

COMPOSITION ET PERSONNALISATION

1. Introduction

Durant ces dernières années plusieurs travaux ont traité les aspects assemblage et adaptation/personnalisation des contenus numériques. Les objets d'apprentissage en tant que documents numériques ont emprunté certaines techniques de personnalisation/adaptation de ces travaux.

Dans ce chapitre nous allons présenter le concept de documents virtuels adaptatifs et le concept d'hypermédia adaptatif. Nous allons ensuite introduire l'approche SIMBAD [Duitama, 2005] qui s'est inspiré de ces concepts pour proposer un modèle pour les objets d'apprentissage adaptatif/personnalisable ainsi que les éléments nécessaires pour leur gestion.

2. Composition et personnalisation de documents numériques

Un objet d'apprentissage est un document numérique et donc bénéficie des avantages apportés par ce type de documents mais également de certains défauts. En effet, plusieurs problématiques relatives aux documents numériques ont été identifiées [Ranwez, 2000]. Parmi elles, certaines prennent plus d'importance dans le contexte de la formation en ligne, telles que :

- Problème de perte de la structure du document : Les documents numériques sont souvent des documents hypertexte avec une structure non linéaire. Dans un contexte d'apprentissage la liberté de navigation et de parcours du document peut avoir un effet négatif. L'apprenant peut se perdre, ce qui peut se manifester sous plusieurs formes. En effet, certains apprenants choisissent certains chemins de navigation qui ne comportent pas les éléments nécessaires par rapport au concept étudié via le document électronique. D'autres apprenants se retrouvent avec la sensation d'être abandonné et perdu dans le document.
- Problème de la surcharge cognitive : Si un apprenant se trouve en face d'un nombre important de connaissances à acquérir, au bout d'un certain temps il peut être atteint du phénomène de surcharge cognitive. Ceci est expliqué par le fait que la mémoire de travail a une

capacité limité. D'autre part, l'auteur du document numérique souhaite généralement toucher la plupart des apprenants. Ainsi, il met le maximum de connaissances dans le document.

- Problème de recherche des informations pertinentes : Pour un apprenant qui n'est pas le plus souvent connaisseur du domaine d'études il est difficile de pouvoir repérer les informations pertinentes dans un document numérique. La tâche devienne de plus en plus difficile lorsque le document offre beaucoup d'alternatives de navigation.

Pour remédier à ces problèmes relatifs en particulier aux documents numériques plusieurs techniques ont été inventées et utilisées dans le cadre des documents virtuels adaptatifs et des hypermédias adaptatifs.

2.1. Documents virtuels adaptatifs

2.1.1. Définitions et principes

Un document virtuel adaptatif est un document numérique généré par assemblage de fragments de contenus via un processus automatique guidé par l'utilisateur. Ce type de document numérique a deux caractéristiques principales [Tazi et Altawki, 1999] : il répond à un besoin d'interactivité et il est généralement éphémère.

En effet, il répond à un besoin d'interactivité car il est assemblé en réponse à une requête d'un utilisateur donné à un instant précis concernant un besoin d'information spécifique. Donc le processus de composition de document est initialisé suite à une interaction entre l'utilisateur et le système. Le résultat doit dépendre fortement de l'utilisateur initiateur de la requête et ceci sur plusieurs plans : besoins d'information, connaissances préalables et préférences en terme de médias. C'est cet aspect qui est exprimé par le terme « adaptatif ».

Un document virtuel adaptatif est généralement éphémère car il est le résultat instantané d'un assemblage de fragments existants. Cependant, ces fragments évoluent dans le temps puisque ils peuvent apparaître, disparaître ou changer entre deux instants différents. Ainsi, une même requête lancée par un même utilisateur à deux instants différents risque de retourner deux résultats différents. C'est cet aspect qui est exprimé par le terme « virtuel ».

2.1.2. Composition et personnalisation

Plusieurs approches de composition et de personnalisation de documents virtuels ont été proposées. Nous nous limitons à deux d'entre elles qui illustrent les mécanismes de composition et de personnalisation des documents virtuels adaptatifs.

Dans [Ranwez et Ranwez, 2001] une approche de composition en quatre étapes a été proposée. La première étape c'est la recherche d'informations. Elle permet de récupérer les briques d'informations candidates à faire partie du document final. Cette recherche se base sur les objectifs de l'utilisateur et sur la description sémantique des briques d'informations.

Au niveau de la deuxième étape les briques d'informations candidates sont filtrées cette fois à base du profil de l'apprenant et du temps pendant lequel il est disponible pour consulter le document.

La troisième étape c'est l'organisation des briques d'informations au sein du document. A ce niveau l'organisation se base sur une trame narrative jugée pertinente et sur les rôles joués par chaque brique.

La dernière étape est celle de l'assemblage du document. Il s'agit d'appliquer certaines techniques permettant d'insérer des transitions entre les briques afin d'éviter l'effet mosaïque. Autrement dit, ça permet de donner une allure hétérogène au niveau de la présentation du document.

Dans [Iksal, 2002] l'approche de composition de documents virtuels est basée sur l'usage de quatre ontologies : une ontologie de domaine, une ontologie de métadonnées, une ontologie d'utilisateurs et une ontologie de modèles. Ces ontologies sont utilisées pour composer et adapter le document par rapport à un utilisateur particulier.

La composition est basée sur l'utilisation d'un modèle prédéfini qui comporte un espace d'informations (un ensemble de fragments de documents) et au moins une structure narrative sous forme d'un graphe orienté acyclique. Les nœuds du graphe sont soit atomiques soit abstraits et doivent répondre aux besoins d'informations exprimés par l'utilisateur en se basant sur les concepts présents dans l'ontologie de domaine.

Une fois que le document virtuel est généré, une phase d'adaptation par rapport au profil de l'utilisateur est appliquée. Cette phase permet d'appliquer deux classes d'adaptation : l'adaptation de la présentation et l'adaptation de la navigation.

2.2. Hypermédias adaptatifs

Souvent les documents virtuels adaptatifs sont présentés sous forme d'un hypermédia aux lecteurs lorsqu'ils sont diffusés via le Web [Iksal, 2002]. Ceci sous-entend que plusieurs techniques ont été empruntées aux travaux sur les systèmes d'hypermédias adaptatifs. Dans la

suite nous allons présenter quelques définitions et principes relatifs à ces systèmes ainsi que quelques techniques de composition et d'adaptation proposées dans ce cadre.

2.2.1. Définitions et principes

La notion d'hypermédia est basée sur le fait que les documents à structure linéaire présentent plusieurs inconvénients, notamment le manque d'interactivité avec les utilisateurs. Ainsi, Ted Nelson [Nelson, 1965] (cité dans [Chorfi, 2007]) affirme que la principale caractéristique de l'hypertexte est de ne pas être séquentiel/linéaire. Il faut noter que cette affirmation reste valable pour les hypermédias qui, par rapport aux hypertextes, font référence à des éléments de contenu multimédia et non pas uniquement textuel.

Les systèmes hypermédia offrent un contenu constitué de fragments multimédia avec des liens entre des fragments au sein d'un même document ou des fragments qui font partie d'autres documents. Ces liens permettent à l'utilisateur d'interagir avec le système afin de construire son propre chemin de navigation au sein de l'hyperespace.

Cette structure a l'avantage d'offrir aux utilisateurs une liberté de navigation. Ainsi, l'utilisateur peut décider des fragments qui méritent d'être visités et dans quel ordre. Toutefois ceci peut provoquer certains problèmes cités plus haut, tels que la surcharge cognitive.

Les hypermédias adaptatifs ont été ainsi proposés pour garder d'une part les avantages offerts aux utilisateurs par les hypermédias et d'autre part pour remédier aux problèmes auxquels l'utilisateur peut faire face.

Brusilovsky définit un hypermédia adaptatif comme étant un ensemble d'items multimédias interconnectés dont certains aspects, qui sont visibles aux utilisateurs, sont adaptés automatiquement en se basant sur leurs profils [Brusilovsky, 1996].

2.2.2. Composition et adaptation

Afin d'introduire les principes de composition et d'adaptation dans le cadre des hypermédias adaptatifs nous allons prendre comme exemple illustratif le cas de l'approche InterBook [Brusilovsky et al., 1998].

Afin de mettre en place un système hypermédia adaptatif il faut disposer de deux types de connaissances : les concepts du domaine sujet d'étude et les spécificités des apprenants. La première connaissance est exprimée dans un modèle de domaine (domain model) et la deuxième dans un modèle de l'apprenant (student model).

Le modèle de domaine doit au mieux représenter les concepts du domaine ainsi que leurs relations. Ces relations entre concepts doivent refléter la structure pédagogique du domaine de connaissance couvert.

Le modèle de l'apprenant, quant à lui, doit donner une estimation du niveau de connaissance de l'apprenant par rapport à chaque concept du modèle. Ce modèle dit de recouvrement (overlay model) permet une mise-à-jour facile à base des traces de navigation de l'apprenant dans l'hypermédia. Le modèle de l'apprenant est complété par un ensemble d'objectifs d'apprentissage (learning goals). Il s'agit d'un ensemble de concepts qui doivent être acquis par l'apprenant.

L'hypermédia adaptatif doit être organisé en unités d'une façon hiérarchique. Le niveau terminal d'une hiérarchie correspond à une unité qui peut être une présentation, exemple, problème ou test. Chaque unité doit être décrite par rapport au modèle de domaine. Ainsi, à chaque unité correspond une liste de concepts. A chaque concept est attaché l'un des rôles suivants : pré-requis ou résultat. Si le concept a le rôle « résultat » alors il présente un concept traité par l'unité. Si le concept est un pré-requis alors il présente un concept qui doit être connu par l'apprenant pour comprendre le contenu de l'unité.

En se basant sur cette approche plusieurs techniques d'adaptation peuvent être utilisées. Une première technique qui peut être utilisée c'est la navigation avancée (advanced navigation). Il s'agit d'offrir un hyperespace bien structuré avec diverses méthodes de navigation. Toutefois, les liens affichés sont générés automatiquement par un module qui prend en considération l'état courant des connaissances de l'apprenant.

Une deuxième technique proposée est appelée guidage direct et support de navigation adaptative. Cette technique est basée sur la recommandation d'unité à base du profil de l'apprenant. Par rapport à un apprenant une unité peut être prête pour apprentissage, non prête pour apprentissage ou déjà apprise. D'autres indications visuelles offrent des indices à l'apprenant pour qu'il puisse trouver un chemin de navigation approprié.

Ces deux techniques d'adaptation permettent un guidage par objectif d'apprentissage (goal-driven guidance). Une autre technique d'adaptation guidée par le problème (problem-driven guidance) est également proposée. Dans ce cas le processus d'adaptation est déclenché dès que l'apprenant éprouve une difficulté à assimiler le contenu d'une unité. A ce moment l'apprenant peut demander de l'aide au système. Celui-ci propose une liste de liens qui peuvent aider l'apprenant à surmonter la difficulté éprouvée en se basant sur deux

informations. La première c'est les pré-requis des concepts traités par l'unité d'apprentissage en cours. En fait, cette information est disponible au niveau du modèle de domaine. La deuxième information concerne le niveau de l'apprenant par rapport aux pré-requis identifiés. Quant à elle, cette information est disponible au niveau du profil de l'apprenant. Les liens proposés pour aider l'apprenant à surmonter la difficulté éprouvée sont donc générés. En plus, ils sont classifiés en commençant par ceux jugés les plus prioritaires en allant vers ceux jugés les moins prioritaires

Au-delà de l'approche InterBook plusieurs méthodes d'adaptation ont été proposées. Le schéma suivant, proposé dans [Garlatti et Prié, 2004], résume les principales méthodes d'adaptation utilisées par les hypermédias adaptatifs.

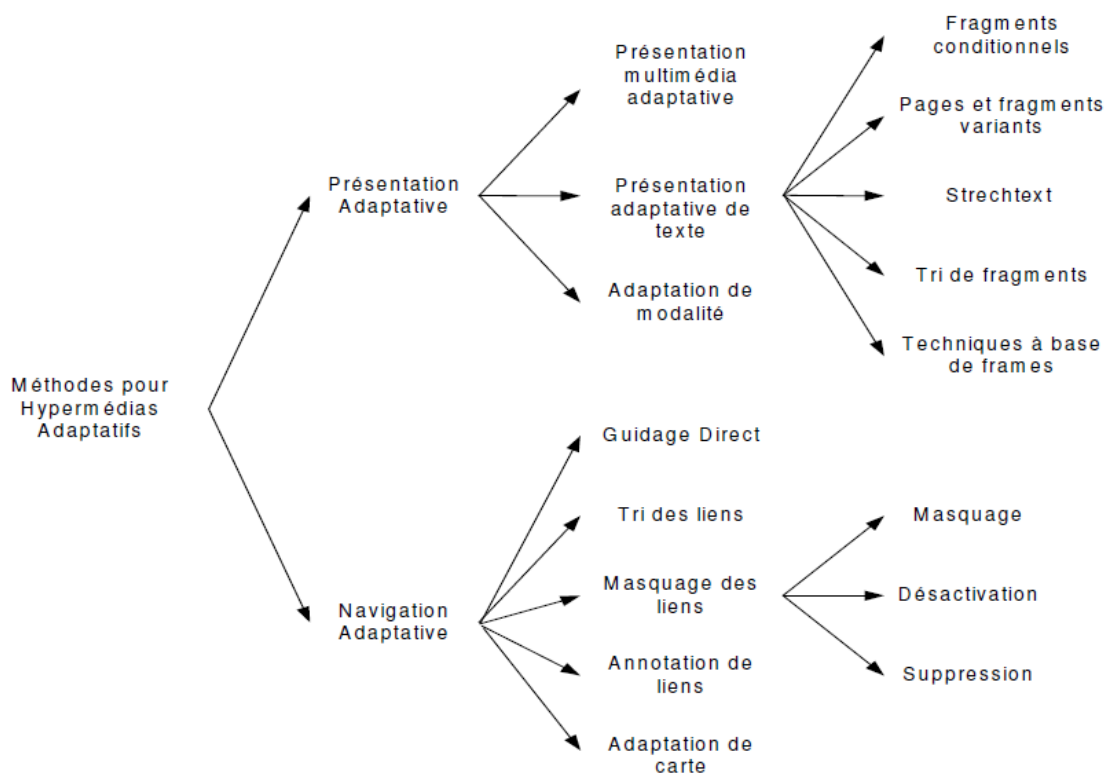


Figure 8 : Méthodes d'adaptation

2.3. Synthèse

L'utilisation des documents c'est confrontée à un certain nombre de problèmes dont la perte de la structure du document, la surcharge cognitive et la recherche des informations pertinentes, pour ne citer que ceux qui prennent particulièrement de l'importance dans le contexte de la formation en ligne.

Les documents virtuels adaptatifs et les hypermédias adaptatifs sont deux familles de documents numériques qui ont été proposées pour surmonter ces problèmes. Ils ont particulièrement en commun la capacité de s'adapter aux besoins, aux préférences et au niveau de connaissance de l'utilisateur. Plusieurs méthodes d'adaptations ont été utilisées soit individuellement ou combinées. Elles sont classifiées en deux familles : l'adaptation de la présentation et l'adaptation de la navigation.

Si l'aspect adaptatif est la caractéristique commune la plus significative aux documents virtuels adaptatifs et aux hypermédias adaptatifs, deux autres caractéristiques permettent de les discriminer. La première caractéristique est la durabilité. En effet, si les hypermédias adaptatifs sont persistants, les documents virtuels adaptatifs sont éphémères. Cette première caractéristique nous mène à la deuxième caractéristique qui est la nature de la construction du document. En effet, dans le cas des hypermédias adaptatifs le document est construit au préalable par un ou plusieurs auteurs, alors que pour les documents virtuels adaptatifs le document est auto-construit par assemblage de fragments au moment de la soumission d'une requête de la part de l'utilisateur.

La persistance et la construction au préalable de contenu s'apprêtent mieux en tant que caractéristiques au cas des objets d'apprentissage. C'est la raison pour laquelle les hypermédias adaptatifs sont souvent utilisés dans la formation en ligne. L'approche SIMBAD [Duitama, 2005] est l'une des approches qui s'est fortement inspirée des travaux sur les hypermédias adaptatifs et qui a proposé en particulier des extensions sémantiques pour une meilleure adaptation du contenu éducatif à l'apprenant.

3. Approche SIMBAD

3.1. Vue d'ensemble

L'approche SIMBAD se base sur la description sémantique comme un moyen pour promouvoir la réutilisation et la personnalisation des objets d'apprentissage. En fait, l'approche s'adresse à la fois aux auteurs d'objets d'apprentissage et aux apprenants. Pour les auteurs l'approche supporte l'identification des objets d'apprentissage et leur composition par réutilisation. Pour les apprenants l'approche supporte l'adaptation du contenu éducatif délivré. Il faut noter que plusieurs modes d'accès au contenu sont pris en compte : mode cours, mode concept et mode requête. En mode cours l'apprenant choisit le cours à suivre parmi une liste de cours disponibles. En mode concept l'apprenant choisit un ou plusieurs concepts et le

système doit trouver les cours qui couvrent ces concepts. Le mode requête permet à l'apprenant d'exprimer son objectif d'apprentissage sous forme d'une requête sans faire référence aux concepts. L'approche prévoit une phase d'adaptation de contenu éducatif par rapport aux préférences et au niveau cognitif de l'apprenant et ceci quelque soit le mode d'accès utilisé. Pour atteindre ces objectifs l'approche SIMBAD s'appuie sur trois modèles : le modèle de domaine, le modèle de l'apprenant et le modèle de description des objets d'apprentissage.

Trois niveaux de modélisation sont associés à l'approche et illustrés par la figure ci-dessous. Le premier niveau concerne la modélisation du domaine de connaissance à travers les concepts sous-jacents ainsi que la sémantique qui les relie les uns aux autres. Le deuxième niveau concerne la modélisation du contenu à travers la description de sa sémantique et notamment de sa structure en se basant sur le modèle de domaine. Le troisième niveau de modélisation concerne les apprenants. Il s'agit de décrire entre autres leur niveau de connaissances par rapport aux concepts définis au niveau du modèle de domaine afin de pouvoir supporter une adaptation du contenu.

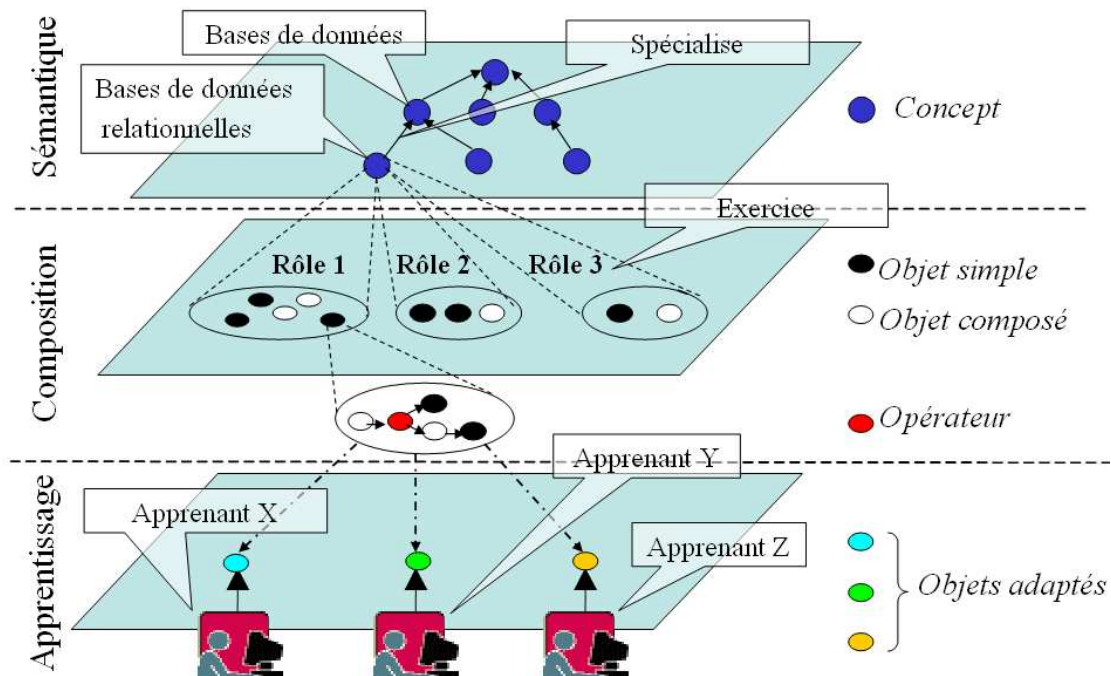


Figure 9 : Niveaux de modélisation de l'approche SIMBAD

3.2. Modèle de domaine

Le modèle de domaine consiste en une description de l'ensemble des concepts couverts par un domaine de connaissance ainsi que les relations entre eux. Les relations retenues sont les relations hiérarchiques « est plus générale » et « est plus spécifique » ainsi que les relations rhétoriques telles que « est antithèse de », « contraste avec », etc. Ces relations sont extraites de [Mann 1987]. La définition du modèle de domaine doit être faite par des experts.

L'objectif du modèle de domaine est d'offrir une vue commune et normalisée au niveau du système par rapport au domaine de connaissance relatif aux formations dispensées dans un cadre d'apprentissage donné. Le niveau de précision du modèle de domaine va influencer l'efficacité du système. En effet, si la communauté d'experts définit un modèle de domaine très détaillé alors les métadonnées sémantiques et les profils d'apprenants seront plus précis.

Au niveau conceptuel c'est une ontologie qui est utilisée pour définir le modèle de domaine. Rappelons qu'une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation, c'est-à-dire une représentation, formelle ou non, de ce qui existe dans un domaine [Gruber 1993].

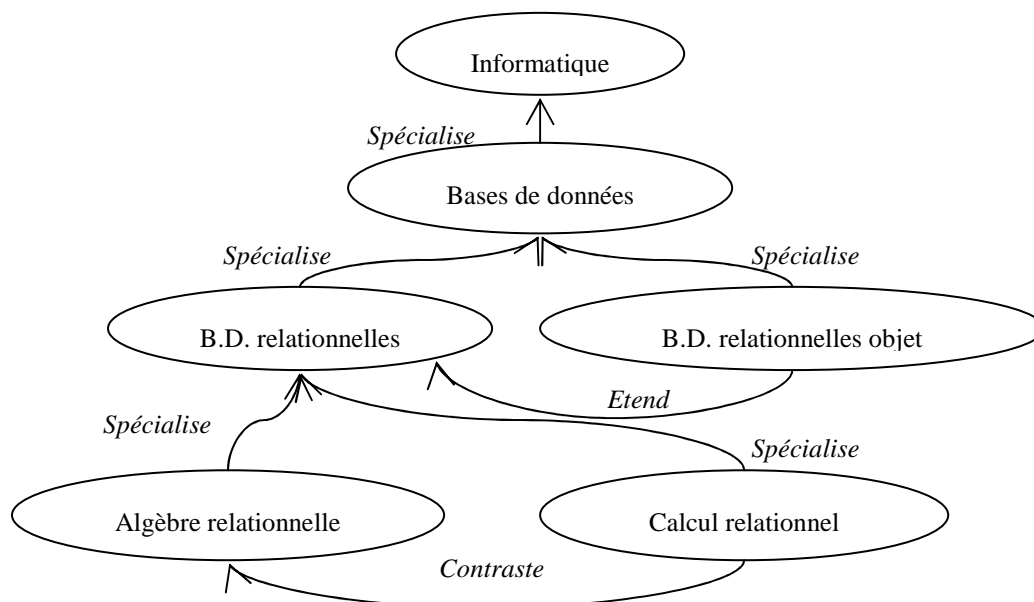


Figure 10 : Extrait d'un modèle de domaine

La figure ci-dessus représente un exemple d'une ontologie de domaine. Il faut noter que le recours aux ontologies est très fréquent dans les travaux sur la formation en ligne tels que [Stojanovic 2001], [Henze 2004], [Chorfi 2007] et [Cheniti 2008] pour en citer quelques uns.

3.3. Modèle de composition

Le modèle de composition définit la façon avec laquelle s'effectue l'assemblage des objets d'apprentissage existants afin d'en créer un nouveau. L'objet créé par assemblage est appelé « objet composé ». La structure d'un tel objet est décrite par un graphe orienté acyclique. Les sommets du graphe se déclinent en deux types, les sommets de type « objet d'apprentissage » et les sommets de type « opérateur ». Un sommet de type objet d'apprentissage peut être soit un objet d'apprentissage atomique, soit un objet d'apprentissage composé. Il peut être l'extrémité de plusieurs arcs, mais ne peut être que l'origine d'un seul. Le deuxième type de sommets concerne les opérateurs dont nous allons expliquer leurs rôles par la suite. Finalement, le graphe doit avoir un sommet racine unique et des feuilles, tous de type objets d'apprentissage.

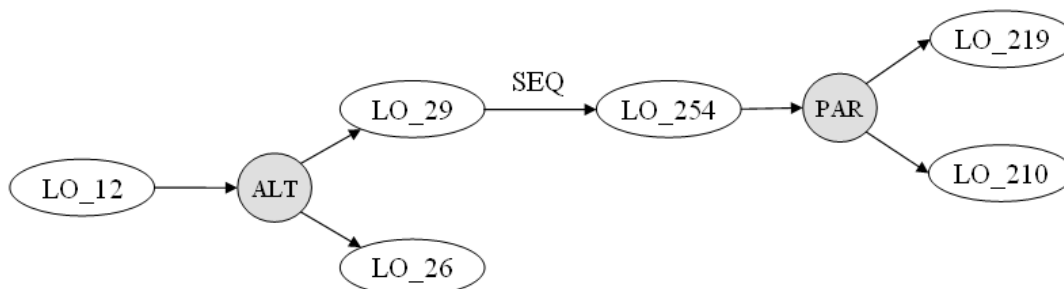


Figure 11 : Graphe de composition d'un objet d'apprentissage composé

Trois types d'opérateurs sont introduits par ce modèle de composition. Le premier opérateur est l'opérateur séquentiel « SEQ ». Il peut être l'extrémité de plusieurs arcs d'un graphe (au moins un) mais ne peut être à l'origine que d'un seul arc. Il permet d'exprimer un ordre d'affichage des objets d'apprentissage. Cet opérateur est considéré comme implicite puisque les arcs du graphe sont capables de véhiculer cette information. Par exemple, dans le cas du graphe ci-dessus les objets d'apprentissage « LO_29 » et « LO_254 » sont connectés par le biais d'un opérateur « SEQ », ceci veut dire que le premier objet, en l'occurrence « LO_29 », doit être affiché à l'apprenant avant l'objet « LO_254 ».

Le deuxième opérateur est l'opérateur parallèle « PAR ». Un sommet de type « PAR » doit être l'extrémité d'au moins un arc et l'origine d'au moins deux arcs. Il permet d'exprimer le

fait que les chemins, dont il est l'origine et dont la fin est le point de convergence ou les feuilles du graphe, peuvent être affichés à l'apprenant dans n'importe quel ordre. La décision sur l'ordre d'affichage est prise par l'apprenant via le système de gestion d'apprentissage utilisé. Dans le graphe donné comme exemple, nous avons un opérateur « PAR » suivi par deux chemins, chacun comporte un seul nœud de type objet d'apprentissage qui sont des feuilles. Ceci signifie qu'une fois que l'apprenant a accédé à l'objet « LO_254 » il a le choix soit d'accéder à l'objet « LO_219 » puis l'objet « LO_210 », ou l'inverse.

Le troisième opérateur est l'opérateur alternative « ALT ». Un sommet de type « ALT » doit être l'extrémité d'au moins un arc et l'origine d'au moins deux arcs. Il permet d'exprimer le fait que les chemins, dont il est l'origine et dont la fin est soit le sommet de convergence soit les feuilles du graphe, sont des alternatives possibles pour la navigation dans l'objet d'apprentissage. Le choix d'un chemin plutôt qu'un autre est pris par le système de gestion de l'apprentissage à base du profil de l'apprenant (ses préférences et ses connaissances). Le graphe donné comme exemple contient un opérateur « ALT » qui est l'origine de deux chemins délimités par des sommets qui sont des feuilles. Une fois que l'apprenant accède à l'objet « LO_12 » le système lui affiche après soit le chemin qui contient l'objet « LO_26 » soit le chemin qui commence par « LO_29 ». Concrètement, « LO_26 » peut être une animation flash, alors que l'autre chemin alternatif contient du texte illustré par des images. Si le profil de l'apprenant contient une indication au niveau des préférences définissant que l'apprenant préfère les animations flash plutôt que le texte, le système de gestion de l'apprentissage va afficher à l'apprenant l'alternatif contenant l'objet « LO_26 ».

3.4. Modèle de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant joue un rôle fondamental dans tout processus de personnalisation. Dans le cas du projet SIMBAD l'apprenant est décrit sous deux facettes : ses préférences et ses connaissances. Concernant les préférences se sont des informations factuelles modélisées sous forme de couples *<attribut, valeur>*. Parmi les attributs on peut citer le nom, le courriel, la langue préférée, etc. Quant aux connaissances elles sont décrites par rapport au modèle de domaine sous forme d'un triplet *<concept, rôle, niveau>*. Le concept fait référence à l'un des concepts du modèle de domaine. Le rôle est l'un des rôles éducatifs tels que : application, définition, introduction, etc. Finalement, le niveau est une valeur discrète qui peut prendre l'une des valeurs suivantes : très faible, faible, moyen, élevé et très élevé.

En fait, un apprenant peut avoir des niveaux différents par rapport à un seul concept selon le rôle. Par exemple, il peut avoir le niveau « moyen » par rapport au rôle « présentation » du concept « bases de données relationnelles » s’il a suivi avec succès un objet d’apprentissage dont la fonction d’acquisition comporte le triplet $\langle \text{bases de données relationnelles, présentation, moyen} \rangle$. Cependant, il peut avoir le niveau « faible » par rapport au rôle « exercice » concernant le même concept s’il a suivi un objet avec la fonction d’acquisition comportant le triplet $\langle \text{bases de données relationnelles, exercice, faible} \rangle$.

Ces informations seront utilisés par le système pour adapter et personnaliser le contenu par rapport aux préférences et au niveau de connaissance de l’apprenant.

4. Objets d’apprentissage dans SIMBAD

4.1. Modèle d’objet d’apprentissage

Dans le cadre de l’approche SIMBAD les objets d’apprentissage sont considérés comme des composants avec une interface décrivant leurs caractéristiques.

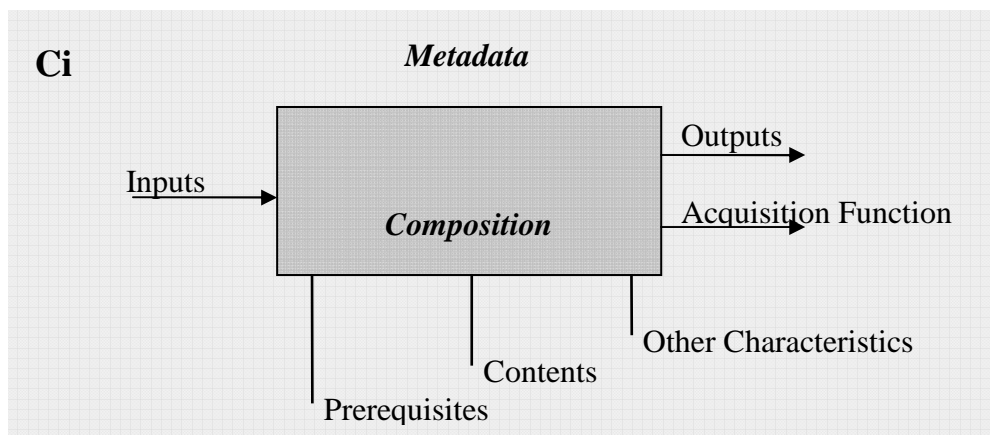


Figure 12 : Vue globale d’un objet d’apprentissage

La Figure 12 montre la façon avec laquelle un objet d’apprentissage est défini dans le projet SIMBAD. En fait, un objet d’apprentissage a un identifiant, des métadonnées et une éventuelle composition. Ainsi, il peut être décrit par le tuple suivant :

$\langle C_i, \text{metadata}, \text{composition} \rangle$
--

C_i est un identifiant unique de l’objet d’apprentissage. Il peut être un identifiant interne au système ou un URI.

La partie métadonnée comporte plusieurs catégories. La première est le contenu qui est décrit par rapport à un référentiel unique qui est le modèle de domaine. Le contenu est décrit par un ensemble non vide de tuples sous la forme suivante :

<domain-concept, role>

Concernant le « domain-concept », il s'agit d'un concept parmi ceux présents dans le modèle de domaine. Le rôle doit refléter ce qu'est l'objet d'apprentissage par rapport au concept.

La deuxième catégorie de métadonnées concerne les pré-requis. Ils sont décrits sous forme d'un ensemble de tuples de la forme suivante :

<domain-concept, role, knowledge-level>

Ici le « knowledge-level » représente le niveau requis par rapport au rôle du concept donné. Il s'agit de comparer ce tuple par rapport aux tuples présents dans le modèle de l'apprenant. Cette comparaison doit prendre en compte le fait que l'apprenant peut avoir un niveau supérieur au niveau de connaissances demandé.

La troisième catégorie concerne la fonction d'acquisition. Cette fonction permet de retourner, en se basant sur le comportement de l'apprenant, s'il y a « échec » ou « succès ». Dans le deuxième cas, une information supplémentaire est fournie pour indiquer le niveau de connaissances associé. Ainsi, le modèle de l'apprenant sera mis à jour, en cas de succès, de façon à ce que chaque tuple du contenu soit ajouté, s'il n'existe pas ou si le niveau de connaissance est amélioré.

La quatrième catégorie concerne les entrées (inputs). Il s'agit d'un ensemble de tuples permettant de paramétrer le déploiement de l'objet d'apprentissage s'il est paramétrable. Chaque tuple prend la forme suivante :

<operation, {message}, documentation>

La quatrième catégorie concerne les sorties (outputs). Il s'agit d'un ensemble de tuples qui prennent la même forme que celles des inputs et qui permettent à l'objet d'apprentissage de retourner des informations (par exemple, l'objet va retourner une évaluation des performances de l'apprenant comme un entier entre 0 et 10).

La cinquième catégorie concerne les autres caractéristiques. Il s'agit de métadonnées éducatives classiques. Le standard LOM [IEE 02] ou un profil d'application LOM peuvent être retenus.

4.2. Graphes de composition

Durant la phase de conception d'un objet d'apprentissage, une fois que sa composition est établie, l'auteur a une vision de l'objet que nous appelons le *graphe abstrait* [Farhat 2004]. Celui-ci peut contenir des objets d'apprentissage complexes. Ces derniers, peuvent à leur tour récursivement contenir des objets d'apprentissage complexes.

Pour que le système puisse déterminer le contenu qui doit être généré une fois que l'objet d'apprentissage est demandé, il doit instancier chaque objet d'apprentissage complexe jusqu'à produire un graphe qui n'est composé que d'objets d'apprentissage simples et d'opérateurs. Il s'agit du *graphe concret*.

Le graphe abstrait, le graphe concret et les graphes intermédiaires reflètent tous les différentes vues d'un même graphe de composition d'un objet d'apprentissage donné.

Par exemple, soit un objet d'apprentissage dont l'identifiant est LO_400 et qui est décrit par le graphe abstrait suivant :

$LO_{400} = LO_{12} \text{ ALT } (LO_{350}, LO_{26})$

Supposons que LO_350 est un objet d'apprentissage complexe ayant le graphe abstrait suivant :

$$LO_{350} = LO_{29} \text{ SEQ } LO_{271}$$

LO_271 est un LO complexe décrit par le graphe abstrait suivant :

$$LO_{271} = LO_{254} \text{ PAR } (LO_{219}, LO_{210})$$

Alors LO_400 aura le graphe concret suivant :

$LO_{400} = LO_{12} \text{ ALT } (LO_{29} \text{ SEQ } LO_{254} \text{ PAR } (LO_{219}, LO_{210}), LO_{26})$
--

La figure ci-dessous montre une illustration graphique pour cet exemple.

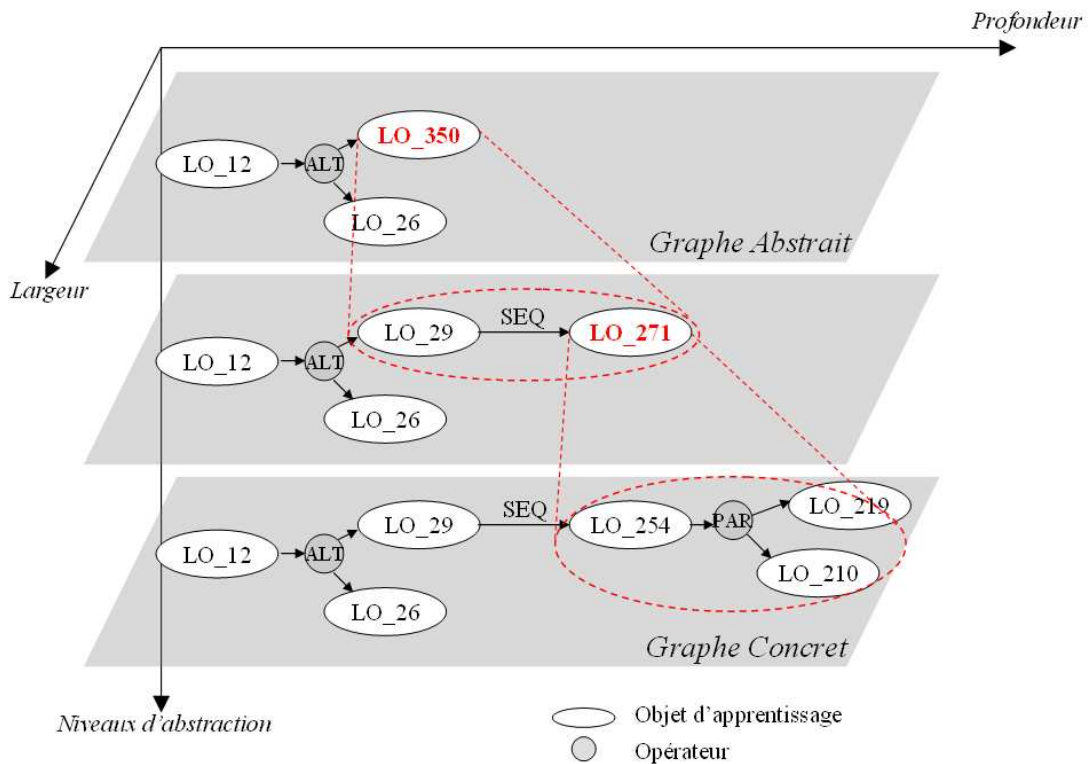


Figure 13 : Différents points de vue d'un graphe de composition

Un graphe concret peut être parcouru de plusieurs façons, chacune est appelée *graphe affichable*. Ils représentent les différentes possibilités de parcours du graphe concret et les différentes façons avec lesquelles le contenu peut être affiché aux apprenants. Le choix d'un graphe affichable parmi d'autres est fait par le système de gestion de l'apprentissage et dépend du profil de l'apprenant. Dans le cas de l'exemple précédant voici les graphes affichables possibles :

```

CC (LO_400) = {
    LO_12, LO_26;
    LO_12, LO_29, LO_254, (LO_219; LO_210);
}

```

Pour générer le graphe de composition concret nous avons défini l'algorithme suivant :

Soient :

C est l'ensemble d'objets d'apprentissage composés.

$root : C \rightarrow O$, est la fonction qui associe à tout objet d'apprentissage composé, l'objet d'apprentissage qui est la racine de son graphe de composition.

E_i est l'ensemble des objets d'apprentissage qui représentent les sommets du graphe de composition de l'objet d'apprentissage composé lo_i .

V_i est l'ensemble des sommets appartenant au graphe de composition de lo_i tel que : $lo_i \in C$.

T_i est l'ensemble des transitions du graphe de composition de l'objet d'apprentissage lo_i tel que : $lo_i \in C$.

t_{kj} tel que $t_{kj} \in T_i$ est la transition dont la source est le sommet lo_k et l'extrémité est le sommet lo_j tel que : $\{lo_k, lo_j\} \subset V_i$

Soit $lo_i \in C$. Le graphe abstrait de lo_i est défini par le triplet $\langle T_i, V_i, r \rangle$ tel que r est le sommet racine du graphe de composition de l'objet composé lo_i . Le graphe concret, défini par le triplet $\langle T'_i, V'_i, r' \rangle$ tel que r' est le sommet racine du graphe de composition concret, est calculé de la façon suivante :

Algorithme 1 : Algorithme de génération du graphe concret

Debut

// Déterminer le sommet racine r' du graphe de composition concret

Si ($r \in C$) Alors

$r' \leftarrow root(r)$

Sinon

$r' \leftarrow r$

Fin si

$T'_i \leftarrow T_i$

$V'_i \leftarrow V_i$

// Substitution des objets d'apprentissage composés par leurs compositions

Tant que ($\exists j \in C \cap V'_i$) Faire

// Etape 1: Ajouter les nouvelles transitions et sommets

$T'_i \leftarrow T'_i \cup T_j$

$V'_i \leftarrow V'_i \cup V_j$

// Etape 2: Connexion du graphe de l'objet j au graphe de composition

$r'' \leftarrow \text{root}(j)$

$T'_i \leftarrow T'_i \cup (\bigcup \{t_{z''}\} / z \in V'_i, \exists t_{z'} \in T'_i)$ // Connexion du début du graphe

$T'_i \leftarrow T'_i \cup (\bigcup \{t_{ey}\} / e \in E_j, y \in V'_i, \exists t_{jy} \in T'_i)$ // Connexion de la fin

// Etape 3: Déconnexion de l'objet j

$T'_i \leftarrow T'_i \setminus (\bigcup \{t_{zj}\} / z \in V'_i, \exists t_{zj} \in T'_i)$ // transitions dont j est l'extrémité

Si ($\exists t_{jy} \in T'_i$) Alors

$T'_i \leftarrow T'_i \setminus \{t_{jy}\}$ // transition dont j est la source

Fin si

// Suppression du sommet j

$V'_i \leftarrow V'_i \setminus \{j\}$

Fin tant que

Fin

5. Problématiques

5.1. Conception d'objets d'apprentissage composés

Certes l'approche SIMBAD offre les moyens nécessaires pour rendre effectif d'une part la réutilisation des objets existants et d'autre part la personnalisation de l'objet composé suivant les profils des apprenants. En effet, l'approche offre en plus des métadonnées conventionnelles des métadonnées sémantiques. De plus, grâce aux opérateurs les possibilités de connexion et de structuration de l'objet sont multiples et variées.

Cependant, cette approche ainsi que les approches similaires sont souvent difficiles à faire adopter par les auteurs et les concepteurs d'objets d'apprentissage. Les raisons derrière cette

résistance peuvent se résumer en deux facteurs. Le premier c'est le manque de motivations pour convaincre les auteurs d'adopter ces approches en adaptant leurs méthodes de travail. Le deuxième facteur réside dans le fait que dès que la taille de l'objet composé dépasse une certaine limite l'auteur a de la difficulté à garantir certaines propriétés, voire même à bien appréhender toutes les facettes de cet objet (structurelles et sémantiques).

5.2. Assistance et guidage

Adopter la réutilisation par composition comme moyen pour concevoir et développer des nouveaux objets d'apprentissage est un défi malgré les avantages qui en découle au niveau institutionnel et démontrés par plusieurs travaux tels que [Downes 2001]. Toutefois, ceci oblige les auteurs à adapter leurs méthodes de travail et à faire l'effort de comprendre d'une part les possibilités offertes et d'autre part les contraintes à respecter.

Pour surmonter cette difficulté il est important à notre avis de proposer une approche d'assistance. Celle-ci doit offrir d'une part une démarche logique et claire pour la conception d'objets d'apprentissage par composition. Il est également important de décharger dans la mesure du possible l'auteur des tâches qui peuvent être automatisées.

5.3. Vérification de la cohérence

Un autre facteur pouvant compromettre l'adoption de la conception par composition d'objets d'apprentissage est le risque d'incohérence. En effet, il est possible que l'assemblage donne naissance à un objet comportant des anomalies au niveau sémantique ou au niveau structurel. Un exemple d'une incohérence sémantique c'est le cas où un objet B doit être délivré à l'apprenant après un objet A alors qu'il traite un concept qui figure parmi les pré-requis nécessaires pour la compréhension des concepts traités par l'objet A. Un autre exemple d'incohérence structurelle est celui où un graphe contient une feuille de type opérateur.

La vérification de la cohérence de l'objet composé par l'auteur peut s'avérer une tâche difficile en particulier dans les deux cas suivants. Le premier cas c'est lorsque le graphe de composition atteint une certaine taille, à ce moment la vérification manuelle de la cohérence devient inévitablement difficile et pénible sans la garantie que la vérification soit complète et valide. Le deuxième cas c'est lorsque l'incohérence n'est visible qu'au niveau du graphe de composition concret ou d'un graphe intermédiaire.

Pour recourir à cette problématique il faut que l'approche d'assistance soit capable d'analyser et de vérifier automatiquement la cohérence sémantique et structurelle d'un objet composé. Il

est également souhaitable à ce niveau de calculer et de fournir des informations supplémentaires permettant à l'auteur d'avoir une vue d'ensemble sur l'objet qu'il vient de composer. En effet, des informations implicites déduites automatiquement peuvent aider l'auteur à découvrir des facettes cachées de l'objet en particulier la vue système (graphe de composition concret) et la vue apprenant (graphes affichables). Ceci doit offrir aux auteurs et concepteurs des objets d'apprentissage composés des éléments nécessaires pour améliorer et pour raffiner leurs objets suivant un processus itératif et incrémental.

5.4. Métadonnées

Renseigner les métadonnées pour un objet d'apprentissage est certainement une tâche pénible. En effet, dans le cas du standard LOM de l'IEEE [IEEE 2002] on se trouve avec soixante seize éléments classés en neuf catégories. Ceci doit démotiver les auteurs pour remplir ce nombre élevé d'informations.

Ainsi, il est préférable de pouvoir contribuer à cette tâche en exploitant les informations disponibles pour contribuer d'une façon automatique à la génération des métadonnées éducatives de l'objet composé. Pour y parvenir il est possible d'utiliser d'une part les métadonnées éducatives des objets réutilisés et d'autre part les informations explicites et implicites propres à l'objet composé.

5.5. Etude de conformité

Il est d'usage qu'une organisation ou une institution éducative définissent des règles ou des directives ou encore des lignes directrices qui portent sur la conception des objets d'apprentissage. Certains des aspects évoqués dans ce contexte sont mesurables et calculables automatiquement. Par exemple il est possible de vérifier automatiquement si une instance de métadonnées éducatives est conforme ou pas à un profil d'application LOM donné. D'autres aspects relatifs à la sémantique, à la structure ou mixtes doivent pouvoir être vérifiés d'une façon automatique.

6. Conclusion

Après avoir passé en revue des approches de composition et de personnalisation de documents numériques, nous avons présenté l'approche SIMBAD. L'accent a été mis sur le modèle d'objets d'apprentissage. Nous nous sommes intéressés en particulier au cas des objets composés par réutilisation d'autres objets. La dernière partie a été réservée à l'énoncé de la

problématique. Celle-ci a été détaillée tout en précisant les différents aspects qui méritent d'être pris en compte afin de faciliter la conception et le développement des objets d'apprentissage composés par réutilisation d'autres objets.

Dans le chapitre suivant nous allons introduire notre approche d'assistance pour les auteurs d'objets d'apprentissage composés. Cette approche doit tenir compte des différents aspects évoqués lors de l'analyse de la problématique. En effet, elle doit offrir les moyens nécessaires pour aider les auteurs à chercher, composer, analyser, annoter et vérifier la conformité lors de la phase de conception et de développement d'un objet d'apprentissage composé.