

Génération Dynamique De Documents Pédagogiques Structurés et Adaptatifs

Hassina Seridi-Bouchelaghem & Mokhtar Sellami

Laboratoire de Recherche Informatique (LRI)
Université de Badji Mokhtar. B.P 12, Sidi Amar, 23000.
Annaba. Algérie
H_seridi@yahoo.com & sellami@lri-annaba.net

RÉSUMÉ. Ce papier présente une approche pour la génération de documents pédagogiques structurés et adaptés au contexte d'apprentissage, au profil et aux préférences des apprenants. Notre approche repose sur la modélisation des connaissances sous forme d'ontologies. Une méthode de génération de documents pédagogiques adaptatifs et structurés est proposée et implémentée dans un prototype. Cette méthode est basée sur une ontologie du domaine, un modèle de l'apprenant, une annotation préalable des fragments de documents et un ensemble de règles pédagogiques pour générer un parcours dynamique adapté à l'apprenant.

ABSTRACT. This paper presents an approach for the generation of educational and structured documents, adapted to the training context, to the learner profile and preferences. Our approach rests on the modelling of knowledge under shape of ontologies. A method of adaptive educational document generation is proposed and implemented in a prototype. This method is based on a domain ontology, a learner model, a previous annotation of document fragments and a set of pedagogical rules to generate a dynamic course adapted to a learner.

MOTS-CLÉS : Système d'Enseignement Interactif, Document Pédagogique Adaptatif, Ontologie du Domaine, Modèle de l'apprenant, Règles pédagogiques.

KEYWORDS: Interactive teaching system, Adaptive Pedagogical Document, Domain Ontology, Learner Model, Pedagogical Rules.

1. Introduction

Les nouvelles technologies ont favorisé l'émergence de documents déstructurés, les hypermédias en sont un exemple. Liberté de navigation, intégration du multimédia, mondialisation de l'information, avec l'ambition de préserver ces caractéristiques des hypermédias, les recherches actuelles amorcent un retour vers plus de structure et d'adaptabilité dans les documents.

Nos recherches se focalisent sur les systèmes adaptatifs. A la différence de certains travaux [2] qui ont recherché des formes d'adaptabilité d'un hypermédia préexistant, nous essayons dans ce projet de construire dynamiquement un parcours à travers un ensemble de documents sélectionnés. Rejoignant en cela les objectifs de ARIADNE [1].

Un générateur de documents pédagogiques structurés et adaptés aux besoins des apprenants a été mis au point. Le cours sera composé à partir d'un ensemble de matériaux pédagogiques préalablement annotées. La génération de ce cours est basée sur une méthode de composition de documents [4], une modélisation de l'apprenant et un ensemble de règles pédagogiques. Le cours généré est spécifiquement adapté à un objectif, un profil de l'apprenant et à de nouvelles situations d'apprentissage.

Après avoir présenté les niveaux d'interactions dans notre système, nous présenterons l'architecture et les principes de composition de cours adaptatifs.

2. Les niveaux d'interactions dans le processus de génération de cours

Les décisions didactiques sont prises à l'issue de l'évaluation des connaissances de l'apprenant. Pour nous, la génération du plan didactique adaptatif vient à concrétiser la composition de documents pédagogiques adaptés au profil de l'apprenant. L'idée de base est d'utiliser le modèle de l'apprenant et le modèle du domaine pour extraire et organiser les connaissances dans le but de satisfaire l'objectif pédagogique. Le processus de génération est réalisé en trois étapes (Figure 1).

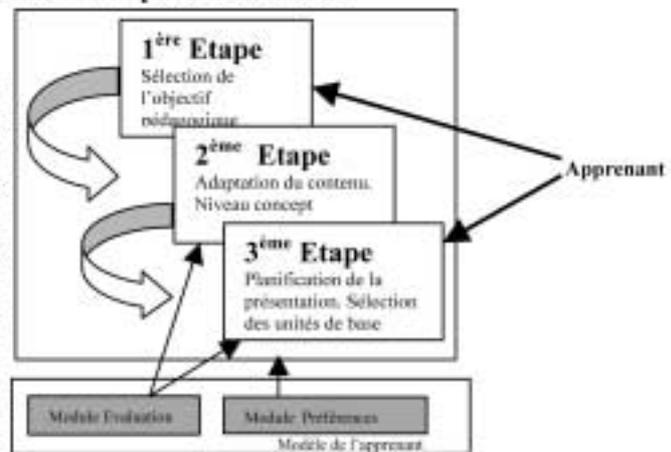


Figure 1 Les niveaux d'interactions

Dans notre approche, nous supportons le mode d'adaptation de l'apprentissage suivant : l'apprenant sélectionne un objectif pédagogique (OP) à l'étape 1. Chaque (OP) est relatif à un sous ensemble de concepts du domaine de connaissances. L'ensemble des concepts pondérés et concernés sont extraits de l'ontologie du domaine; les unités de base qui vont constituer le parcours de l'apprenant sont sélectionnées, filtrées et organisées en plan didactique à présenter à l'apprenant. L'apprenant sera soumis à des tests d'évaluation de connaissances pour les concepts concernés par (OP).

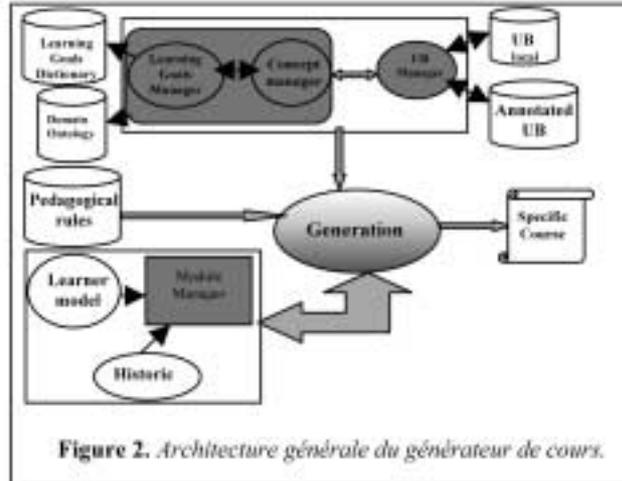
Durant l'interaction Système-Apprenant, le module d'évaluation de l'apprenant et le module préférences gardent la trace sur les performances et les préférences de l'apprenant. Le résultat de la procédure d'évaluation influence le processus de génération de cours. Six catégories sont utilisées dans notre système pour classer le niveau de compréhension de l'apprenant pour les concepts de l'objectif sélectionné : { EI, I, RI, RS, AS, S}={Extrêmement Insuffisant, Insuffisant, Plutôt Insuffisant, Plutôt Suffisant, Presque Suffisant, Suffisant}.

3. Architecture générale du système

L'architecture générale est donnée dans la (Figure 2). Les traitements seront effectués par le serveur qui donne l'accès pour les utilisateurs à une interface Internet générée dynamiquement. L'architecture consiste en un serveur, un navigateur et d'autres services. L'accès aux structures est réalisé par le générateur de cours.

3.1. Les composants architecturaux

Le système de génération de documents adaptatifs comprend les quatre principaux modules d'un SEI [3] : un module de représentation de la connaissance du domaine, un module de représentation de la connaissance pédagogique, un modèle de l'apprenant, un module de gestion des interactions et un moteur qui prend en charge la composition du cours et supervise le déroulement du processus d'apprentissage et qui se trouve à la croisée des modules précédemment cités. (Figure 2)



3.1.1 Objectifs pédagogiques

L'objectif pédagogique est la notion centrale autour de laquelle s'organise le contenu pédagogique. Chaque objectif pédagogique est décrit de manière précise en spécifiant pour chacun : Quoi ? Comment ? Quand ? Pourquoi ? L'objectif pédagogique est formalisé par un graphe conceptuel et stocké dans un dictionnaire.

3.1.2. Concepts

Les concepts sont évoqués par les objectifs pédagogiques. Un concept peut concerner plus d'un objectif pédagogique. L'apprenant est évalué sur les concepts de l'objectif pédagogique choisi. Un concept n'est pas considéré de la même manière suivant le point de vue selon lequel on se place. Nous associons à chaque concept un poids suivant son ordre d'importance. Les concepts et les relations entre les concepts sont définis dans l'ontologie du domaine.

3-1-3 Unités de base

Nous entendons par unité de base (UB), un document multimédia ou non qui possède intrinsèquement une qualité pédagogique, c'est à dire qu'il peut être utilisé dans le cadre de la transmission d'un savoir. Il paraît opportun de mettre en commun les (UBs) et de les indexer proprement afin qu'elles puissent être retrouvés et réutilisés. Elles peuvent être créés dans notre système par l'auteur ou importées par ce dernier de sources externes et intégrés dans le système sous forme de méta-données.

```
<!--** DTD GENDOC**-->
<ELEMENT UB_annot (Information_général, Sémantique, Ressource,
Information_pédagogique)
<ELEMENT Information_général (Identifiant?, Titre?, Auteur?, Date,
Langue?, Éditeur, Source)
<ELEMENT Sémantique_Ressource (Discipline, Sous_discipline, Ontologie,
Concept_s, Concept_d, Relation, Autres_concept*)
<ELEMENT Information_pédagogique (Type_utilisateur, Rôle_UB, Format_UB,
Romanque_image, Contexte, Niveau_difficulté ?, Niveau_interactivité ?,
Densité_sémantique, Durée_pédagogique)
<ELEMENT Identifiant (Idari)
<ELEMENT Titre (#PCDATA)
<ELEMENT Date (#PCDATA)

--
<ELEMENT Rôle_UB EMPTY>
<ATTLIST Rôle_UB
(Enoncé|Solution|Exercice*|Explication|Conclusion|Preuve|Théorème|Définition...)
#REQUIRED)

--
<ELEMENT Format_UB EMPTY>
<ATTLIST Format_UB
(Texte|Vidéo|Applet|Image|Son)
#REQUIRED)

--
<ELEMENT Niveau_difficulté EMPTY>
<ATTLIST Niveau_difficulté
(0|1|2|3|4) #REQUIRED)

--
<ELEMENT Concept_s (#PCDATA)
<ATTLIST Concept_s
(poids) (#PCDATA) #IMPLIED)

Table 1 DTD annotée UB.
```

Le Learning Technology Standardisation Committee des IEEE s'est appuyé sur les travaux de ARIADNE [1] et de l'IMS [6] pour élaborer une proposition de standard pour définir la structure des métadonnées d'un objet pédagogique ou LOM [7]. Une DTD compatible avec les recommandations de ARIADNE a été mise au point (Table 1). Chaque (UB) aura un rôle à jouer lors de l'organisation du cours. Les rôles sont des énoncés, solutions d'un exercice, explication, exercice (QCM, Test Vrai/Faux,...), conclusion, une preuve, explication, théorème, définition,...

3.1.4. Modèle du domaine

Deux caractéristiques sont fondamentales dans la théorie de conception pédagogique : la représentation du contenu de la matière à enseigner et l'organisation de ce contenu. Il nous semble que les ontologies peuvent être utiles à la réalisation de ces deux étapes. Gruninger définit une ontologie comme une description formelle d'entités et leurs propriétés, relations, contraintes, comportement [5]. En utilisant une ontologie du domaine, nous essayons d'adapter de nouvelles techniques de représentation de connaissances aux systèmes éducatifs. Nous, nous intéressons à la modélisation et à la représentation de connaissance reposant sur la sémantique. Nous modélisons l'ontologie du domaine sous forme de graphe conceptuel (GC)[9]. Pour concevoir cette ontologie, nous avons recensé et organisé les concepts utilisés dans un cours sur les réseaux dispensé au département d'informatique. Les graphes conceptuels sont utilisés uniquement comme notation, les données dans notre système sont ensuite stockées dans une base de données relationnel pour faciliter le calcul de distance sémantique entre les vecteurs d'états conceptuels. Les concepteurs d'applications pédagogiques utilisent les ontologies pour modéliser la connaissance du domaine de cursus pédagogique, résoudre certains problèmes et inférer de nouvelles connaissances. La définition d'ontologies du domaine enseigné est alors nécessaire mais ce sont les interactions entre les utilisateurs et le système qui intéressent le plus les concepteurs des SEI, nous détaillons dans ce qui suit, comment ces interactions sont prises en compte.

3.1.5 Modèle de l'apprenant

Le modèle de l'apprenant est l'élément clé de notre système car il intervient dans le processus de composition et génération de documents pédagogiques adaptatifs et dans le processus d'apprentissage. Il est composé de deux parties :

Partie statique : ces informations sont statiques et changent rarement durant la session d'apprentissage et consiste en : *identification de l'apprenant* tel que le nom, le prénom, la spécialité, le diplôme ou certificat préparé, la langue et les objectifs pédagogiques initiaux qui indiquent les compétences que l'apprenant veut acquérir.

Partie dynamique : ces informations changent avec l'évolution de l'apprenant durant la session d'apprentissage et consiste en : - *le statut d'apprentissage* contient les informations sur le chemin suivi par l'apprenant pour accomplir les activités relatives à l'objectif poursuivi, *le style d'apprentissage* n'est pas statique et peut être modifié durant le processus d'apprentissage, *les préférences de l'apprenant* (type physique des documents,...) et *le niveau de compétence* qui est calculé sur la base de l'activité d'évaluation et sera comparé au niveau minimum déclaré pour le concept lors de la phase d'annotation des unités de base de type exercices. Pour le calcul du niveau de compétence, les attributs suivants sont nécessaires : les concepts évoqués, les unités de

base visitées, l'estimation faite par le dispositif d'évaluation concernant chaque concept évoqué, l'évolution de l'apprenant.

Toute action de l'apprenant est analysée et répertoriée au niveau de ce modèle. Le modèle de l'apprenant doit traduire à chaque instant le niveau de connaissance de l'apprenant. L'estimation faite par le dispositif d'évaluation pour un concept est calculée suite à l'interaction de l'apprenant lors de son passage par une unité de base exercice du concept. L'évaluation des réponses est assurée par des règles de production déclenchées par chaînage avant. La partie statique du modèle de l'apprenant est initialisé par l'apprenant (questionnaire) et la partie dynamique par les modules évaluation et préférence de l'apprenant. Cette opération consiste à initialiser pour chaque objectif pédagogique sélectionné les différentes entités qui décrivent les concepts manipulés par l'objectif pédagogique. Initialement, l'évaluation des concepts de l'objectif est au minimum de points attribués. A chaque fois que l'apprenant visite une unité de base du plan didactique qui lui est proposé, la mise à jour du modèle de l'apprenant est effectuée. Cette mise à jour tient compte du comportement de l'apprenant. Elle se fait pour chaque concept de l'objectif pédagogique sur la base des informations existantes dans le modèle. *Exemple* : L'état d'évolution de l'apprenant pour le concept doit être faite suivant des heuristiques de la forme : **Si (Etat=AS) et (Réponse=bonne) Alors Etat= MS.**

3.1.6. Les règles pédagogiques

Les règles pédagogiques représentent les différentes stratégies pédagogiques possibles. Les stratégies pédagogiques sont les heuristiques utilisées par les enseignants pour diriger la navigation de l'apprenant au travers d'un ensemble de ressources. L'apprenant n'aura de visible que le plan d'enseignement et les interactions. Nous distinguons trois types de règles pédagogiques. Le premier type de règles est relatif au rôle joué par les unités de base et à leurs ordonnancements pour bâtir un plan didactique. Elles peuvent être indépendantes du contexte, comme elles peuvent dépendre des contraintes imposées sur les concepts. *Exemple de règle* : Une introduction à un sujet précède l'explication du sujet. Les bases théoriques de la transmission des données sera accessible avant la topologie LAN.

Le deuxième type de règles est appliqué d'une manière dynamique et nécessite une évaluation de l'apprenant en temps réel comme c'est le cas dans notre système. Le troisième type de règles est propre à la stratégie adopté et dictée par le style d'apprentissage pour l'apprenant. *Exemple* : Pour un style d'apprentissage, si un exemple et une explication se réfèrent à un même sujet, la présentation de l'explication doit précéder la présentation de l'exemple.

3.2. Le processus de génération de cours

La génération de documents adaptés se déroule suivant le processus *Sélection, filtrage et organisation* [8]. L'étape de **sélection** d'unités de base consiste à déterminer, en fonction de certains objectifs, un ensemble de descriptions conceptuelles correspondant à des parties du modèle du domaine qui doivent être traitées. Le générateur de cours (GC) est en mesure de sélectionner les unités de base qui correspondent le plus à ces descriptions. Pour cela, le (GC) doit connaître la sémantique contenue dans les (UBs). Il les évalue en fonction de leur pertinence et du profil de l'apprenant. Les unités de base qui sont sélectionnées sont celles dont l'importance dépasse un seuil fixé. Chaque (UB) a été annotée en respectant le vocabulaire et les contraintes d'une ontologie. Dans notre approche la sélection des (UBs) repose sur le calcul de la proximité sémantique entre vecteurs d'état conceptuel. Dans la base des (UBs) annotées, une recherche des annotations candidates va se dérouler pour déduire les graphes conceptuels qui sont les plus proches possibles du modèle donné par l'ontologie du domaine.

Un seul type de **filtrage** a été implémenté à l'heure actuelle dans notre prototype et concerne les préférences de l'apprenant en terme de type physique des unités de base. Si deux (UBs) ont une même description sémantique avec un support physique différent, l'unité de base retenue est celle qui correspond au type physique préféré par l'apprenant.

Après l'étape de filtrage, le système connaît toutes les unités qui doivent figurer dans le cours. Il s'agit d'attribuer des contraintes de préférence entre les unités de base pour permettre au système de bâtir un plan didactique. Les contraintes sont exprimées par trois types de règles pédagogiques. La structure finale du cours est dictée par le type d'apprentissage de l'apprenant. En effet, à chaque type est associé un

```
<!--*** DTD CANEVAS***-->
<ELEMENT DOCUMENT (Début,Corps, Fin)
<ELEMENT Début (Résumé, Table_matière,
Introduction)
<ELEMENT Corps (Descendant(Ascendant,...)
<ELEMENT Fin (Conclusion, Références, Glossaire)
<ELEMENT Ascendant (Exemple, Théorisation,
Instruction_Ascen)
<ELEMENT Théorisation (Théorème|Description|
Définition|Preuve|Formule)
.....
<ELEMENT Descendant (Théorisation, Exemple,
Instruction_Descen)
.....
```

Table 2 DTD Canevas Document Pédagogique.

canevas qui décrit la structure du document à présenter à l'apprenant. Ainsi, chaque canevas détermine l'ordre et la structure du document pédagogique souhaité. Un apprenant peut préférer un exemple avant l'explication du concept. Un autre peut désirer l'explication du concept avant l'exemple. Les différents canevas sont représentés par un fichier XML générique qui est validé par la DTD (Table 2). Le canevas est la structure de présentation du concept, elle définit séquentiellement les éléments pédagogiques. La génération du cours suivant est principalement fonction du modèle de l'apprenant dans sa globalité, ainsi que de la base des unités de base

annotées. Le (GC) récupère l'état d'évolution de l'apprenant pour les concepts de (OP) et régénère un autre document du concept non assimilé avec des (UBs) de difficultés inférieures.

4. Conclusion

Nous avons exposé une méthode de génération de documents pédagogiques structurés et adaptatifs basé sur une méthode de composition. Une fois l'objectif pédagogique sélectionné, une projection sur l'ontologie du domaine est opérée afin d'en extraire la partie qui doit être traitée. Un ensemble d'unités de base sont sélectionnées, filtrées et organisées en plan didactique. Ce principe présente un certain nombre d'avantages : applications de différentes stratégies pédagogiques, mise à jour de la base de donnée simple car il suffit de rajouter une annotation de l'unité. Le système est réalisé avec le langage JAVA. Une validation du système avec un cours sur les réseaux sera réalisée avec une population d'étudiants.

5. Bibliographie

- [1] ARIADNE, 2001. Alliance of Remote Instructional Authoring and Distributions Networks for Europe. <http://ariadne.unil.ch/Metadata>
- [2] Brusilovsky.P., Schwarzl.E., Weber.G., 1996. A Tool For Developing Hypermedia-based ITS on WWW. In *Proceedings of the Third International Conference on intelligent Tutoring System (ITS'96)*, Berlin.
- [3] Canut Françoise.M, Gouardères.G et Sanchis.E., 1999. The Systemion : A New Agent Model to Design Intelligent Tutoring System. *Actes de la neuvième Conférence Internationale de l'intelligence Artificielle en Education, AI-ED'99, IOS Press.*
- [4] Crampes.M, Ranwez.S., 2000. Ontology-Supported and Ontology-Driven Conceptual Navigation on the World Wide Web. *Proceedings of HT'00, the 11 ACM Conference on Hypertext, San Antonio, Texas, 2000.*
- [5] Gruninger.M et Mark.S.Fox., 1995. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. *Workshop on Ontological Issues in Knowledge sharing, IJCAI, Montreal.*
- [6] IMS, 2002. Standard for Learning Objects. <http://www.imsproject.org/metadata>
- [7]LOM <http://Itsc.ieee.org/wg12/index.html>
- [8] Seridi-bouchelaghem.H, Sari.T, Sellami.M., 2003. Dynamic Generation of Adaptive Pedagogical Documents. *ITHET(2003)*, Marrakech, MAROC, juillet 2003.
- [9] Sowa. F., 1984. *Conceptual Structures : Information Processing in Mind and Machine*. Ed. Addison-Wesley, 1984.