



## 1. Introduction

La problématique de la mise en œuvre d'un environnement numérique de travail (ENT) pour l'enseignement médiatisé s'est constamment affinée surtout avec l'explosion de l'Internet et le développement de la technologie du Web. Ces dernières décennies, les Technologies d'Information et de Communication (TIC) constituent des ressources appréciables pour réaliser des applications à caractère pédagogique et permettant de mettre à la disposition des enseignants des outils efficaces pour répondre aux exigences des apprenants et à leurs attentes.

La convergence de ces technologies vers l'encodage numérique, la mise sur réseau en continu des nouvelles connaissances à transmettre dans le domaine éducatif ont permis aux apprenants d'accéder rapidement à une masse presque infinie d'informations diversifiées et récentes nécessaires à leur formation. Cependant, construire un document pédagogique en ligne demande un investissement important et continu (si l'on veut que les cours proposés puissent évoluer). Bien que de nos jours, beaucoup d'outils soient disponibles pour faciliter la construction des documents, il semble que ces outils ne tirent pas assez partie des avancés des TIC.

Un ENT désigne un dispositif global fournissant à un usager un point d'accès à travers les réseaux à l'ensemble des ressources et des services numériques en rapport avec son activité. Les ENT vont offrir à l'usager différents services en fonction de son profil (apprenant, enseignant, direction, personnel, etc.). En plus des services de base (identification, courrier électronique, forum de discussion, agenda, publication Web, etc.), un ENT regroupe d'autres services applicatifs pour l'enseignement avec l'accès aux ressources pédagogiques comme les services documentaires (conception, production et diffusion des documents) services d'apprentissages (personnalisation, adaptation, orientation et guidage). Le déploiement de ses services applicatifs pose cependant des problèmes de cohérence fonctionnelle, technique et organisationnelle. C'est dans ce contexte que se situe notre travail de recherche qui a pour objectif de définir un ENT de type hypermédia dynamique adapté de l'enseignement médiatisé. Cet espace de travail doit être suffisamment modulaire pour ne pas imposer une pédagogie des usagers ou une organisation. Il doit être également adaptable à l'apprenant qui constitue le principal centre d'intérêt le principal acteur, car c'est le savoir actualisé qui va constamment vers l'apprenant. Cette démarche requiert cependant des efforts pour la production, le rassemblement, l'édition et la diffusion de différents types de documents (cours, illustrations, bibliographies, exercices, corrigés, etc.). La forme de ce type de documents et leur structure ne sont généralement pas adaptées à une exploitation pédagogique directement par l'apprenant. En effet, dans un objectif de formation, il convient entre autre, d'intégrer la gestion du niveau de l'apprenant, de vérifier l'acquisition des connaissances, de personnaliser avec des exemples la formation, etc....

Il serait donc plus intéressant d'offrir selon les spécificités des apprenants, des contenus personnalisés et des parcours plus adaptés, afin de maîtriser effectivement la gestion des connaissances à transmettre. Notre démarche rejoint l'avis des experts du domaine recommandant de centrer davantage les efforts autour du contenu.

Dans cet article, nous commençons par décrire le document pédagogique, ses caractéristiques et ses structures ainsi que l'émergence du document virtuel personnalisé. Nous donnons une vue d'ensemble sur l'évolution des systèmes hypermédias adaptatifs. Nous présentons ensuite notre approche de modélisation d'un document pédagogique adapté ainsi que ses structures logique et sémantique et nous explicitons le modèle de l'apprenant préconisé. Sur la base de ce modèle, nous avons conçu et réalisé un environnement numérique de travail MEDYNA de type hyperMEdia aDaptatif dYNAmique destiné à l'enseignant pour la rédaction de documents pédagogiques et la génération dynamique des contenus adaptés.

---

## 2. Document Pédagogique

A l'ère du web et du multimédia, la notion de document pédagogique devient difficile à identifier. En effet ces documents ne sont plus seulement textuels, plusieurs média (texte, image, son, vidéo ...) de base sont aujourd'hui utilisés. Nous savons très bien l'apport du multimédia, dans le cadre éducatif et ses bénéfices au transfert de la connaissance et du savoir. Plus on stimule les sens des apprenants, et on capte leur attention, plus l'information est compréhensible. D'un autre côté, une information multimédia est souvent plus facile à mémoriser qu'une information mono média.

Par ailleurs, la qualité de l'enseignement peut être améliorée si la composante hypertexte est ajoutée dans la structuration de ces documents [19]. Nous savons aussi, que les hypertextes aident beaucoup l'apprenant à mieux représenter la connaissance [16] et favorisent l'initiative de l'apprenant, puisque ce dernier doit interagir avec le système et devient donc actif dans le processus d'apprentissage. Cependant, les documents multimédias sont non seulement caractérisés par des contenus de nature diverse mais aussi par l'organisation de ces contenus. Or La médiatisation de l'enseignement et de l'apprentissage nécessaire en enseignement à distance et en formation en ligne passe par l'application rigoureuse d'une notion centrale en pédagogie : la modularisation de l'apprentissage.

En effet, l'apprentissage en enseignement à distance (EAD) ne peut être réalisé de façon linéaire et globale mais plutôt, par agencement cohérent de petites activités d'apprentissage, par rapport à des objectifs à atteindre. Ces petites activités doivent être précises et imbriquées les unes par rapport aux autres, sur lesquelles il est possible de construire sans cesse de nouvelles connaissances. Cela revient à dire qu'en EAD,

l'apprentissage se fait grâce à un ensemble de petits cours imbriqués formant un tout, arbitrairement défini comme un cours. Cette approche est souvent appelée la « granulation » des apprentissages. Elle vise à segmenter les apprentissages à acquérir en petites unités cohérentes (éléments textuels, graphiques, des images, des sons et des vidéos) qui, une fois réorganisées, formeront un tout cohérent plus structurant que l'ensemble des unités prises individuellement. La difficulté est comment peut-on définir le niveau adéquat de granularité de ces unités élémentaires?

En effet, différentes caractéristiques, parfois contradictoires peuvent être considérées pour établir une définition d'un document pédagogique. La définition la plus utilisée est la suivante [20]: « Un document pédagogique est un regroupement d'objets reliés entre eux par des relations de différentes nature (logique, spatiale, hypertexte et temporelle) ». Nous allons donc définir ces objets pédagogiques, ainsi que la manière de les représenter au sein de ces documents afin de permettre la portabilité et le traitement par des applications variées. L'IEEE, (Institute of Electrical and Electronics Engineers) définit un «objet pédagogique» comme une entité numérique ou non, qui peut être utilisée, réutilisée ou référencée dans toute activité liée à l'enseignement ou à l'apprentissage [4]. On entend ici par «activité», les systèmes d'enseignement assistés par ordinateur, les environnements interactifs d'apprentissage, les systèmes tuteurs intelligents, les systèmes hypermédias adaptatifs et les environnements d'apprentissage collaboratif.

Par ailleurs, le document est non seulement défini par un contenu mais aussi par des traitements qu'il est possible d'y appliquer (rédaction, lecture, navigation, ajout d'annotation, etc.) et aussi par des acteurs qui peuvent agir sur le document. Il en découle une difficulté pour la mise en place de modèles généraux pour intégrer différents besoins de traitements des documents pédagogiques. C'est donc un travail de modélisation qu'il faut effectuer pour représenter, structurer, indexer et rechercher des informations au sein de ces documents. De part la nature hypermédia du document pédagogique, nous nous sommes orienté sur les stratégies d'adaptation utilisées dans ce type de document. Nous allons voir aussi qu'en fonction des systèmes les objets pédagogiques sont variables.

---

### 3. Les hypermédias adaptatifs

Les systèmes hypermédias adaptatifs ont considérablement évolué et ont ouvert un nouvel axe de recherche dans le domaine de l'enseignement médiatisé. Parmi ces systèmes on retrouve les systèmes hypermédias adaptatifs et les systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques :

### 3.1. Systèmes hypermédias adaptatifs

Dans un cadre éducatif, un hypermédia adaptatif va permettre de mieux guider l'apprenant dans son apprentissage, or nous avons vu qu'un hypermédia est composé de pages et de liens. De ce fait, nous devons modifier aussi bien le contenu des pages que les liens entre ces dernières. Selon Brusilovsky [5] ils sont de deux sortes, ceux qui adaptent le contenu présenté à l'apprenant (adaptive presentation) et ceux qui adaptent les liens présentés à l'apprenant (adaptive navigation support).

#### 3.1.1. Adaptation du contenu

L'objectif est d'adapter le contenu des pages de l'hypermédia en fonction des caractéristiques, des volontés et des buts de l'apprenant. Ainsi, les apprenants qui accèdent à une même page, mais en ayant des profils différents, doivent visualiser en fait des pages différentes. Parmi les systèmes qui adaptent le contenu présenté se distinguent trois types :

- Ceux qui adaptent le texte par une adaptation des fragments : par sélection, filtrage, l'ordonnement des fragments ;
- Ceux qui choisissent le média le plus approprié ;
- Ceux qui adaptent le mode de présentation.

Pour l'instant, très peu de systèmes effectuent une adaptation du contenu, et lorsqu'ils le font, l'adaptation n'a souvent lieu qu'au niveau des données textuelles.

#### 3.1.2. Adaptation des liens

L'objectif est d'aider l'utilisateur à se repérer dans l'hyperespace ou à l'obliger à utiliser certains liens plutôt que d'autres. Différentes techniques ont été développées au fil des années, entre autres, le guidage direct, l'ordonnement des liens, le masquage des liens, l'annotation des liens ou encore les cartes adaptatives [5] et [6].

- Guidage direct : Technique basée sur l'ajout d'un lien hypertexte, nommé souvent « suivant » (ou next en anglais), qui permet d'accéder à la meilleure page, c'est-à-dire celle qui est en adéquation avec les objectifs et/ou capacités de compréhension de l'utilisateur. On peut utiliser cette technique en laissant les autres hyper liens existants au préalable ou en les supprimant. Dans ce dernier cas, l'hypertexte perd beaucoup de ses capacités d'exploration, puisque le système devient totalement linéaire (il conserve toutefois son aspect dynamique). En fait, pour être réellement efficace, cette technique doit être utilisée conjointement avec au moins une des techniques suivantes.

- Ordonnement des liens : Comme son nom l'indique, est une technique qui propose d'afficher les liens hypertextes suivant un ordre définissant l'intérêt ou l'importance des pages cibles. Cette technique ne peut pas être utilisée dans tous les

cas. En effet, on ne peut pas l'utiliser avec des liens contextuels, c'est-à-dire des liens qui se trouvent au sein de phrases. En fait, on ne peut l'appliquer que sur des liens qui appartiennent à un index ou alors à une carte décrivant l'hyperespace du système. L'intérêt de cette technique est très controversé. Certaines études ont en effet montré que l'instabilité d'une liste de liens pour une page donnée pouvait désorienter l'apprenant. Et a contrario d'autres études ont montré qu'elle pouvait réduire les temps de navigation des hypermédia surtout ceux axés sur la recherche d'informations.

- Masquage des liens : Cette technique consiste à supprimer les liens hypertextes dont les pages cibles sont soit en inadéquation avec le modèle de l'utilisateur (trop simples ou trop compliquées), soit en inadéquation avec les objectifs de l'utilisateur. Facile à mettre en oeuvre, puisqu'il suffit, avant d'envoyer la page à l'utilisateur, d'enlever les liens non désirés, cette technique permet de réduire la taille de l'hyperespace pour l'utilisateur. Elle s'applique de plus sur tous les types de liens, contextuels ou non, avec des activateurs très divers (texte, bouton, icône, image, etc.). Tout comme les techniques que nous avons vues précédemment, cette technique a aussi un défaut. La suppression de liens hypertextes peut en effet entraîner chez l'utilisateur, et surtout chez l'apprenant une mauvaise représentation mentale des tenants et aboutissants de chaque page, donc de chaque notion si dans un système on assimile une notion et une page).

- Annotation des liens : Cette technique part du principe que l'utilisateur doit savoir où il va avant d'activer un lien. Il faut donc adjoindre à chaque lien des explications sur la page cible ou alors définir une syntaxe ou un codage particulier (par exemple telle icône pour dire que c'est une aide, telle couleur pour dire qu'il s'agit d'un exemple, etc.). A la différence des commentaires que l'on peut ajouter à nos liens et images de pages html (qui apparaissent sous forme de bulle ou en bas de nos navigateurs), les annotations de liens, pour être efficaces, doivent être fonction de l'utilisateur. Cette technique, assez simple à mettre en oeuvre, peut être utilisée pour tous les types de liens, et ne semble pas avoir d'effets de bord néfastes.

- Cartes adaptatives : Les cartes (*map* en anglais) permettent de présenter à l'utilisateur, l'organisation de l'hyperespace, à l'aide de liens, soit sous forme textuelle (dans ce cas nous avons souvent une présentation hiérarchique de l'hyperespace), soit sous forme graphique. Dès lors, il est possible de présenter à l'utilisateur une organisation plus ou moins simplifiée en fonction de son profil.

Les différents types de systèmes hypermédiatifs se caractérisent par la relation qu'ils entretiennent avec l'apprenant pour lui présenter la connaissance. Ces systèmes permettent aux apprenants d'être guidés dans leur apprentissage et aux enseignants de mieux structurer leurs documents pédagogiques. Ainsi les apprenants sont constamment guidés sans contraindre leur liberté de navigation et les enseignants peuvent mieux organiser les connaissances afin de les présenter aux apprenants. En dépit de l'évolution importante réalisée par ces systèmes, il subsiste encore plusieurs

problèmes. En effet, bien que l'adaptation des liens semble facile, l'adaptation des contenus en revanche reste à ces débuts encore. Il est plus facile de cacher des liens ou de les annoter, mais plus difficile de remplacer une partie d'une page ou de modifier sa structure.

### 3.2. Systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques

L'objectif principal de ces systèmes est d'améliorer la qualité d'adaptation. Ils sont particulièrement caractérisés par le fait d'offrir un hypermédia virtuel. Le système dans ce cas n'est pas constitué de pages et de liens prédéfinis. Ces derniers sont construits dynamiquement et doivent adapter leur offre de formation de manière dynamique, en fonction des règles pédagogiques et des réactions des apprenants. Ces systèmes donnent un moyen d'accès intuitif et non-linéaire à l'information et facilitent la navigation. Comme l'a remarqué Delestre [11]. Ils sont généralement constitués de trois composants essentiels à savoir :

- **Modèle du domaine** : Une des principales caractéristiques de ce modèle est sa compétence en termes de capacité de représentation des connaissances. Il permet de définir des fragments d'information en spécifiant leur taille, type, media, contenu, indexation, mécanismes de filtrage, organisation, assemblage afin de suivre l'apprenant.

- **Modèle apprenant** : Le modèle apprenant ou utilisateur est le noyau de tout système adaptatif. Il a pour but de représenter "le plus fidèlement" possible l'utilisateur du système. Le modèle apprenant permet d'adapter le contenu, la présentation d'un cours document ainsi que la navigation. Il constitue un modèle individuel puisqu'il permet de gérer des informations individuelles.

- **Générateur de cours** : ce moteur a pour but de générer un document personnalisé à partir de l'espace d'informations du modèle utilisateur. Ce composant est en mesure de créer des pages qui vont être présentées à l'apprenant en appliquant des règles de structuration et de présentation.

Ces systèmes souffrent d'une limite assez importante, en l'occurrence leur complexité due d'une part, aux différents traitements de sélection et de combinaisons (assemblage) effectués sur les données. Et d'autre part à la manière de caractériser les objets pédagogiques impliqués. Le principal attrait de ce type de systèmes est d'assurer une meilleure adaptation aussi bien au niveau contenu qu'au niveau lien. Ceci permet de fournir un Document Virtuel Personnalisable (DVP), concept émergé avec le développement de ces systèmes. Le DVP est généré à partir d'une composition de fragments de contenu (texte, image ou son) en utilisant des programmes et en définissant des liens vers d'autres fragments ou documents. Le document virtuel est dit dynamique car il est généré dynamiquement de manière à répondre instantanément à un besoin particulier de l'apprenant.

Iksal [13] définit un document virtuel adaptatif personnalisable comme un document composé d'un ensemble de fragments d'informations, ainsi que d'un moteur de composition sémantique permettant la sélection des fragments pertinents, leur assemblage. Autrement dit, leur organisation en fonction d'une spécification de l'auteur et/ou de l'objectif du lecteur et finalement d'adapter certains aspects visibles du document fournis au lecteur.

De ce fait, la génération automatique de document personnalisable sur le Web repose sur deux éléments, un système de recherche d'information (sélection de fragments) et un système d'organisation de l'information (assemblage de ces fragments). Le processus de sélection des fragments et l'organisation de ceux-ci s'appuient généralement d'une part, sur la caractérisation de ces fragments et leur indexation, d'autre part sur les critères d'adaptation. Or le document virtuel personnalisable en tant que support pédagogique est un document où on a plusieurs types d'adaptabilités. Orientés vers les intérêts du lecteur (apprenant) ou de l'auteur (enseignant). Ces deux stratégies sont définies comme suit, soit par :

- L'auteur : Le système adapte le document dont la structure et le contenu sont définis par l'auteur, il est nécessaire de respecter les contraintes de ce dernier, ce qui assure la cohérence narrative du document pédagogique. Afin de pouvoir retrouver ces fragments, il faut lors de l'intégration des fragments leur associer des méta données. La structure narrative consiste en un graphe composé d'un ensemble de fragments et de relations sémantiques. L'utilisation d'un modèle de domaine par exemple peut servir de guide de navigation au sein du document.

- Le lecteur : Le système compose automatiquement un document virtuel adaptable en fonction des contraintes liées aux objectifs de l'apprenant. Une sorte d'un modèle de tâches à réaliser. Dans ce cas, le système recherche les fragments d'information permettant d'atteindre ces objectifs, ces préférences ou son niveau de connaissance. Pour cela, il dispose de pré requis situés dans l'indexation des pages (méta données) et des règles pédagogiques [21]. Le but donc est de composer un document personnalisé à un instant donné en fonction des caractéristiques de l'apprenant.

---

#### 4. Objectifs de la démarche

L'environnement numérique de travail MEDYNA que nous avons élaboré est un hypermédia adaptatif dynamique, puisqu'il utilise la composante multimédia dans la conception des documents pédagogiques. De même qu'il prend en compte, aussi bien une adaptation tant au niveau des liens, qu'au niveau contenu, tout en utilisant le réseau mondial Internet pour transmettre ces documents. L'objectif principal que nous voulons

atteindre est de proposer une solution qui permettra d'améliorer la qualité des documents pédagogiques en ligne, d'aider l'enseignant à créer son cours et d'offrir un apprentissage sur mesure aux apprenants. Notre système permettra aux enseignants de :

- Gérer des contenus pédagogiques indépendamment de leur format ; Editer, à partir d'un contenu unique, différents types de documents ;

- Constituer de nouveaux contenus à partir de fragments de contenus existants pour une adaptation au profil des apprenants.

Du côté apprenant, notre système permettra de :

- Devenir actif dans la phase d'apprentissage, le dialogue entre le système et l'apprenant, puisque différents outils lui seront proposés. Cette phase interactive se réalise soit par des tests de type QCM obligeant l'apprenant à y répondre soit par la spécification des types de média préférés, Ou bien encore, l'apprenant aura la possibilité de répondre à un exercice avant de voir la réponse, de prendre des notes de cours

- Construire ses propres cours en personnalisant les contenus proposés.

Pour concevoir et réaliser une architecture logicielle de l'environnement MEDYNA, nous devons suivre les étapes suivantes :

- Dans un premier temps il faudrait définir un ensemble de méta données pour décrire nos objets pédagogiques, cet ensemble doit être partageable et reconnaissable entre les créateurs et les utilisateurs d'où le choix d'une norme. Cet ensemble aura la possibilité d'évolution et d'extension afin qu'il soit adapté à de nouveaux besoins. Certes l'utilisation de méta données n'est pas nouvelle, car ajouter une information sémantique aux documents permet d'obtenir une description plus précise et plus utile ce qui va améliorer l'efficacité dans la recherche d'une part, et accroître le nombre d'utilisateurs d'autre part si bien sur cet ensemble est normalisé.

- Dans un deuxième temps, il faudrait définir une structure logique commune à plusieurs domaines (informatique, électronique, physique, géographie ....). Nous savons qu'à l'heure actuelle, il n'existe pas encore de standard pour caractériser la structure logique des documents pédagogiques. Autrement dit un standard qui permettrait de décrire de façon unique n'importe quel cours, ou exercice avec les mises en pages différenciées et des contenus différents.

- Dans un troisième temps, nous devons définir un modèle d'environnement d'apprentissage personnalisé. Sachant que nos documents hypermédias ne sont pas associés à une seule activité, mais au contraire sont conçus pour être réutilisés dans différentes activités. Nous devons donc insister sur leur modélisation et sur les processus, qui exécutés en chaîne, permettront de présenter dynamiquement une

activité adéquate grâce au profil de l'apprenant, ainsi qu'une génération automatique d'un document virtuel personnalisé.

Il est question d'élaborer une méthodologie de conception de documents pédagogiques par un contenu orienté vers l'enseignement à distance. Nous visons particulièrement à structurer et adapter l'information diffusée conformément au profil de l'apprenant. L'idée de base est l'intégration de paramètres au sein même du contenu pédagogique produit et de rajouter des informations de nature sémantique. Nous espérons obtenir ainsi une description plus détaillée et précise qui soit susceptible d'afficher de manière personnalisée les documents à chaque apprenant. Nous exploitons à cette fin le langage XML et les outils intégrés autour de cette technologie pour l'implémentation de notre approche.

---

## 5. Conception d'un modèle de document pédagogique

Un document pédagogique dans notre cas est un module d'enseignement sur lequel un apprenant va effectuer différentes activités pédagogiques. Il s'inscrit dans une démarche pédagogique précise qui suivant le niveau d'étude (enseignement supérieur) peut être plus ou moins spécifiée par des lois du ministère de l'éducation, mais c'est toujours finalement l'enseignant, qui par ces acquis et sa compétence dans le domaine spécifie précisément cette démarche. Le module d'enseignement est rattaché le plus souvent à un champ d'enseignement appelé matière (domaine).

Nous avons fragmenté le contenu du document conformément aux activités et objectifs pédagogiques correspondants [9]. Pour cela il était nécessaire de spécifier les paramètres décrivant ces fragments et fournir ainsi des fonctionnalités facilitant la recherche, le filtrage et la construction (assemblage) du contenu. Ces fonctionnalités constituent les fondements requis pour le développement d'un mécanisme de support d'apprentissage personnalisé. Notre travail nous a amené à construire un modèle MODAP (MOdélisation des Documents et Activités Pédagogiques) [2] générique permettant la production de différents types de documents, ainsi chaque enseignant pourra conserver sa vision spécifique de rédaction. Le document peut être analysé à différents niveaux [8] : sémantique, logique et physique. Cette décomposition va nous permettre de traiter séparément chaque partie et prévoir pour chacune d'elles une structure adaptative.

### 5.1. Niveau logique

Sachant que notre modèle se veut inter professoral et même **interdisciplinaire**, il fallait définir une structure qui soit la plus générale possible, commune à plusieurs domaines d'enseignements. Afin de respecter les méthodes de travail de chacun, nous

distinguons plusieurs types de documents qui correspondent aux différentes activités. Nous avons retenu pour un module d'enseignement spécifique celles qui sont les plus pertinentes, à savoir : le Cours, Travaux Dirigés (TD) et Travaux Pratiques (TP). Les différents types d'activités pédagogiques mises à disposition vont assurer Une simplification de la tâche de production des documents par les enseignants (généralement non informaticiens). Ces activités vont aider La création de contenus pédagogiques de qualité, améliorant une forme d'adaptation automatique selon l'objectif d'apprentissage recherché, assimilation d'un cours, ou résolution d'une série de travaux dirigés, ou bien encore traitement de cas particuliers en travaux pratiques.

### 5.1.1. Le cours

Pour nous, le cours est un regroupement d'objets pédagogiques. Un objet est une entité numérique ou non qui peut être utiliser ou réutiliser dans tout système d'apprentissage. Nous définissons deux sortes d'objets, un objet atomique qui est une unité d'information la plus élémentaire non décomposable par exemple une conclusion, un théorème..., un objet abstrait est composé d'un ou plusieurs objets abstraits ou atomiques et de plusieurs organisations logiques hypertextes physiques , exemple une partie d'un cours est composée de chapitres, le chapitre est composé d'une introduction définition et conclusion, donc le chapitre et la partie sont des objets abstraits. L'ensemble des objets constitue l'espace d'information associé au document pédagogique.

Nous proposons une granularité assez fine du cours afin qu'il puisse constituer une source effective aux diverses activités proposées aux apprenants [2]. Nous affirmons que si le contenu est fragmenté en petites unités, ces unités seront plus partageables entre les acteurs du système donc plus réutilisables ce qui va augmenter et favoriser énormément l'adaptation aux apprenants. Nous avons donc jugé intéressant de décomposer aussi les unités d'apprentissage en plusieurs fragments de contenus appelées : Unités d'aPprentissage Elémentaire (UPE) qui peuvent être : une Introduction, un Théorème, une Formule, une Illustration, une Définition, une Conclusion, un Exemple, une Explication, etc., ces UPEs sont les objets pédagogiques atomiques (Fig. 1).

### 5.1.2. Travaux dirigés et travaux pratiques

Les UPEs pour activité de type TD peuvent être des questionnaires à choix multiple (QCM), des exercices, une simulation, etc. Nous avons associé différentes unités d'apprentissage élémentaires correspondantes aux différents modes d'évaluation, ainsi pour le pronostic nous utilisons les notions de QCM, pour le diagnostic des exercices ou des simulations et un examen final pour l'inventaire. L'idéal est de créer des activités adaptatives ou la séquence des questions s'adapte au profil de l'apprenant, par exemple nous avons proposé des QCM et des exercices de difficulté différentes associés aux concepts d'un même thème. Par exemple, si l'apprenant a revu par deux

fois ou plus le même concept, un QCM de difficulté supérieur lui sera proposé. En plus il serait intéressant de lier chaque exercice à la partie du cours correspondante afin que l'apprenant puisse consulter le point de cours référant à la question qu'il vient de traiter.

Pour les activités de type TP, les UPEs peuvent être une Etude de Cas, un Projet, etc. Cet ensemble d'UPE constitue des ressources pédagogiques de base gérées par le système. Il s'agit en fin de compte d'objets multimédias stockés sous forme de fichiers texte, vidéo, image, etc., qui peuvent intervenir dans différentes activités.

N'importe quel thème du cours (chapitre, UPE, etc.), TD ou TP doit être au moins définis par un titre, une description et un objectif. Le titre correspond à l'identification du thème, La description permet de renseigner le type du thème et l'objectif.

## 5.2. Niveau sémantique

Les unités d'apprentissage sont reliées entre elles par 3 types de relations (Fig.1) :

- Relation de **Composition** : Qui indique que l'apprentissage d'une unité d'apprentissage A s'effectue via l'apprentissage séquentiel d'une succession d'Unités d'apprentissage Elémentaires  $A_i$ .

- Relation de **pré requis obligatoire** : l'apprenant n'a le droit de passer à l'unité suivante que s'il passe avec succès le test d'évaluation de l'unité courante.

- Relation de **pré requis facultatif** : L'unité cible va l'aider dans l'assimilation de l'unité courante.

Aussi, il fallait définir un ensemble de méta données pour décrire ces UPEs, cet ensemble doit être partageable et reconnaissable entre les créateurs et les utilisateurs . LOM (learning object metadata) est issu des travaux IMS et ARIADNE cette norme converge vers un standard unique et générale applicable à un très grand nombre de situations éducatives. Cette norme spécifie la syntaxe et la sémantique des méta donnés pédagogiques et définit les attributs nécessaires pour une description complète des objets pédagogiques afin de pouvoir les gérer et les rechercher.

LOM est plus complet [15], il permet de décrire tout ce qui caractérise un objet pédagogique, neuf catégories de descripteurs sont prises en compte [12] à savoir une description du contenu que des objectifs visés, du public ou de la configuration matérielle nécessaire. Pour ces raisons nous avons repris la normalisation de LOM, mais aux besoins de notre application et pour faciliter l'analyse nous avons défini un sous-ensemble de vocabulaire. Après avoir typé les UPEs (Introduction, Théorème, Définition, Conclusion, etc.) et décrit leur format (texte, image, vidéo, etc.), nous avons aussi intégré d'autres informations de nature sémantique (Fig. 2) pouvant faciliter la caractérisation de ces UPEs. A titre d'exemple, nous pouvons citer le niveau de difficulté, ou le temps d'apprentissage nécessaire. Tous ces éléments intégrés dans les

UPEs vont servir à l'adaptation. En effet on peut sélectionner ces différentes UPEs selon leur niveau de difficulté, leur type ou format et prévoir en conséquence des contenus pédagogiques personnalisés.

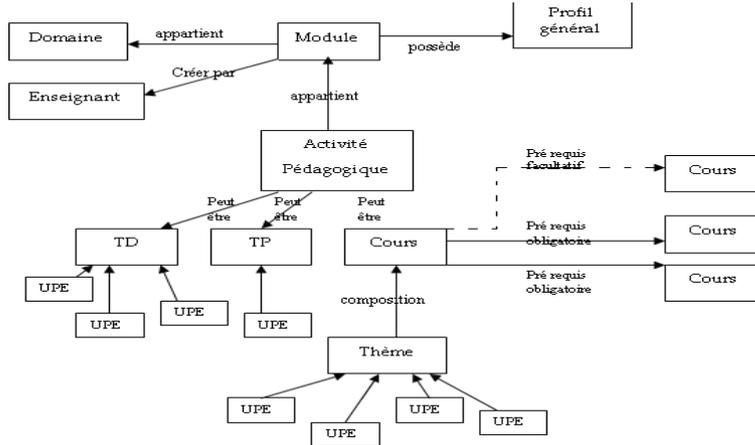


Figure 1. Primitives de représentation du modèle MODAP

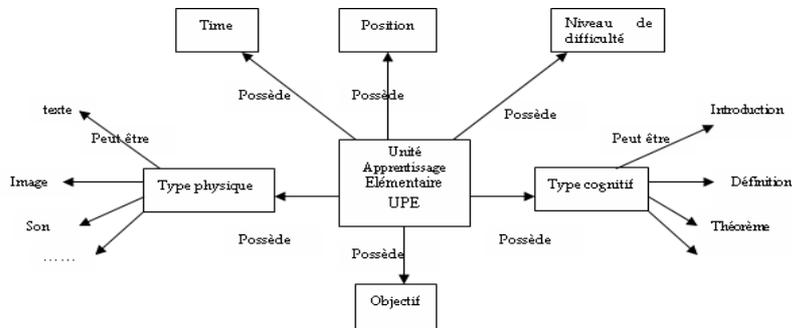


Figure 2. Primitives de représentation du concept UPE

## 6. Architecture de l'environnement MEDYNA

L'architecture de notre environnement, selon le modèle MODAP [2] est composée d'un ensemble d'outils conviviaux, faciles à utiliser, selon les usagers qui manipulent le

système à savoir les enseignants auteurs de ces documents qui les rédigent, et les apprenants qui les utilisent (consultation) en vue d'un apprentissage. Les enseignants trouvent donc un moyen de diffuser, à grande échelle, leur savoir. Les apprenants quant à eux, trouvent un nouveau moyen (autre que le livre), pour se documenter, s'auto former et s'auto évaluer. Notre système assure les grandes fonctions de tout tutorial intelligent. L'aspect intelligent dans notre système se traduit par la génération automatique et par l'adaptation des contenus selon les spécificités caractérisant les apprenants. La figure 3 illustre explicitement l'architecture logicielle de notre environnement. Celui-ci incorpore tous les composants généralement rencontrés dans l'architecture des systèmes auteurs [15],[18],[14] il est composé de quatre modules :

Un « **module éditeur** » permettant l'édition de documents pédagogiques XML indépendamment du domaine d'enseignement respectant bien sure une DTD générique proposée ;

Un « **modèle apprenant** » qui contient les connaissances acquises par l'apprenant sur la matière à enseigner ;

Un module « **générateur de contenus** » permettant la sélection et le filtrage de contenu parmi le niveau de base, il permet aussi de planifier toutes les activités d'enseignement durant une session d'apprentissage ;

Et une « **interface** » permettant de dialoguer soit avec l'auteur de document en mode enseignant ou bien avec l'apprenant en mode apprenant.

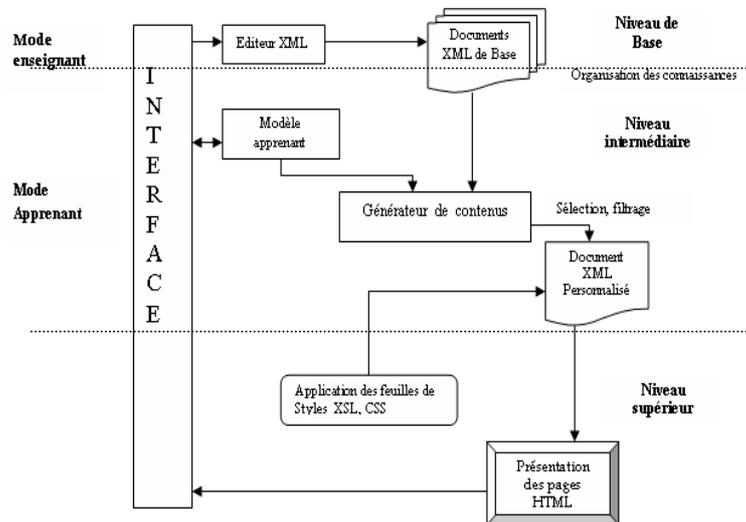


Figure 3. Architecture logicielle de l'environnement

Dans ce qui suit nous allons expliciter chaque module.

### 6.1. Module éditeur

L'auteur (enseignant) bénéficiera donc d'un outil pour rédiger les contenus de ses documents XML, respectant nos structures. Actuellement, il n'existe pas réellement d'outil générique pour construire tout type de document, l'éditeur que nous proposons doit assurer des fonctionnalités de base rapprochant le plus possible des qualités essentielles d'un bon éditeur, en plus des fonctions d'édition de textes, il permet :

- D'utiliser un format générique basé sur une DTD ;
- La saisie et la maintenance du modèle de domaine (la matière à enseigner, les ressources d'information, paramètres proposés par l'enseignant, méta données) ;
- Lier le document générique avec une autre présentation par exemple générer un ensemble de diapositives à partir du document de base, nous avons pensé à inclure la sémantique des diapositives dans le document générique ;
- Implémenter des fonctionnalités d'édition pour travailler sur le document par exemple des styles pour modifier la structure du document dans l'éditeur, le copier/coller, la recherche et le remplacement, la navigation à travers le document, etc.

L'unicité du document source est une caractéristique fondamentale de notre éditeur améliorant le processus de mise à jour et de présentation. Ainsi s'il y'a lieu d'apporter des modifications ou d'éventuelles corrections aux apprenants, nous pouvons modifier uniquement le document de base. Ceci constitue une solution satisfaisante pour simplifier le maintien en bon état et les mises à jour des documents pédagogiques ce qui va accroître leur utilité. Il est indispensable de disposer d'un outil permettant de valider les éléments autorisés dans la structuration des documents pédagogiques. Nous avons développé une DTD générique (Fig. 4) qui permet d'éditer différents types de documents. Cette DTD a été voulue volontairement simple et assez générale et n'est pas spécifique à des domaines particuliers. Nous donnons ici une partie de la DTD proposée.

```
<! ELEMENT Module (profil, Résumé*, pré-requis*, Sommaire?, Introduction
générale?, Activité*, Conclusion générale, Bibliographie, Annexe*) >
< !ATTLIST Module intitulé CDATA #REQUIRED >
<! ENTITY profil SYSTEM " profil.xml">
<! ELEMENT Résumé (#PCDATA)>
<! ELEMENT pré-requis ANY>
<! ATTLIST pré-requis
type (Obligatoire | Facultatif #REQUIRED>
< !ATTLIST pré-requis url CDATA #REQUIRED >
<! ELEMENT Sommaire (#PCDATA)>
<! ELEMENT Introduction générale (#PCDATA)>
<ELEMENT Activité ANY>
<! ATTLIST Activité
nom (Cours | TD | TP | #REQUIRED>
<! ENTITY % Cours SYSTEM " Cours.dtd">
% cours;
.....
```

**Figure 4. DTD associée à la structure générale du document**

La figure 5 spécifie une structure particulière permettant la description précise des UPEs. La figure 6 propose la DTD associée à l'activité exercice. A l'aide de l'outil d'édition les enseignants peuvent intégrer tous les paramètres et attributs lors de la création de leurs documents pédagogiques. Ces attributs serviront de base à l'adaptation : ainsi nous pourrons filtrer ces UPEs en fonction de leur niveau de difficulté, de leur type ou sous type.

```

<! ELEMENT UPE (url+, niveau-difficulté, Format*, time, Objectif...)
<! ATTLIST UPE
type (Titre | Introduction | Théorème | Définition | Explication | Exemple
| Illustration | Exercice | QCM...) 'titre'
intitulé CDATA #REQUIRED>
<ELEMENT url (#PCDATA)>
<ELEMENT niveau-difficulté (#PCDATA)>
<! ELEMENT Format " texte | image | vidéo | ..... ">
.....

```

**Figure 5. DTD associée à l'UPE**

```

<!ELEMENT Exercice (Texte, Solution*)>
<!ATTLIST exercice
    numero ID #REQUIRED>
niveau-difficulté CDATA #REQUIRED
pré-requis url CDATA #REQUIRED
temps CDATA #REQUIRED>
<!ELEMENT Texte (#PCDATA | IMAGE)*>
<!ELEMENT Solution (#PCDATA | IMAGE)*>
.....

```

**Figure 6. DTD d'UPE type « Exercice »**

Nous avons proposé un vocabulaire non exhaustif pour traiter et produire différents types de documents pédagogiques. Ces DTDs sont utilisées pour valider l'éditeur que nous avons construit. Le rajout d'une sous DTD peut se faire de diverses façons, une solution consiste à utiliser les espaces de noms, s'il n'y a un risque de conflit entre les noms et des éléments.

## 6. 2. Modèle apprenant

Pour qu'un système d'apprentissage soit « intelligent », il faut qu'il soit capable de s'adapter à l'apprenant qui se trouve devant la machine. Ceci ne peut être atteint que par la connaissance du modèle de l'apprenant. L'ensemble des connaissances aidera à définir les caractéristiques des apprenants de façon à ce qu'il soit plus facile d'adapter

#### 42 Amel Behaz, Mahieddine Djoudi

les contenus en fonction de leur profil d'apprentissage, de surveiller leur progression, de fournir un encadrement administratif et cognitif adapté, etc.

Si on reprend la métaphore du choix d'un cours ou d'un ouvrage éducatif, ce choix est fonction :

- De la présentation du cours : son organisation (structure), les média utilisés,
- Du contexte d'apprentissage de l'apprenant, si pour une compréhension ou pour la préparation d'un examen, l'expérience montre que les étudiants tentent de chercher les ouvrages rédigés par un enseignant donné (dans ce cas la sélection se fera par rapport aux enseignants),
- Du sujet d'étude (sélection par rapport au domaine ou du module).

Nous avons donc décidé d'organiser les connaissances intrinsèques au modèle apprenant en quatre catégories en plus de son identité (nom, age,...) :

- **Capacité** : l'état des connaissances (débutant, moyen, avancé) Lors de la phase d'initialisation, les apprenants ont tous le même niveau de connaissances (débutant). L'évolution du niveau de connaissance de l'apprenant durant une session d'apprentissage est induite par une méthode d'évaluation. La présentation d'une partie ou d'un chapitre d'un document est toujours suivie d'un test ou exercice. L'apprenant n'est alors acheminé vers la partie ou le chapitre suivant que s'il réussit ce test. Aussi, des évaluations de pré requis sont effectuées avant la présentation des UPEs.

- **Objectifs** : tâches ou activités à réaliser. Cette catégorie définit les objectifs pédagogiques de l'état courant. Ces objectifs vont avoir une influence sur le comportement du système. Soit que l'apprenant est concerné par l'aspect information de la matière, dans ce cas une exploration libre du document **sans** aucun **guidage** est prévue par le système. Soit que l'apprenant est concerné par l'aspect formation, il a besoin d'être **guidé** et évalué dans son apprentissage, dans ce cas le système doit être capable de lui prodiguer cette aide.

- **Préférences** : Vont permettre à l'apprenant de spécifier les types de média préférés. Ainsi il a possibilité de définir un classement sur les types physiques de média pour la présentation des contenus (texte, image, vidéo,...). Il serait donc intéressant de présenter un même contenu suivant différentes formes comme l'a recommandé Dufresne [10].

- **Son passé** : garder trace de l'état de son historique. Mémorisation de la navigation et des éléments lus dans les documents, information sur la session courante de l'apprenant.

Tous ces attributs peuvent évoluer pour enrichir plus le modèle apprenant selon son comportement ou interaction avec notre système. Le modèle apprenant est un modèle individuel puisqu'il permet de gérer des informations individuelles. Un apprenant

désirant suivre un module pédagogique à travers notre système d'apprentissage doit pouvoir le choisir conformément aux compétences qu'il souhaite acquérir. Une fois le cours choisi, des activités pédagogiques sont demandées à travers la visualisation de contenus personnalisés selon les préférences de l'apprenant.

### 6.3. Module générateur de contenu

Ce module décrit comment peut-on retrouver les contenus parmi le niveau de base (sélection) et comment les assembler pour les présenter à l'apprenant. La génération d'un contenu est en fonction du modèle de l'apprenant et du document XML de base créé par un enseignant. La génération démarre lorsque l'apprenant décide d'activer un cours qu'il voudrait suivre, qui est propre à un enseignant, ou lorsqu'il clique sur un lien hypertexte qui l'amène vers un autre concept du même cours ou d'un autre cours. Le GC récupère la liste des éléments de la structure du cours choisit. Ensuite, pour chaque élément de cette structure le GC récupère l'ensemble des UPEs associées à cet élément. Pour cela, nous avons pensé à utiliser deux sortes de filtres le premier permet d'extraire un sous ensemble d'UPEs ayant le même niveau de difficulté et le deuxième filtre permet d'effectuer le même genre d'extraction mais pour un type physique donné. L'utilisation successive de ces deux filtres permet d'extraire la meilleure UPE possible qui est en adéquation avec les capacités et les préférences de l'apprenant. Une fois que le GC a construit le contenu d'une page, il faut déterminer les liens hypertextes permettant à l'apprenant d'accéder à d'autres concepts en rapport avec la page courante. Nous prenons en considération les relations définies par l'enseignant auteur du document. Lorsque l'apprenant clique sur un lien, il requiert le contenu d'une page décrite par une URL. En général, l'url spécifie une page dynamique dont le contenu est calculé et peut donc dépendre de nombreux facteurs. En effet, ceci permet de réaliser quelques effets de transformations appréciées pédagogiquement comme le masquage, insertion de liens ou ajout d'annotation. De ce fait, nous pouvons affirmer qu'une adaptation tant au niveau contenu, qu'au niveau liens est réalisée.

### 6.4. Module d'interface

La dernière composante du système est un ensemble de menus déroulants. Elle est composée d'une interface mode enseignant permettant à l'auteur de choisir une fonctionnalité de l'éditeur afin de produire un document XML de base. Une autre Interface mode apprenant permettant à ce dernier en fonction de ses besoins de suivre un apprentissage progressif et adaptatif. La conception de cette interface est basée sur deux concepts fondamentaux. Le premier concerne la rapidité de réagir aux actions des apprenants et le second vise à réduire au mieux leurs charges cognitives. Par conséquent, nous avons évité de surcharger l'écran afin de simplifier la tâche aux

apprenants. Particulièrement, ceux qui ne sont pas habitués à utiliser les environnements informatiques.

---

## 7. Implémentation et mise en œuvre

Le système est développé en Java (JDK 1.4.1) sur une plate-forme Windows XP. Nous avons construit un éditeur Java pour XML se basant sur l'utilisation de DOM (Document Object Model) et SAX (Simple Api for XML), où l'enseignant trouvera un ensemble de fonctionnalités, pour l'édition de ses documents pédagogiques. En ce qui concerne l'adaptation du générateur de contenus, nous avons opté pour la solution des pages dynamiques. Avec un modèle de données au niveau du serveur. Notre démarche nous a conduit à utiliser Tomcat, un générateur de servlets java, JSP (Java Server page). Pour valider nos propositions un prototype est développé autour de XML et Java, destiné aux étudiants et enseignants de la communauté universitaire.

### 7.1. Production des documents

L'outil éditeur du prototype propose à l'enseignant de créer un nouveau document pédagogique en choisissant un domaine particulier ou bien encore de visualiser les documents des autres enseignants existants. Dans le cas d'un nouveau document la saisie des informations signalétiques est une étape indispensable dans le processus d'édition (fig. 7) ce qui permettra plus tard la recherche du document en cas de modification ou de consultation. L'enseignant doit spécifier les prés requis sous forme de liens hypertextes. Ensuite, une table de matière est générée automatiquement permettant à l'enseignant de choisir les éléments à intégrer pour la structuration de son document personnel. Des boîtes de dialogues sont alors affichées séquentiellement pour permettre à l'enseignant de réaliser des opérations de traitement de texte nécessaires sur les différentes UPEs, spécifier le type de média proposé, le niveau de difficulté (Fig. 8) ou l'objectif pédagogique adopté, toutes ces informations sont des méta données associées aux unités d'apprentissages incorporées au document. L'édition d'un cours, d'un TD ou d'un TP se fera par la manipulation des différentes fonctions existantes dans la barre de menus déroulants.

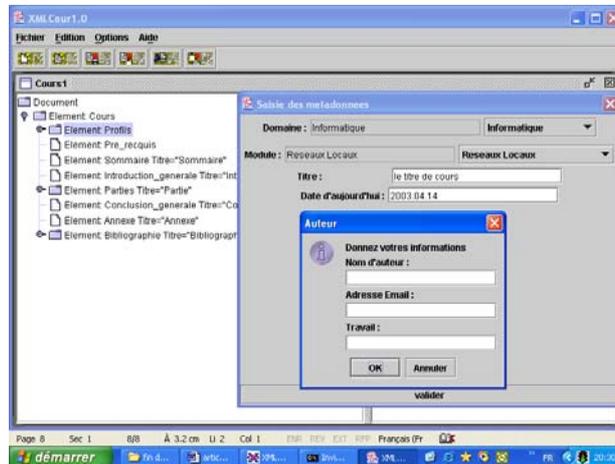


Figure 7. Création d'un nouveau document

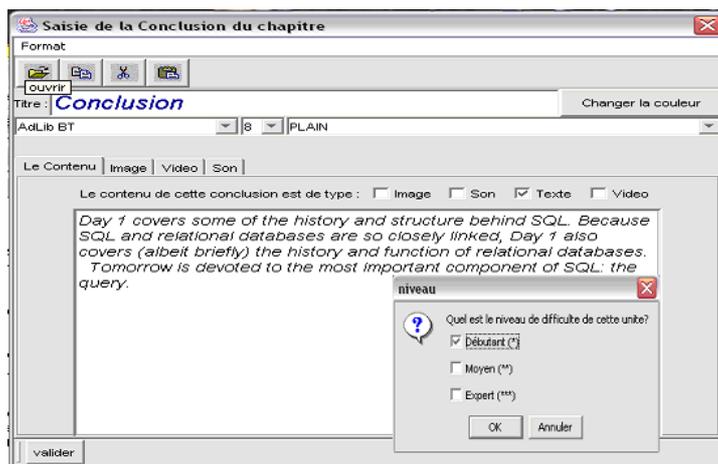


Figure 8. Edition d'une UPE de type « Conclusion »

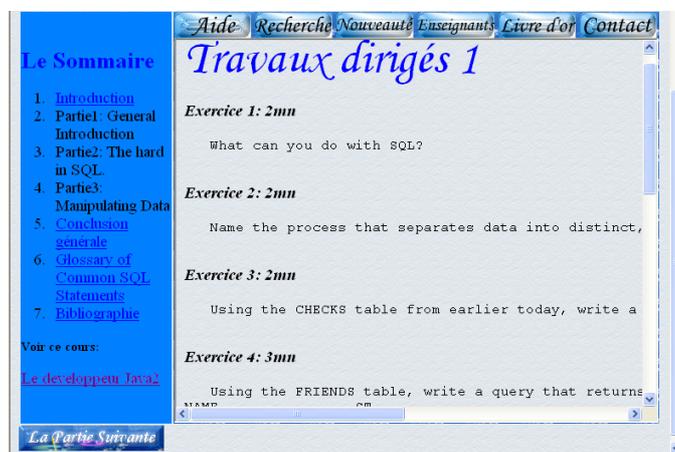


Figure 9. Création d'un TD

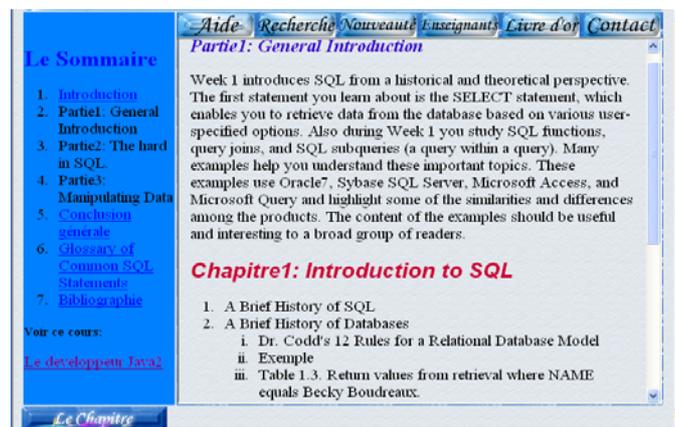
## 7.2. Génération dynamique de contenus

Les servlets autrement dit JSP permettent de créer des programmes en Java des pages actives dont le contenu est calculé lorsque la page est demandée. Ce calcul peut s'appuyer sur toutes les données recueillies auprès de l'apprenant et peut donc s'adapter aux préférences qu'il a pu exprimer, à sa progressions, à ses résultats d'évaluations, etc. L'adresse où se trouve le document XML est transmise au serveur pour être exploitée à travers un filtrage, permettant de sélectionner les UPEs qui sont en adéquation avec les besoins et préférences des apprenants. On appliquera ensuite au fur et à mesure sur tous les contenus sélectionnés certaines transformations surtout pour les liens. Par exemple, le système masque les liens hypertextes dont les pages cibles sont en inadéquation avec le modèle de l'apprenant (trop compliqués ou trop simples). Ainsi nous réduisons au maximum le nombre de liens hypertextes qui vont être affichés.

Nous proposons donc quatre types de servlets, le premier se nome **login** détermine le type d'utilisateur et crée la page d'accès aux fonctions du système. Le second se nome **MenuModule** affiche dynamiquement le menu présentant les différents modules enseignés, le troisième se nome **GeneModule** génère, au sein du module sélectionné, une table de matière et son contenu en choisissant les UPEs correspondantes selon les activités d'apprentissage. Par exemple pour l'activité TD les exercices de niveau de l'apprenant sont affichés. Le quatrième servlet se nome **EvalModule** génère les résultats des évaluations. IL est en charge de la correction des tests d'évaluation, il affiche donc les résultats de l'apprenant en cours. Les traitements de présentation concernant la mise en forme des pages XML sont réalisés par des feuilles de styles. A

chaque document XML généré est associée une feuille de style XSL permettant la représentation du document en HTML sur le navigateur de l'apprenant (par exemple Explore 5, supportant XML).

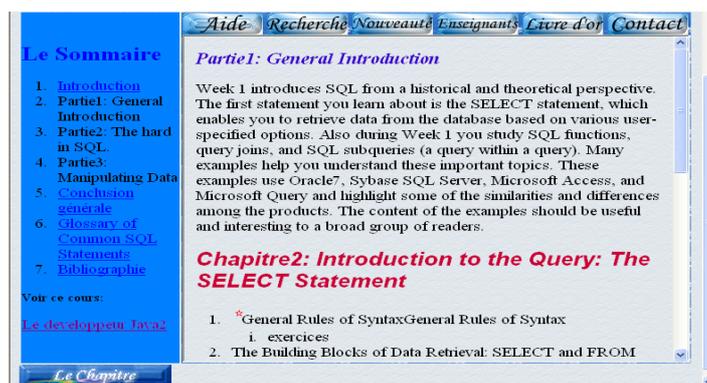
L'outil propose à l'apprenant une série d'onglets lui permettant de spécifier ses choix. Cela passe par le choix d'un module d'enseignement (visualisation des cours disponibles), ou d'un enseignant (visualisation de l'ensemble des enseignants inscrits dans le système), ou bien de ses préférences au sujet du type physique des médias des UPEs. L'apprenant aura la liberté de navigation dans le document tout en l'acheminant vers des parties adéquates à ses capacités. Des tests associés à chaque fin de partie ou chapitre obligent l'apprenant à y répondre. La page visualisée est divisée en deux parties (Fig. 10). La partie de gauche présente le plan du cours de façon hiérarchique, sur la partie de droite on peut visualiser le contenu de la partie qui est active et qui est en adéquation avec le modèle de l'apprenant. L'application de la feuille de style XSL et selon un formatage désiré (CSS) sur le fichier XML choisi, produira un fichier HTML. Ces pages sont le support sur lequel l'apprenant va pratiquer ses activités d'apprentissage.



**Figure 10. Cours généré de niveau débutant**

Nous remarquons dans les figures (Fig. 10) et (Fig. 11) une génération dynamique d'un même cours « The language SQL » présenté à des apprenants de profils différents. Le système oblige un apprenant de niveau de connaissances débutant de commencer son apprentissage à partir du chapitre 1 (Fig. 10). Par contre, un autre apprenant de niveau avancé peut commencer son cours à partir du chapitre 2 (Fig. 11). L'évaluation de l'apprenant en cours d'apprentissage se fait à travers la génération de tests. Si l'apprenant active un lien hypertexte, alors il y'a mise à jour du générateur de

cours et du modèle de l'apprenant. La création des feuilles de styles XSL nous a permis de définir une manière d'adapter, de filtrer et de présenter chaque contenu.



**Figure 11. Cours généré de niveau avancé**

Nous affirmons que c'est en utilisant des outils sophistiqués, construits à partir des nouveaux standard émergents comme XML, la programmation Java et la technologie des servlets, qu'un système d'apprentissage peut distribuer une information dont le contenu final et la présentation sont adaptés dynamiquement et en temps réel aux demandes et au profil des apprenants. Seule, l'utilisation de ces outils permet une adaptation qui dépasse la simple présentation.

## 8. Eléments de comparaison

Nous remarquons que depuis quelques années, c'est la production de cours multimédias en ligne à grande échelle qui est le centre d'intérêt de beaucoup de recherches, alors qu'au début on s'est efforcé de produire des systèmes les plus intelligents possibles. En effet, la majorité des cours dispensés sur le Web ont pour but essentiel la transmission d'un savoir et non un savoir-faire. De ce fait, le principal objectif de tout système ou environnement d'apprentissage est la définition d'un modèle de documents pédagogiques hypermédias dont les caractéristiques essentielles sont la structuration et l'adaptation des objets pédagogiques impliqués.

Nous pensons aussi qu'un enseignant désireux de proposer un cours doit essentiellement se préoccuper des compétences et des connaissances à faire acquérir, ainsi du contenu qu'il va construire à ses apprenants, il ne doit pas être expert en création de pages Web, ni en programmation Java. Mais pour l'instant les systèmes qui permettent de construire des cours en ligne ont les limites suivantes :

- Ils ont souvent la faiblesse de ne fournir aux enseignants que des outils de construction de cours par agencement de média sans leur fournir d'outils de modélisation de ces cours. Ainsi, ils les incitent à ne suivre aucune méthodologie et la construction des cours devient alors lourde et entraîne une perte de temps énorme.

- Les cours construits par les enseignants sont relativement statiques. Une fois construits, il y'a peu de chance pour qu'ils évoluent de manière régulière.

- Quelque soit l'apprenant qui se trouve devant la machine, les cours proposés sont les mêmes. Dans certains systèmes comme ARIADNE (Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe) [1] et CDE (Course Designer Environment)[18], les cours ne sont adaptables que par les enseignants, ce sont leurs choix qui déterminent les caractéristiques des cours construits, les apprenants n'ont aucune influence.

- A part EduML (EDucational Markup Language) [3] et qui utilise le langage XML permettent d'ajouter aux documents des informations de nature sémantique et de séparer le contenu de la mise en page, les autres systèmes n'offrent pas cette possibilité. Ceci freine beaucoup la réactualisation et la réutilisation des documents. WebCt [23] a contourné cette difficulté et permet aux enseignants de créer et de maintenir des cours numérisés en ligne sous divers formats de sortie (documents imprimés, en ligne ou transparents). Mais il dépend soit d'un type de matériel, soit d'un type de logiciel privé.

- Nous remarquons au passage que le système Métadyne [11] offre des services plus améliorés, en effet les cours multimédia en ligne sont adaptables par les enseignants et adaptés par les apprenants. Mais l'association d'une sémantique aux documents est pour l'instant absente.

- Enfin, la plupart des interfaces sont en effet décrites à l'aide du langage HTML qui n'est pas très adapté à la description d'interfaces utilisateurs interactives, ce qui limite encore plus les capacités d'interaction entre les utilisateurs et le système. Le projet EduML tente de surmonter ces difficultés.

Notre travail se distingue des autres travaux de la communauté scientifique hypermédia adaptatifs pour l'enseignement par les fonctionnalités offertes aux différents acteurs du système et par l'architecture logicielle que nous avons adoptée.

Tout d'abord, le système impose aux enseignants de suivre une certaine méthodologie pour construire leurs documents. Cette démarche pédagogique va améliorer la structure des documents produits par notre DTD. Afin de respecter les méthodes de travail de chacun, l'ordre de construction des documents n'est pas imposé. La démarche de création proposée permet d'opter pour la démarche descendante (création de partie, chapitre, UPE) ou opter pour la démarche ascendante (création de UPE, chapitre, partie). Ceci permet le respect des rythmes et méthodes de travail de chaque enseignant. Ensuite, le système offre aux apprenants la possibilité d'être actifs

dans la phase d'apprentissage, dialogue entre le système et l'apprenant pour que ce dernier puisse ramener la matière à son rythme, à sa compréhension et pour que le système puisse le guider et l'appuyer dans sa démarche.

Enfin l'architecture logicielle que nous avons adoptée, reprend l'architecture globale des hypermédias adaptatifs dynamiques en améliorant les caractéristiques du modèle du domaine, du modèle apprenant et du générateur dynamique de contenu. Nous avons proposé un système auteur sur le Web qui supporte un enseignement interactif et adaptatif, génère des contenus personnalisés en ligne et qui aide l'apprenant à trouver la connaissance pertinente en utilisant un système de filtrage cognitif.

Ce prototype est encore à un stade expérimental au niveau de notre département. Nous confirmons l'importance du nombre des UPEs impliqués dans les documents pour pouvoir prétendre avoir un système qui s'adapte réellement à l'apprenant. Or la production de ces UPEs n'est pas des plus triviale, et coûte énormément cher en terme de temps et d'efforts. Mais un atout important est la finesse des descriptions des unités d'apprentissage en UPEs. Nous affirmons encore que si le contenu est fragmenté en petites unités, elles seront plus partageables et réutilisables, ce qui va constituer une source effective favorisant beaucoup l'adaptation. Par ailleurs, pour que l'adaptabilité soit gérée facilement, nous avons incorporé dans ces documents toutes les descriptions susceptibles de produire dynamiquement des documents de meilleure qualité et d'une plus grande utilité.

---

## 9. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article, une nouvelle approche de modélisation et d'adaptation des documents pédagogiques hypermédias. Sur la base du modèle proposé, nous avons élaboré une architecture logicielle d'un environnement adaptatif dynamique MEDYNA permettant la réalisation de différentes activités pédagogiques, du moment que plusieurs profils d'apprenants sont détectés et intégrés dans le système, et plusieurs formes de présentations des contenus sont définies. Nous avons proposé une granulation assez fine du document afin qu'il puisse constituer une source effective aux diverses activités proposées aux apprenants.

Nous sommes conscients que notre travail est loin d'être fini et qu'il est appelé à évoluer dans un futur proche. Les étapes suivantes sont pour nous décisives afin de pouvoir affronter l'évolution des besoins des enseignants et des apprenants. Pour l'enrichissement du modèle apprenant, nous pensons intégrer dans l'enchaînement des activités suivies par un apprenant des aspects de style d'apprentissage. Ce dernier, influe sur le choix des activités proposées, leurs présentations. Par exemple, un apprenant logique préfère un cours bien structuré théorie puis les exercices. Un apprenant intuitif préfère un cours flexible, il commence d'abord par une série

d'exercices puis la théorie, donc une navigation rapide. Un apprenant introverti préfère un environnement tranquille, aime le travail personnel. Un apprenant extroverti préfère le travail en groupe et les échanges avec d'autres apprenants. Il serait donc plus intéressant de prévoir pour chacune de ces catégories des activités différentes et des contenus plus adaptatifs.

Les UPEs peuvent être partagées par les enseignants afin de pouvoir les incorporer dans leurs documents, ce qui favorisera encore plus leur réutilisation. Il serait intéressant d'intégrer à notre système un outil de recherche efficace des UPEs pertinentes et appropriées selon des critères sémantiques fixés par les enseignants.

Aujourd'hui, grâce aux technologies des réseaux et aux collecticiels, des rencontres virtuelles sont rendues possibles, permettant à plusieurs participants de travailler ensemble de manière synchrone ou asynchrone pour réaliser des tâches communes, comme par exemple l'édition coopérative de documents ou l'apprentissage collaboratif. En effet, le document généré par notre DTD peut être facilement partageable et échangeable entre différents enseignants dans le processus d'édition ou bien encore entre apprenants dans le processus d'apprentissage. Nous pensons dans un futur proche, enrichir notre système par des fonctionnalités afin de lui permettre d'avoir cette nouvelle dimension coopérative.

Pour rompre l'isolement de l'apprenant et utiliser les facilités du Web, nous proposons une approche de collaboration qui consiste à utiliser les connaissances du système sur différents apprenants (stockées dans leurs modèles d'apprenant) pour former un groupe de travail. Par exemple les apprenants qui ont des objectifs d'enseignements similaires sont identifiés par le système, regroupés et proposés à celui qui sollicite de la collaboration.

---

## 10. Bibliographie

- [1] ARIADNE, <http://ariadne-eu.org>, Visité en novembre 2004.
- [2] Behaz A., Djoudi M., « Modélisation et adaptation des documents pédagogiques hypermédias en enseignement à distance » 7ème Colloque Africain sur la Recherche en Informatique (CARI'04), Hammamet, Tunisie, 22-27 novembre 2004.
- [3] Bourda Y., Helier M. « EduML : un langage pour la description des ressources pédagogiques », NTICF98, Rouen, novembre 1998.
- [4] Bourda Y. Helier M. « Métadonnées et XML : Application aux objets pédagogiques ». Conférence TICE 2000, Troyes, octobre 2000.
- [5] Brusilovsky P. « Adaptive hypermedia », in User Modeling and User-Adapted Interaction, pp 87-110, Kluwer Academic Publishers, 2001.

**52 Amel Behaz, Mahieddine Djoudi**

- [6] Bursilovsky P., « Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia », In User Modeling and User-Adapted Interaction 6 (2-3), pp 87-129, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [7] Brusilovsky, P., Eklund, J., and Schwarz, E., « Web-based education for all: A tool for developing adaptive courseware », Computer Networks and ISDN Systems, 30, 1-7, pp 291-300, 1998.
- [8] Christophides V. « Electronic Document Management Systems », UCH/FORTH <http://www.ics.forth.gr/~christop/>, 1998.
- [9] David J.P. « Modélisation d'activités pédagogiques avec le langage XML », Journées EIAO 2001, Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur, Paris, 25-27 avril 2001.
- [10] Dufresne A., « Modèles et outils pour définir le soutien dans les environnements hypermédias. Explora Graph », Revue Sciences et Techniques Educatives, Edition Hermès, Paris, 2001.
- [11] Delestre N. « METADYNE, un Hypermédia Adaptatif Dynamique pour l'Enseignement », Thèse de l'Université de Rouen, Soutenue le 20 Janvier 2000.
- [12] Draft for Learning Object Metadata (LOM 6.1), LTSC-IEEE LOM Working Group, 2001 <http://ltsc.ieee.org/wg12/>
- [13] Iskal S., Garlatti S. « Spécification déclarative des documents virtuels personnalisables » In: Actes de DVP 2002, Brest (France), p. 127-140 10-11 Juillet 2002.
- [14] Moulin C. « Documents pédagogiques adaptatifs dans un environnement d'apprentissage distribué », TICE 2000, Troyes, octobre 2000.
- [15] Mc Murray E. « Des normes pour les technologies de la formation », Publications du domaine IT de l'EPFL, Suisse, FI-4-00 du 9 mai 2000.
- [16] Nanard J., Nanard M., « Hypertext Design Environments and the Hypertext Design Process'', Communications of the ACM, 38(8), pp. 49-56, August, 1995.
- [17] Queinnec C. Giroire H., « Pages dynamiques par filtrage : Mise en oeuvre sur un cédérom à but pédagogique », In Environnements Interactifs d'Apprentissage avec l'Ordinateur, EIAO2001, pp. 190-191, Hermès.
- [18] Rezik Y.A.; Vanoirbeek C., « Course Designer Environment: Authoring Environment for Interactive Courses with a Shared Course Components Library », Proceedings of the 5th International Conference on Computer Aided Engineering Education (CAEE'99), pp 296-303, Sofia, Bulgaria, September 1999.
- [19] Réty J.-H., « Spécification de structures de liens hypertextuels adaptatives », in H2PTM'01, Hermès, 2001.
- [20] Roisin C., « Documents structurés multimédia », Habilitation à diriger les recherches Institut National Polytechnique de Grenoble, septembre 1999.

- [21] Tazi S., Altawki Y., « Création de documents virtuels, Cas des supports de cours », Workshop sur les Documents Virtuels Personnalisables, Journées IHM'99, Montpellier, 1999.
- [22] Vassileva, A., « Dynamic Courseware Generation on the WWW », 8th World Conference of the AIED Society, Kobe, Japan, August 1997.
- [23] WebCT, Web Course Tool, <http://www.webct.com/>, Visité en novembre 2004.

---

## 11. Biographie

Amel Behaz est chargée de cours en informatique à la faculté des sciences de l'université de Batna en Algérie. Elle prépare une thèse de doctorat en informatique. Ses thèmes de recherches sont l'enseignement à distance, le document numérique pédagogique, systèmes hypermédias adaptatifs dynamiques. Elle dirige des mémoires d'ingénieurs en Informatique à l'université de Batna.

Mahieddine Djoudi est maître de conférences en informatique à l'université de Poitiers (France). Son laboratoire de rattachement est le SIC (Signal Image et Communications). Il est également membre de l'équipe Ingénierie des Ressources Médiatiques pour l'Apprentissage (IRMA). Ses thèmes de recherche sont l'enseignement à distance, le travail coopératif et l'usage de l'Internet. Il dirige des thèses de doctorat et de magister en Informatique en Algérie.