N. (2005) *Ontologies de domaine pour la modélisation du contexte en Recherche d'Information*. Thèse de doctorat. Université Paul Sabatier..
- IMSLD (2003) <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>
- Knight C., Gasevic D. et Richards G. (2005) Ontologies to integrate learning design and learning content. *Journal of Interactive Media in Education* (07). ISSN:1365-893X, <http://www-jime.open.ac.uk/2005/07/>
- Koper R. (2001) EML-OUNL (Open University of the Netherlands' Educational Modeling Language), *Modeling Units of Study from a Pedagogical Perspective*.  
<http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>
- Lebrun M. (2002) *Des technologies pour enseigner et apprendre*, De Boeck (2ème édition), ISBN 2-8041-3155-6.
- Lenne D., Abel M.-H., Moulin C. et Benayache A. (2005) Mémoire de formation et apprentissage. *Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain* (EIAH 2005), Montpellier, 105-116.
- LOM (2002). LOM standard, document IEEE 1484.12.1-2002.
- Psyché V., Bourdeau J., Nkambou R. et Mizoguchi R. (2005) Making Learning Design Standards Work with an Ontology of Educational Theories. *Artificial Intelligence in Education* (AIED 2005), 725-731.
- Renaud S., Vignaux G., Tijus C., La commande sémantique : une navigation conceptuelle pour le cartable électronique, Le document électronique, *Colloque international sur le document électronique* (CIDE06), 133-147.

## Indexation multi-facettes des ressources pédagogiques

Robertson S. E., Sparck Jones K., (1976) Relevance weighting of search terms, *Journal of the American Society for Information Sciences*, 27 (3), pp 129-146, 1976.

SCORM. Le modèle SCORM (2004). <http://www.adlnet.org>

Studer R., Benjamins VR. et Fensel D. (1998) Knowledge Engineering : Principles and Methods. *Data and Knowledge Engineering* (DKE), 25(1-2):161-197.

Vidal P., Broisin J., Duval E, Ternier S. (2004) Normalisation et standardisation des objets d'apprentissages : l'expérience ARIADNE. *Colloque « miage et e-mi@ge »*, ESG, 48-64.

W3C Consortium (2004) *OWL Specification Development*, <http://www.w3.org/2004/OWL/>.

## Summary

This paper presents a model to represent *learning objects* and aims at facilitating their re-use. The representation is a multi-facet one as it includes the meta-data, the object composition, and the object usage in learning scenario. The model enriches the current e-learning standards by taking into account the semantics associated to the learning object contents. Another contribution of the paper relates to the fact that this multi-facet representation relies on ontologies, which allow a better semantic representation and facilitate the communication between machines and users.