

La construction automatique de cours hypermédias adaptés à l'apprenant par agencement de briques élémentaires

Nicolas Delestre

▶ **To cite this version:**

Nicolas Delestre. La construction automatique de cours hypermédias adaptés à l'apprenant par agencement de briques élémentaires. Ingénierie des Connaissances, May 2000, Toulouse, France. p35-46. hal-01177851

HAL Id: hal-01177851
https://hal.science/hal-01177851

Submitted on 17 Jul 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La construction automatique de cours hypermédias adaptés à l'apprenant par agencement de briques élémentaires

Nicolas Delestre

Laboratoire PSI, INSA de Rouen, BP 08 Place Emile Blondel,76131 Mont Saint Aignan Cedex
http://www.univ-rouen.fr/psi

Résumé

La transmission du savoir à l'aide des Nouvelles Technologies est en pleine expansion depuis quelques années. Cependant, construire un cours 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 de ces cours, il semble qu'ils ne tirent pas assez parti des avancés obtenues dans les domaines de l'ingénierie des connaissances, de l'enseignement assisté par ordinateur et des hypermédia adaptatifs. A partir de ces quelques constats, nous avons défini et prototypé le système METADYNE qui construit dynamiquement des cours hypermédias adaptables et adaptatifs par agencements successifs de documents pédagogiques multimédia que nous appelons briques élémentaires.

Cet article, après l'identification des problèmes liés à la transmission du savoir à l'aide des nouvelles technologies, se propose de définir les différentes connaissances inhérentes à la construction automatique de cours hypermédia.

Mots clés : Enseignement assisté par ordinateur, Hypermédia adaptatif, Items didactiques

1 Introduction

Comme l'indique P. Mendhelson dans [10], l'enseignement est la transmission de deux catégories de connaissances, le savoir que l'on nomme aussi dans le monde de l'enseignement assisté par ordinateur (EAO) les connaissances déclaratives, et le savoir-faire, appelé encore connaissances procédurales. Or durant ces trente dernières années, les efforts de recherche dans le domaine de l'EAO (et de ses extensions) ont surtout eu comme conséquence une amélioration des systèmes s'intéressant tout particulièrement à la transmission, l'assimilation et la compréhension des savoir-faire. La problématique de la transmission du savoir, tout particulièrement en France, a été en grande partie écartée.

Depuis quelques années cette façon de pensée est grandement remise en question. En effet, l'explosion des possibilités multimédias des ordinateurs, ainsi que la possibilité d'accéder rapidement à de gros volumes d'informations ont incité des enseignants, des établissements, des académies ou même des consortiums à produire des cours multimédias accessibles depuis un simple navigateur Web. Par exemple :

- M. Xavier Hubaut propose un site des plus complets sur les mathématiques du secondaire (http://www.bib.ulb.ac.be/coursmath/),
- le site Web AZURNET de l'académie de Nice (http://www.ac-nice.fr/) propose des cours pour les élèves du primaire et du secondaire,
- le projet national Premier Cycle Sur Mesure (http://www.univ-enligne.prd.fr/) propose plus de 600 heures de cours pour les étudiants des premiers cycles universitaires scientifiques.

Cependant, comme nous allons le voir, de véritables obstacles s'opposent à leur généralisation, ou du moins à leur utilisation à grande échelle. Différents projets sont alors nés, tels que ARIADNE ou CDE, pour aider les enseignants à plus facilement définir et construire des cours hypermédia. C'est aux regards des possibilités et surtout des limites de ces systèmes que nous avons débuté nos études, qui se sont concrétisées par le développement d'un prototype nommé METADYNE, pour hyperMEdia adapTAtif DYNamique pour l'Enseignement.

Cet article va s'articuler de la façon suivante : après une présentation des différents problèmes induits par la diffusion de savoir à l'aide des nouvelles technologies éducatives (NTE), nous allons définir les concepts de base de notre système; nous déterminerons alors les différentes connaissances dont notre système a besoin pour pouvoir générer des cours; puis, avant quelques conclusions et perspectives, nous verrons rapidement le prototype que nous avons réalisé, ainsi qu'un exemple de génération de cours.

2 Problématiques liées à la transmission du savoir à l'aide des nouvelles technologies

2.1 Des cours multimédia

L'utilisation des NTE, tout particulièrement l'aspect multimédia des contenus, peut apporter des avantages non négligeables dans un processus d'apprentissage (Cf. [7], [8]). Dès lors, de nombreux sites Internet à buts pédagogiques sont apparus proposant des cours multimédias dans tous les domaines, bien que l'on trouve principalement des cours sur des domaines scientifiques. Il existe même maintenant des sites Internet dont le seul objectif est de référencer ces cours en les caractérisant (public visé, qualité pédagogique, dernière mise à jour, etc.), comme par exemple le site Spédago, qui référence plusieurs dizaines de cours multimédia dans le domaine de l'informatique (http://athena.alcyonis.fr/cgi-bin/w3-msql/spd/cours.html? categorie=/).

Bien que le nombre de sites pédagogiques soit en constante augmentation, principalement due à la démocratisation d'Internet et à la compréhension de la part des enseignants des bienfaits de ce nouveau support de transmission de l'information, nous pensons que cette façon de procéder possède intrinsèquement des obstacles qui seront difficiles à outrepasser.

Tout d'abord, l'élaboration d'un site Web en général, et d'un site éducatif en particulier, représente un travail important et impose des compétences en informatique, surtout pour le développement d'éléments multimédias. C'est pourquoi dans la grande majorité des cas, ces sites proposent des cours de sciences (mathématiques, science physique, informatique, etc.) car, les enseignants de ces filières sont souvent des personnes qui sont plus facilement attirées par tout ce qui à trait aux nouvelles technologies.

Ensuite, une fois ces cours achevés et en ligne (c'est-à-dire consultables), nous pensons qu'ils ne pourront pas, ou du moins très difficilement, évoluer. En effet, ces sites sont renfermés sur eux-mêmes, c'est-à-dire qu'ils ne référencent pas d'éléments extérieurs, ou quand ils le font, ces références n'interviennent pas dans le processus normal de présentation d'un cours (ce sont souvent des liens du type "pour plus d'information, vous pouvez aller voir...").

Puis toutes les informations caractérisant le savoir que l'on veut transmettre, c'est-à-dire les notions à transmettre, mais aussi la séquence de présentation de ces notions, ainsi que les médias qui permettent de présenter ces notions, sont réunies en une seule entité (le fichier HTML). De ce fait, la moindre modification exigera une refonte partielle voire totale de ces pages.

Enfin l'interactivité de ces cours est basique, car elle ne transparaît que par l'aspect multimédia des médias utilisés, et par l'aspect hypertextuel du Web. Cependant, en aucun cas, ces possibilités d'interactivité ne sont fonction de la personne qui visualise le cours. En résumé, on peut qualifier ces cours comme étant tout simplement des livres hypermédias.

2.2 Des systèmes d'aide à la construction de cours multimédias

Des études ont été menées afin de définir les besoins des enseignants et de leur fournir des outils d'aide à la création de cours. Ces études ont remis au goût du jour un concept vieux comme le monde, ou du moins très utilisé dans le monde de l'enseignement, qu'est la réutilisation de documents pédagogiques. Dès lors, le concept d'item didactique est apparu. On désigne généralement un item didactique comme étant un document, le plus souvent multimédia, qui possède une qualité pédagogique, c'est-à-dire que son utilisation, qui peut être multiple, permet de transmettre un savoir.

Dès lors deux nouvelles catégories de systèmes sont apparues. La première permet de référencer et de retrouver des items didactiques. La seconde permet aux enseignants d'agencer pédagogiquement ces items afin de construire des cours multimédias, en faisant totalement abstraction des problèmes informatiques que peuvent présenter la mise en oeuvre de tels systèmes. Dans la première catégorie, nous retrouvons des systèmes tels que :

- le projet européen ARIADNE (http://ariadne.unil.ch),
- le projet CDE pour Course Designer Environment (Cf. [16] et http://www.ndit.ch/5000/),
- feu le système OLA de la société Oracle et l'utilisation de la norme RCO de caractérisation d'item didactique qui est toujours d'actualité (Cf. [6] et http://www.luminare.com/RCO/RCO/home/bumper1.htm),
- ou encore le projet SEMUSDI (Cf. [2] et [4]) que nous développons au sein de notre établissement (http://semusdi.insa-rouen.fr).

Dans la deuxième catégorie, nous retrouvons des systèmes tels que Archymédia (Cf. [15]), MEDIT (Cf. [1]) ou encore WebCT (Cf. [12] et [13]).

Cette distinction entre production de documents multimédias et agencement de ces documents pour former des cours, résout quelques problèmes identifiés précédemment, mais cela permettra surtout (car la majorité de ces systèmes sont en cours d'expérimentation) de démocratiser la production de cours en ligne.

2.3 Limites des systèmes actuels

Cependant nous émettons quelques réserves quant aux futurs résultats de ces expérimentations.

Tout d'abord, nous pensons que ces études confondent supports de cours et dispense de cours. Or comme le rappel justement la figure 1 extraite de [9], un cours est beaucoup plus qu'un simple support de cours. En effet, dans un cours, la transmission de l'information n'est pas unilatérale entre l'enseignant et le ou les apprenants. D'un coté, l'enseignant transmet un savoir à l'appre-

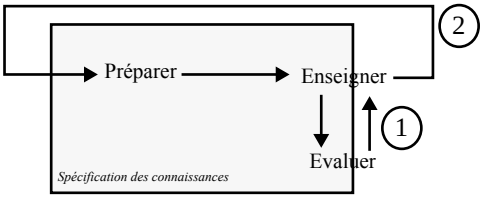


FIG. 1 - *Les trois étapes du pédagogue*

nant, en prenant en compte un certain nombre de paramètres, tels que les conditions d'enseignement (individuel ou en groupe), le niveau de connaissance du public, ou encore les objectifs pédagogiques (on ne présente pas de la même façon une notion lors d'un séminaire ou devant un groupe d'étudiants qui seront examinés en fin d'année). Mais le processus ne s'arrête pas là, l'orateur va recevoir de l'information en retour, permettant d'évaluer la compréhension de ses auditeurs, ce qui impliquera tout d'abord une modification instantanée de son discours (boucle d'évaluation représentée par le repère n°1), mais aussi et surtout une modification de ses supports de cours pour les prochaines présentations (boucle représentée par le repère n°2). Or, dans les systèmes précédemment référencés, ce "retour d'expérience" est absent, et totalement à la charge du concepteur du site pour ce qui concerne la boucle 2 (lorsque ce dernier veut bien se remettre en question si les résultats d'examen sont non satisfaisants).

Ensuite, comme l'indique l'interview de Jacques Meyranx, enseignant d'anglais à l'IUT de Bayonne, dans [9], les pédagogues demandent à ce qu'un système informatique dédié à l'enseignement soit avant tout flexible, *car chaque personne a sa propre conception d'un même problème, son propre point de vue*, mais aussi qu'il permette aux enseignants *de pouvoir consulter ou récupérer le travail de leurs collègues tant pour des raisons pédagogiques et didactiques que transdisciplinaires*. Or les systèmes précédemment cités, s'ils permettent bien aux enseignants d'échanger des documents multimédias, ne permettent en aucun cas d'échanger des points de vue sur la façon d'organiser un cours, d'introduire une notion, etc.

3 Vers un système de dispense de cours

Ceci définit dès lors notre problématique : nous voulons obtenir un système qui fournisse de véritables cours multimédias et non plus seulement des supports de cours hypermédias. Cela engendre automatiquement le fait que le système ne peut plus se permettre d'envoyer un support de cours préalablement défini et fermé (sans réelle perspective d'évolution). Il faut que le système génère le cours en fonction de l'apprenant qui le consulte.

Nous pensons qu'une solution à notre problème passe par la distinction entre le fond et la forme. La transmission d'un savoir est la mise en exergue de certaines notions. Cependant ces notions ne sont pas toutes indépendantes les unes des autres, certaines sont reliées par des relations pédagogiques. Ces notions et ces relations forment alors le squelette pédagogique d'un cours. C'est ce squelette pédagogique que nous appelons le fond. Ensuite chaque notion peut être présentée à l'apprenant de différentes façons, en utilisant différents médias, c'est ce que l'on nomme la forme.

Dès lors la construction d'un cours peut être décomposée en plusieurs étapes. Tout d'abord il faut identifier le fond. Ensuite il faut déterminer les notions et relations qui sont prépondérantes dans le cours, car au sein d'un cours toutes les notions ou relations n'ont pas la même importance. Puis à partir de ce squelette, il faut déterminer l'ordre de présentation de ces notions. Ensuite, pour chaque notion, il faut déterminer une structure de présentation (le discours peut par exemple se baser sur l'expérience ou sur la théorie). Enfin il faut choisir les éléments qui vont composer ce discours, c'est-à-dire dans notre problématique, les médias qui seront les plus aptes à être compris par l'apprenant.

Cette distinction entre le fond et la forme, ainsi que ce processus général de construction d'un cours apportent de nombreux avantages, par exemple :

- Le fond de chaque cours est propre à chaque enseignant, mais rien n'empêche ces derniers de se les échanger. Ainsi comme le suggère A. Meyranx, un système qui appliquerait ce mécanisme permettrait à des enseignants non seulement d'échanger des médias (textes, images, etc.), mais aussi d'échanger leur vision sur la façon d'enseigner.
- Certains paramètres de construction de cours (comme par exemple des critères de choix des items didactiques, ou l'agencement de ces derniers pour présenter une notion) pourraient, pourquoi pas, être spécifiés par l'apprenant. Le système deviendrait alors adaptable, c'est-à-dire que les enseignants et les apprenants pourraient effectuer des choix qui interviendraient dans le processus de création des cours.
- La mise en exergue de certaines notions ou relations du fond pourrait être spécifiée par les enseignants, mais aussi, pourquoi pas, par le système en fonction des résultats de l'apprenant (par exemple, suite à ses résultats lors d'évaluations). Dans ce cas, des choix pédagogiques seraient faits par le système, ce qui permettrait d'avoir au sein de celui-ci la boucle n°1 de la figure 1, et donc un système adaptatif.

Identifions donc maintenant les différentes catégories de connaissances qui permettront d'atteindre le résultat désiré.

4 Les connaissances nécessaires à la génération d'un cours

Nous allons commencer par analyser les différentes connaissances liées aux enseignants, c'est-à-dire le modèle du domaine. Puis nous nous intéresserons aux deux facettes de l'image de l'apprenant dans le système, c'est-à-dire les deux sous-modèles du modèle de l'apprenant que sont le modèle comportemental et le modèle épistémique. Ensuite nous nous intéresserons à la caractérisation des composants (ou briques élémentaires) qui vont permettre de construire les cours. Enfin, nous finirons par indiquer comment le générateur de cours utilise ces différentes connaissances.

4.1 Le modèle du domaine

Généralement, le modèle du domaine est la composante d'un système d'enseignement, défini par les experts du domaine (donc les enseignants), qui permet à l'ordinateur de "connaître" ce qui va être enseigné à l'apprenant. Dans notre cas, le modèle du domaine représente les connaissances de ce que l'on a nommé le fond, il permet de décrire le graphe des notions intrinsèques à un cours, et en extrapolant, à l'ensemble des cours intégrés au système.

Nous avons déterminé de manière pragmatique quatre types de relation entre les notions de ce graphe :

1. La relation **de prérequis** qui indique que l'apprentissage d'une notion A est assujetti à la maîtrise de la notion B.
2. La relation **d'analogie** qui indique que la maîtrise d'une notion A peut aider l'apprentissage d'une nouvelle notion B.
3. La relation **de conjonction** qui indique que l'apprentissage d'une notion A s'effectue via l'apprentissage séquentiel d'une succession de notions A_i.
4. La relation **de disjonction forte** qui indique que l'apprentissage d'une notion peut s'effectuer via l'apprentissage de telle ou bien telle autre notion.

On peut toutefois améliorer ce modèle. En effet, l'analogie entre deux notions peut être plus ou moins importante. Par exemple, dans le domaine de la physique, l'analogie entre les Oscillations Mécaniques Libres et les Oscillations Electriques Libres est importante, alors que dans le domaine de l'informatique, l'analogie entre les notions "Langage Pascal" et "Langage C" existe aussi, mais à un niveau moindre. Ainsi il peut être intéressant de pondérer ce type de relation afin d'indiquer l'importance de cette dernière.

Nous pouvons suivre le même type de raisonnement au sujet de la relation de prérequis. Dès lors, deux des quatre relations que nous venons de voir sont pondérées, pondération qui est proportionnelle à l'importance que donne l'enseignant créateur à sa relation.

De plus, la littérature indique que la démarche pédagogique qui consiste à organiser les notions est propre à chaque enseignant. Sachant que notre système se veut interprofessoral et même interdisciplinaire, il faut que le modèle du domaine intègre l'ensemble des démarches pédagogiques de chaque enseignant. Par conséquent, il faut que la création d'une notion ou d'une relation par un enseignant implique que l'item créé soit étiqueté comme appartenant à ce dernier. Cela va permettre aux différents acteurs du système, c'est-à-dire les enseignants mais aussi les apprenants, de "savoir" qui pense quoi. Ainsi :

- Les enseignants pourront visualiser leurs démarches pédagogiques ainsi que celles de leurs collègues.
- Les apprenants pourront choisir de suivre le parcours pédagogique de tel ou tel enseignant, et pourquoi pas de suivre le parcours pédagogique d'un ensemble d'enseignants (ce dernier cas est actuellement à l'étude, mais non implémenté dans le système).

Pour finir, afin d'organiser ce modèle, nous avons décidé que chaque notion serait associée à un domaine d'enseignement (nommé aussi champ d'enseignement). Ces champs d'enseignement sont organisés hiérarchiquement, sous forme d'arbre, c'est-à-dire qu'un champ peut être un sous-ensemble d'un champ père (on parle alors de sur-champ) et peut lui-même être décomposé en plusieurs champs (on parle alors de sous-champs): La classification de Dewey en est un bon exemple (Cf. http://www.oclc.org/oclc/fp/index.htm)

En résumé, le modèle du domaine de notre système est composé d'un ensemble de notions (incluant les cours) appartenant à des domaines d'enseignement organisés hiérarchiquement. Ces notions peuvent être reliées par quatre types de relation, dont deux sont pondérées. Chaque élément du modèle du domaine, c'est-à-dire les notions et les relations, est étiqueté par l'enseignant créateur, afin de permettre aux différents utilisateurs du système, enseignant et apprenant, l'accès aux points de vue d'un enseignant ou d'un ensemble d'enseignants.

Notre modèle du domaine représente le savoir des enseignants, qui va par la suite être utilisé pour construire des cours. Nous n'allons donc pas effectuer des inférences sophistiquées sur ce modèle, nous allons juste extraire de l'information suivant différents critères (par exemple prendre le point de vue d'un enseignant). Par conséquent, nous avons décidé d'utiliser un formalisme basé sur les graphes.

Ainsi dans ce formalisme, lorsque l'on prend en considération la description que l'on a faite du modèle du domaine, les noeuds de ce graphe peuvent être de quatre types :

- une notion à enseigner (qui peut être un cours),
- un champ d'enseignement qui permet de regrouper un ensemble de notions,
- un acteur du modèle du domaine, c'est-à-dire un enseignant,
- une information sur une relation, par exemple une pondération,

et les arcs de ce graphe représentent :

- les relations entre champs d'enseignement, pour introduire la notion de sur-champ et de sous-champ d'enseignement,
- les relations entre notions, telles que les relations de prérequis, d'analogie, etc.,
- les relations entre champs d'enseignement et notions.

Ainsi comme le montre la figure 2 (notation UML), nous venons de définir les primitives de construction de notre modèle du domaine.

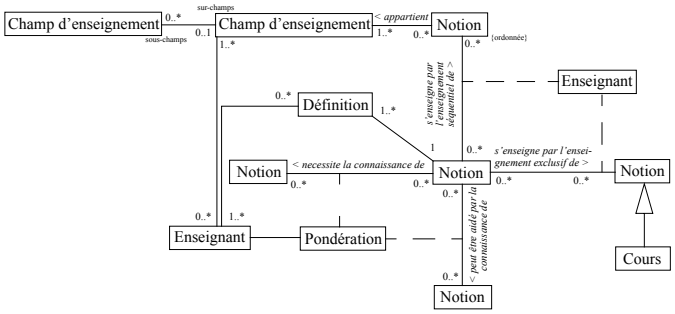


FIG. 2 - *Primitives de construction du modèle du domaine*

4.2 Le modèle de l'apprenant

Nous avons vu que notre objectif est d'obtenir une système de production de cours, et non pas seulement de distribution de support de cours, c'est-à-dire que le cours que va visualiser l'apprenant lui est propre.

Ceci ne peut être atteint que par la connaissance du profil de l'apprenant. Ce profil doit intégrer aussi bien les connaissances de l'apprenant sur le modèle du domaine, ce que l'on nomme le modèle épistémique (ce que tentent d'intégrer tous les modèles de l'apprenant), mais aussi ses particularités non-épistémiques, c'est-à-dire par exemple ses préférences ou ses objectifs pédagogiques. Ce deuxième sous-modèle, très rarement utilisé, se nomme le modèle comportemental.

Description du modèle épistémique

L'objectif de ce sous-modèle est d'apprécier à sa juste valeur l'état des connaissances de l'apprenant pour les notions présentes dans le modèle du domaine.

L'expérience montre que lors du premier contact, il est a priori très difficile d'acquérir ces informations. Cela ne peut être obtenu que par une phase d'initialisation, induite par l'une, ou la combinaison, des trois méthodes suivantes :

- Une méthode associée au cursus : à chaque niveau scolaire, on assigne un certain niveau de connaissance. Ainsi les apprenants ont tous le même modèle lors de la première utilisation.
- Une méthode associée aux résultats scolaires : on initialise le modèle de l'apprenant en fonction de ses résultats scolaires.
- Une méthode d'autoévaluation : c'est l'étudiant qui détermine les caractéristiques de son modèle.

Cependant, quelles que soient la ou les méthodes utilisées, il peut y avoir des manques (surtout lorsque c'est la méthode d'autoévaluation qui est utilisée), il est alors très important de ne pas confondre une mauvaise connaissance du système au sujet de l'apprenant avec une mauvaise connaissance de l'apprenant pour une notion donnée.

Enfin, comme tout le monde a pu le remarquer, notre mémoire n'est pas infaillible. Qui ne s'est jamais trouvé dans l'impossibilité de se remémorer une notion acquise auparavant ? C'est à partir de ce constat que nous avons décidé que le modèle épistémique devait prendre en compte l'aspect temporel de la mémoire, et ceci non pas d'une manière uniforme, mais en fonction des caractéristiques du modèle comportemental que nous allons voir maintenant.

Description du modèle comportemental

Alors que le modèle épistémique est toujours présent dans les systèmes d'enseignement, le modèle comportemental est, le plus souvent, très limité voire absent.

Si l'on analyse le comportement d'un apprenant lorsqu'il choisit un ouvrage pédagogique dans une bibliothèque ou dans une librairie, son choix est fonction :

- de la présentation de l'ouvrage : son organisation, les médias utilisés,
- du contexte d'apprentissage courant, si c'est pour présenter un exposé ou préparer un examen (dans ce dernier cas, l'expérience montre que les étudiants tentent de trouver les ouvrages écrits par l'examinateur),
- du sujet d'étude.

Nous avons donc décidé d'organiser les connaissances intrinsèques à ce sous-modèle en trois catégories.

La première, que l'on nomme les préférences, va permettre à l'apprenant de spécifier l'organisation des cours ainsi que les types physiques (notion que l'on définira par la suite) de médias préférés. Ainsi, il a la possibilité :

- de choisir un canevas, c'est-à-dire une structure pour les cours qui vont lui être proposés.
- de définir un classement sur les types physiques de média.

La deuxième catégorie définit les objectifs pédagogiques de la séance courante. Ces objectifs vont avoir une influence sur le comportement du système. En effet, que l'utilisateur veuille réviser pour un examen, ou qu'il veuille approfondir de façon informelle sa connaissance, le système devra être plus ou moins souple et adopter un point de vue sur l'organisation de la connaissance plus ou moins large. De même, l'apprenant doit avoir la possibilité de choisir le point de vue de tel ou tel enseignant, voire pourquoi pas, de choisir le point de vue d'un ensemble d'enseignants.

Enfin, la troisième catégorie doit prendre en charge les capacités de l'étudiant, non pas de façon globale, mais champ d'enseignement par champ d'enseignement.

Représentation du modèle épistémique.

Notre objectif initial n'était pas de trouver une nouvelle méthode de représentation du modèle de l'apprenant. De ce fait, nous avons utilisé des méthodes classiques, qui peuvent présenter des défauts, mais qui ont l'avantage d'être facilement compréhensibles et implémentables.

Dès lors, pour le modèle épistémique nous avons décidé d'utiliser la technique de recouvrement. Le modèle épistémique est donc représenté via une relation entre l'apprenant et les différentes notions qu'il a pu étudier. De plus, ce lien possède une valeur, comprise entre 0 et 1, proportionnelle à la connaissance qu'a l'apprenant sur la notion concernée. Enfin, si l'on veut prendre en compte le temps, il faut dater chacune de ces relations.

Ainsi, comme le montre la figure 3 (notation UML), les primitives du modèle épistémique se résument à un ensemble de liens pondérés datés, associant un apprenant à un ensemble de notions du modèle du domaine.

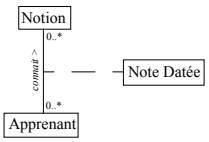


FIG. 3 - *Primitives de construction du modèle épistémique*

Représentation du modèle comportemental

Nous avons vu que le modèle comportemental est constitué de trois catégories de connaissances. Parmi ces trois catégories, seules la première et la troisième sont représentées dans le modèle comportemental. La seconde catégorie, quant à elle, n'existe que par les informations qui sont envoyées au générateur de cours pour la construction des pages. De ce fait la représentation du modèle comportemental se résume à représenter :

- le canevas qu'aura choisi l'apprenant,
- l'ordonnancement des différents types physiques de média,
- les capacités cognitives de l'apprenant pour chaque champ d'enseignement.

Comme nous l'avons vu, le canevas est la structure de présentation d'une notion, elle définit séquentiellement les éléments pédagogiques (que nous nommons type cognitif). Par exemple, la liste suivante est un canevas plausible :

1. Introduction.
2. Définition.
3. Exemple.
4. Exercice.
5. Rappels.

Le classement des types physiques de média définit un ordre d'importance entre les différentes catégories de médias (texte, vidéo, images, sons, etc.).

Les capacités cognitives de l'apprenant pour chaque champ d'enseignement peuvent être assimilées à un oubli plus ou moins important des notions de ce champ, acquises ultérieurement. Elles peuvent donc être assimilées à une fonction qui, pour un champ d'enseignement donné, retournera un coefficient de perte d'informations journalières. Elles peuvent alors être représentées par des relations pondérées associant l'apprenant à chaque champ d'enseignement.

En somme, ceci définit les primitives de construction du modèle comportemental présentées par la figure 4.

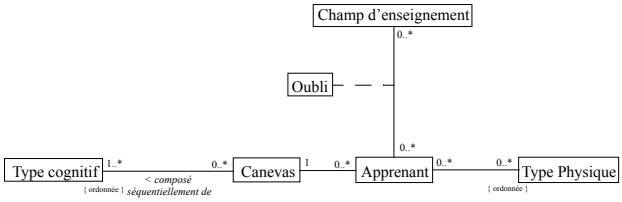


FIG. 4 - *Primitives de construction du modèle comportemental*

4.3 Le concept de brique élémentaire

Nous avons vu auparavant que le concept d'item didactique est la pierre angulaire des systèmes d'aide à la production de cours multimédia. Il en est de même pour notre système. Toutefois, nous préférons utiliser le terme de brique élémentaire car dans notre système les items didactiques doivent être multimédias et minimaux :

- **items multimédias**, car ces données peuvent être aussi bien du texte, des images, que des animations, des vidéos, etc.
- **didactiques**, car ces données peuvent être utilisées dans un cursus d'apprentissage, pour présenter une notion (une introduction, un exemple, etc.), évaluer l'apprenant, etc.
- **minimaux**, car ces données doivent être assez ciblées pédagogiquement, afin qu'elles puissent être réutilisées dans différents contextes.

Dans notre projet, nous considérons que le stockage, l'indexation et les problèmes liés aux droits d'auteur, en somme tout ce qui concerne la gestion des documents, n'est pas inclus dans notre problématique. L'enseignant qui veut ajouter une brique élémentaire dans le système doit seulement être capable de spécifier ses qualités physiques et didactiques.

En fait, pour qu'une brique soit convenablement référencée dans notre système, il faut pouvoir répondre aux questions suivantes :

1. Où se trouve la brique ?
2. Quel est son aspect physique ?
3. Comment s'insère-t-elle dans un cursus pédagogique ?
4. Quel niveau de connaissance faut-il avoir pour l'appréhender correctement ?
5. A quelle notion est associée la brique ?

Pour répondre à la première question, il faut être capable de sauvegarder la position de la brique sur le réseau Internet. Cela ne pose aucun problème, il suffit de sauver son adresse, c'est-à-dire son URL.

Pour répondre à la deuxième question, il faut associer à chaque brique un mot clef issu d'une taxinomie qui classe les aspects physiques, visuels des médias que l'on peut rencontrer. Il faut bien comprendre que l'objectif n'est pas de sauvegarder le format "informatique" exact du fichier de la brique (par exemple un fichier au format JPEG), mais bien d'extraire le genre de média utilisé (par exemple une image). En fait, pour établir cette taxinomie, nous nous sommes inspirés de la hiérarchisation présentée dans le modèle RCOS pour les composants (Cf. [6]). Ainsi l'aspect physique d'une brique est identifié par un des éléments de la liste suivante :

- **Texte**, pour les médias qui sont majoritairement composés de textes, de tableaux, ou de listes.
- **Vidéo**, pour les médias qui sont majoritairement composés de films incluant ou non du son.
- **Animation**, pour les médias qui sont majoritairement composés "d'images animées", sans son.
- **Photo**, pour les médias qui sont majoritairement composés d'images fixes en haute résolution, tels que des photos ou des *snapshots*.
- **Graphique**, pour les médias qui sont majoritairement composés de graphiques, de schémas ou d'histogrammes.
- **Son**.
- **Application interactive**.

Tout comme pour la deuxième question, pour répondre à la troisième question il faut associer à chaque brique un mot clef issu de la liste suivante :

- **Introduction**, pour tout ce qui est lié à l'introduction, la présentation générale d'un concept.
- **Définition**, pour tout ce qui se rapporte à une présentation théorique, tels que les définitions, les axiomes, les couples théorème-démonstration.
- **Exemple**, pour représenter des exemples théoriques, applications pratiques ou des exercices types avec la ou les solutions.
- **Simulation**, pour faire manipuler l'apprenant comme par exemple des travaux pratiques.
- **Exercice**.
- **Rappel**.

Les exercices ont toutefois une place un peu à part dans le système, car ces briques doivent pouvoir modifier en sortie le modèle épistémique de l'apprenant. Dans notre cas nous avons pour l'instant défini qu'un seul type d'exercice, les questionnaires à choix multiples étendus (QCME). Sans entrer dans les détails, un QCME est un QCM dont les réponses fausses peuvent induire de nouvelles sous-questions afin de préciser l'erreur que peut commettre l'apprenant, et ainsi affiner sa note finale. Dans un futur proche nous pensons élargir notre panoplie d'exercices, en se basant par exemple sur les travaux de M Claude Moulin (Cf. [11]).

Enfin, comme nous l'avons remarqué précédemment, les réponses aux deux dernières questions dépendent de l'enseignant qui insère la brique dans le système. Par exemple, une animation présentant la lune en train de tourner autour de la terre pourrait, pour un premier enseignant, être utilisée pour illustrer un cours sur la gravité. Alors que pour un deuxième enseignant, elle pourrait illustrer un cours sur le mouvement des marées. Ainsi une brique peut être associée à différentes notions par une relation pondérée (indiquant le niveau minimum requis pour bien la comprendre) : relation qui est associée à l'enseignant créateur.

Par exemple, la troisième ligne du tableau 1 présente une brique issue du site Web de M. Walter Fendt (http:// home.a-city.de/walter.fendt/index.htm) qui pourrait parfaitement introduire la notion "Courant alternatif sinusoïdal" (CAS). Cette brique estcaractérisée par sa position (http:// psiserver.insa-rouen.fr / delestre / metadyne / briques / regime_sinusoidal / Terminalanimation.html, recopié avec l'aimable autorisation de l'auteur), son type physique (une application interactive), son type cognitif (une introduction), et son niveau cognitif (assez élevé, car pour bien comprendre cette brique, il faut comprendre les phénomènes d'induction).

En résumé les briques élémentaires sont caractérisées par quatre attributs :

1. **La position**, qui permet de répondre à la question "Où se trouve la brique ?".
2. **Le type physique**, qui permet de répondre à la question "Quel est l'aspect physique de la brique ?".
3. **Le type cognitif**, qui permet de répondre à la question "Comment s'insère la brique dans un cursus pédagogique ?".
4. **Le niveau cognitif**, qui permet de répondre aux questions "Quel doit être le niveau de connaissance de l'apprenant pour appréhender correctement la brique ?", et "A quelle notion est-elle associée ?".

Dès lors, comme l'indique la figure 5, il est possible d'associer cet ensemble de connaissances à notre représentation du modèle du domaine.

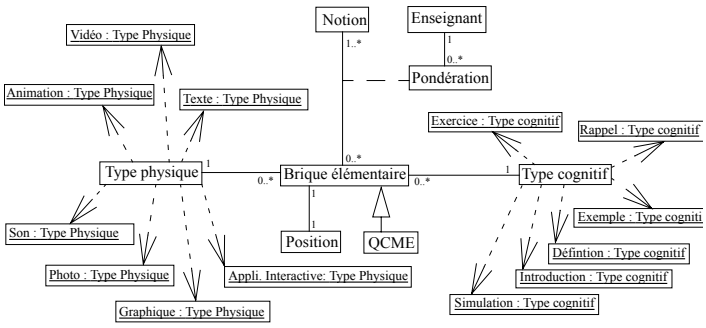


FIG. 5 - *Représentation des briques élémentaires*

4.4 Le générateur de cours

Les objectifs du générateur de cours (GC), que l'on aurait pu aussi nommer module d'interface, sont sim-

ples, puisqu'il est en charge, pour une notion choisie par l'apprenant, de construire dynamiquement une page de l'hypermédia, en fonction de l'état courant du modèle du domaine, du modèle de l'apprenant et des briques élémentaires référencées.

En simplifiant, un hypermédia est composé de pages et de liens (pour plus d'informations vous pouvez vous référer à [3], [14] et [17]). Le GC va donc être en charge de créer à un instant *t* une page et les liens qui lui sont associés.

La construction d'une page de l'hypermédia est principalement fonction du modèle de l'apprenant dans sa globalité, c'est-à-dire fonction du modèle épistémique et du modèle comportemental, ainsi que de la base de briques élémentaires. A ceci s'ajoute l'utilisation de trois filtres qui permettent d'extraire un ensemble de briques élémentaires en fonction tout d'abord de leur type cognitif, ensuite en fonction de leur niveau cognitif, et enfin en fonction de leur type physique.

En fait la construction d'une page débute lorsque l'apprenant décide d'activer un cours (donc une notion), ou lorsqu'il clique sur un lien hypertexte qui l'amène sur une nouvelle notion. Le GC récupère alors le canevas de l'apprenant, ainsi que le niveau de l'apprenant pour le concept courant. Ce niveau est automatiquement réévalué en fonction de la date de la dernière mise à jour, du champ d'enseignement de la notion courante et du modèle comportemental de l'apprenant.

Ensuite le GC récupère le canevas de l'apprenant afin de déterminer la structure du cours. Il va donc essayer pour chaque élément de ce canevas de trouver le meilleur média. Pour cela, il va récupérer l'ensemble des briques élémentaires associées à la notion courante en se restreignant pour l'instant au point de vue de l'enseignant choisi par l'apprenant.

Pour choisir la meilleure brique élémentaire, le GC va alors appliquer trois filtres. Le premier permet d'extraire un sous-ensemble de briques pour un type cognitif déterminé. Le second permet d'effectuer la même opération mais pour un niveau cognitif déterminé. Enfin le troisième effectue le même genre d'extraction mais pour un type physique donné.

Ainsi comme le montre la figure 6, l'utilisation successive de ces trois filtres permet d'extraire "la meilleure brique élémentaire" (si finalement il y en a plusieurs on choisit une brique qui n'a pas encore été vue par l'apprenant, et s'il les a toutes vues au moins une fois, on prend la première). En effet, le canevas détermine le type cognitif que doit utiliser le premier filtre. Ensuite, le modèle épistémique de l'apprenant permet de fixer le niveau cognitif souhaité pour le deuxième filtre. Enfin, le classement des types physiques défini dans le modèle comportemental permet de déterminer le type de média que le troisième filtre doit prendre en considération.

Toutefois, il se peut que, par manque de briques élémentaires, l'utilisation de tel ou tel filtre induise l'obtention d'un ensemble vide en sortie. Dans ce cas, les règles suivantes sont appliquées:

- Si à l'issue du troisième filtre, nous n'obtenons aucune brique, nous élargissons la recherche en prenant en considération le classement des types physiques du modèle comportemental de l'apprenant.
- Si à l'issue du deuxième filtre, nous n'obtenons aucune brique dont le niveau cognitif est équivalent à la connaissance de l'apprenant, nous réitérons l'opération en recherchant des briques dont le niveau cognitif est inférieur au niveau de l'apprenant.
- Si à l'issue du deuxième filtre, nous n'obtenons aucune brique dont le niveau cognitif est inférieur ou égal à la connaissance de l'apprenant, nous réitérons l'opération en recherchant des briques dont le niveau cognitif est supérieur au niveau de l'apprenant.
- Si à l'issue du premier filtre, nous n'obtenons aucune brique, nous réitérons la recherche en prenant un point de vue plus large, c'est-à-dire en ajoutant successivement le point de vue des enseignants du même domaine, puis ceux des champs d'enseignement "supérieurs" dans la hiérarchie des domaines d'enseignement.

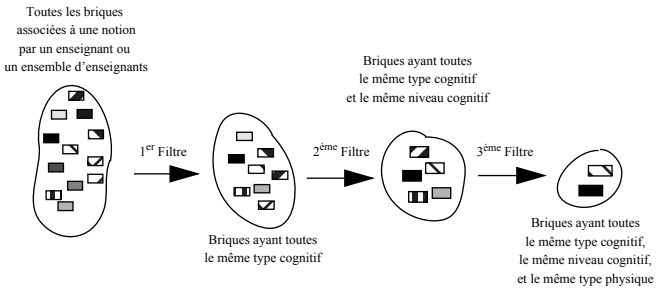


FIG. 6 - *Mécanisme de sélection des briques*

Une fois que l'on a construit le contenu d'une page, il faut que le système détermine les liens hypertextes, qui permettront à l'apprenant d'accéder à d'autres notions. Ici pas de problème, il suffit de prendre en compte :

- les relations du modèle du domaine,
- le modèle épistémique,
- le type de cours que désire visualiser l'apprenant:
  - en vue d'un examen : dans ce cas on prend le point de vue d'un seul enseignant et on guide fortement l'apprenant en réduisant au maximum le nombre de liens hypertextes : non prise en compte des relations d'analogie et des relations de prérequis dont la pondération est inférieure au niveau de connaissance de l'apprenant.
  - en vue d'un parcours plus libre : dans ce cas l'apprenant peut choisir de suivre le point d'un ou plusieurs enseignants et le système ne guide pas du tout l'apprenant, il affiche tous les liens hypertextes, en spécifiant toutefois leur importance.

Enfin, il faut déterminer le type de page ou de lien hypertexte pour chaque type de relation du modèle du domaine. Nous avons décidé de suivre les représentations hypertextuelles suivantes :

Relation du modèle du domaine	Lien hypertexte
Prérequis	Lien contextuel
Analogie	-
Conjonction	Lien précédent et suivant
Disjonction forte	Page de choix

FIG. 7 - *Représentation hypertextuelle des liens du modèle du domaine*

5 Le prototype

5.1 Une architecture clients-serveurs

A partir de ce que l'on vient de voir, nous avons développé un prototype. Comme le montre la figure 8, ce prototype est basé sur le chaînage de trois systèmes clients-serveurs : une base de données, un serveur d'objets distribués et un serveur HTTP.

Le premier élément de ce chaînage est un système de gestion de base de données orientées objets (SGDBOO) qui implémente le modèle objet que nous avons modélisé à partir du modèle conceptuel (Cf. [5]). Nous avons décidé d'utiliser le SGBDOO Matisse (http://www.matisse.com) car outre ses performances et sa facilité d'utilisation, il propose de sauvegarder des objets Java grâce à la technique dite de persistance par héritage.

L'accès aux objets de la base s'effectue via un serveur d'objets distribués HORB (http://ring.etl.go.jp/openlab/horb/index.html) qui se distingue des serveurs d'objets distribués classiques de part sa facilité de mise en oeuvre, de part sa vélocité dans l'invocation de méthodes distantes et de part son caractère libre (sources Java disponibles et modifiables).

Enfin le serveur HTTP permet d'utiliser Métadyne depuis un simple navigateur Web. Quelques servlets sont associées àce serveur, dont une est en charge d'identifier l'utilisateur courant et les autres de générer les cours demandés par les apprenants.

5.2 Les fonctionnalités offertes

Lorsqu'un utilisateur se connecte au serveur Métadyne à l'aide d'un navigateur, il doit tout d'abord s'identifier à l'aide d'un identifiant (login) et d'un mot de passe. Le système est alors capable de déterminer sa fonction au sein du système (enseignant ou apprenant) et donc de lui présenter les fonctionnalités adéquates.

Les enseignants ont tout d'abord la possibilité de spécifier leur modèle du domaine à l'aide de l'applet, nommée "Gestionnaire du domaine", mise en évidence par le repère n°1. L'interface utilisateur de cette application est principalement divisée en trois parties. Tout d'abord la partie de gauche permet de choisir le champ d'enseignement désiré (on retrouve l'arbre des sur-champs et sous-champs défini précédemment). Une fois qu'un champ a été sélectionné, l'enseignant peut visualiser sur la fenêtre de droite sa vision du modèle du domaine, c'est-à-dire les concepts et cours appartenant à ce champ, ainsi que les différentes relations qui les unissent, et les briques élémentaires qui pourront être utilisées pour les présenter. Bien évidemment, les enseignants peuvent modifier leur point de vue en ajoutant ou supprimant des concepts, des cours, des relations et des briques à l'aide d'un menu contextuel. C'est aussi à l'aide de ce menu, que l'enseignant peut demander au système de lui afficher, en plus de sa vision, la vision d'un ou de plusieurs collègues. Dans ce cas, chaque entité (concept, relations, etc.) est étiquetée par le nom de son propriétaire. L'enseignant a alors la possibilité de copier dans son modèle des entités appartenant à la vision de ses collègues.

A l'aide d'une application nommée "Créateur de QCME" (non représentée ici), les enseignants ont aussi la possibilité de définir des QCME. Comme pour l'application "Gestionnaire du domaine", les enseignants ont la possibilité de visualiser les QCME de leurs collègues, de se les approprier (par copie), et de les modifier si le besoin s'en fait sentir.

Les apprenants quant à eux, ont accès à deux types d'application. Une première (non représentée) qui est un évaluateur QCME. Elle permet tout simplement d'exécuter les QCME créés par les enseignants et ainsi mettre à jour leur modèle épistémique.

La seconde application leurs permet de spécifier leur modèle comportemental et de visualiser les cours disponibles (Cf. repère n°2). Cette application constamment visible permet à l'apprenant, à l'aide de cinq onglets, de:

- choisir le point de vue de l'enseignant qui doit être utilisé par la système pour construire un cours (onglet "point(s) de vue").
- spécifier le type de canevas que doit utiliser le système pour formater les cours (onglet "Structure de cours").
- classer les différents types physiques de média référencés par le système (onglet "Classement des types de média").
- spécifier la "souplesse" du système, aussi bien au niveau de la liberté de navigation laissée à l'apprenant qu'au niveau du choix des médias pour présenter le cours désiré (onglet "Liberté de navigation"). C'est en effet à travers cette option que l'apprenant va donner de l'importance à son modèle épistémique.
  Si l'apprenant demande un système strict, le système l'obligera à bien posséder les notions de prérequis du cours (en affichant si besoin uniquement les liens vers ces notions, et non le cours demandé). De la même manière, les briques élémentaires seront choisies principalement en fonction de leur niveau cognitif (le deuxième filtre est alors très contraint).

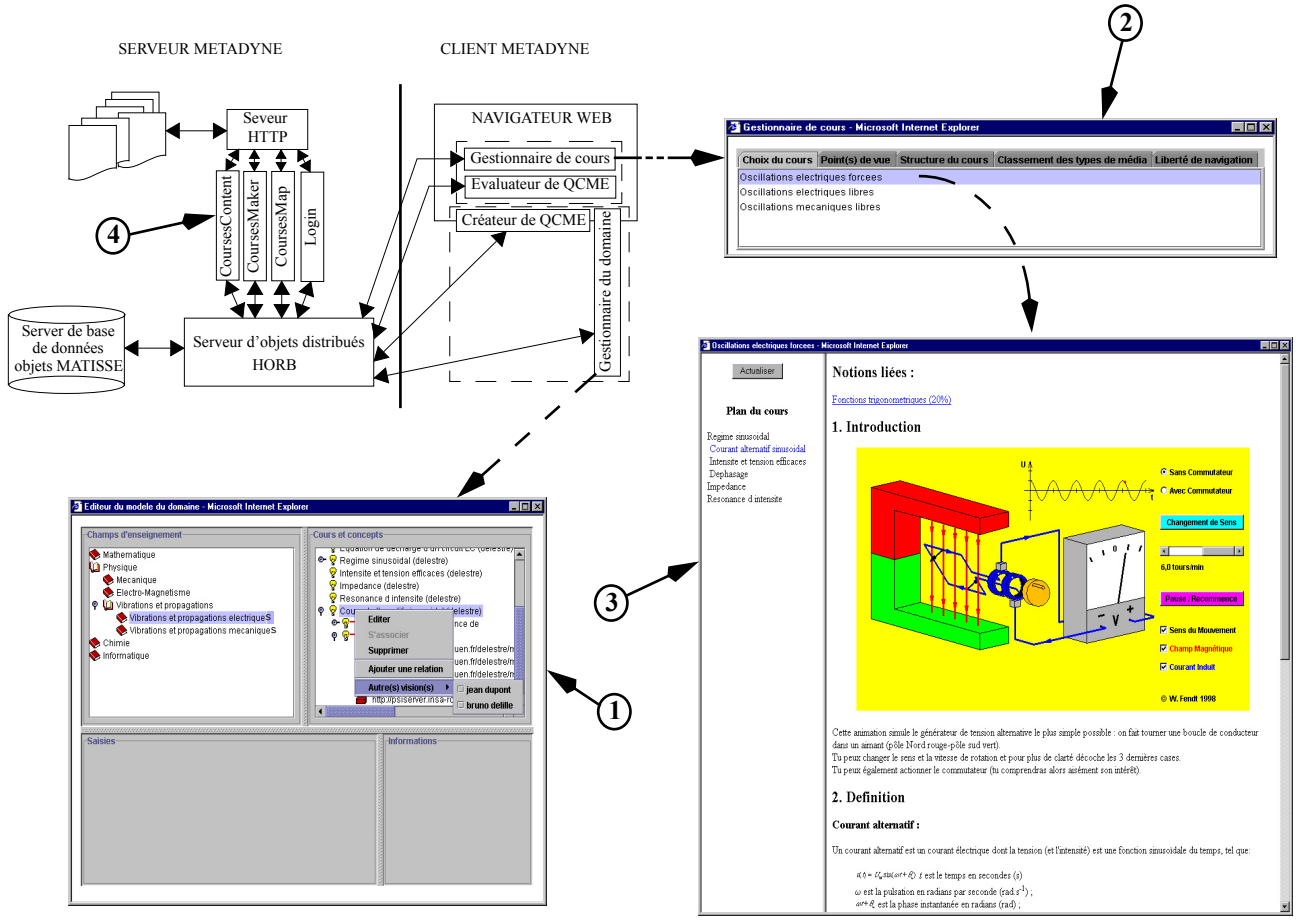


FIG. 8 - *Architecture logicielle du prototype METADYNE*

Au contraire, si l'apprenant demande un système plus souple, le système n'obligera plus l'apprenant à bien maîtriser les concepts liés, et le système donnera beaucoup d'importance au troisième filtre lors de la sélection des briques élémentaires.

- de visualiser les cours disponibles (onglets "Choix du cours").

Le cours choisi est alors créé par le générateur de cours (qui est composé de différentes servlets, Cf. repère n°4) et envoyé à l'apprenant dans une nouvelle fenêtre du navigateur (Cf. repère n°3).

6 Un exemple de production de cours

Commençons par étudier un extrait du modèle du domaine d'un enseignant (Cf. figure 9). Cet extrait possède huit notions, dont l'une d'elles est un cours. Les sept premières notions sont reliées les unes aux autres via des relations de conjonction, et les notions "Courant alternatif sinusoïdal" et "Fonctions trigonométriques" sont reliées par une relation de prérequis de faible importance (pondération de 0,2).

Imaginons que l'étudiant ait un modèle épistémique

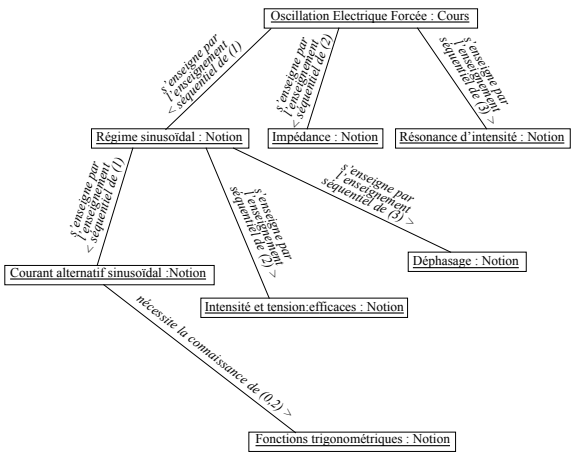


FIG. 9 - *Extrait d'un modèle du domaine*

qui associe chacune de ces notions à la valeur 0, et dont le modèle comportemental est associé au canevas dit "classique" (Introduction, définition, exemple, exercice, rappels) et au classement des types physiques suivant : { application interactive, graphique, texte}.

Supposons que les briques suivantes soient référencées dans le système.

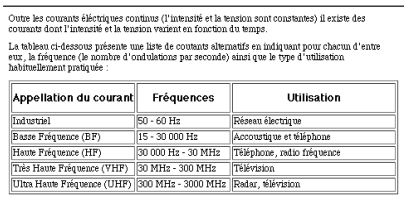
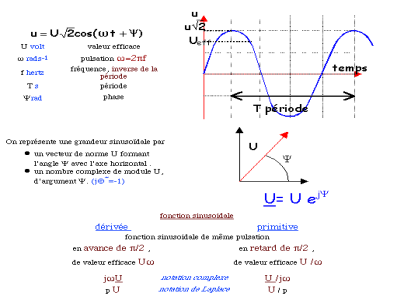
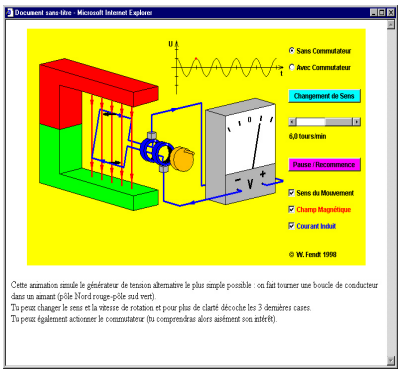
Briques	Caractéristiques
 Outre les courants électriques continus (l'intensité et la tension sont constantes) il existe des courants dont l'intensité et la tension varient en fonction du temps. La tableau ci-dessous présente une liste de courants alternatifs en indiquant pour chacun d'entre eux, la fréquence (le nombre d'ondulations par seconde) ainsi que le type d'utilisation habituellement pratiquée : Appellation du courant / Fréquences / Utilisation — Industriel: 50 - 60 Hz, Réseau électrique; Basse Fréquence (BF): 15 - 30 000 Hz, Accoustique et téléphone; Haute Fréquence (HF): 30 000 Hz - 30 MHz, Téléphone, radio fréquence; Très Haute Fréquence (VHF): 30 MHz - 300 MHz, Télévision; Ultra Haute Fréquence (UHF): 300 MHz - 3000 MHz, Radar, télévision	Notion : CAS Type Cognitif : Introduction Type Physique : Texte Niveau Cognitif : 0
	Notion : CAS Type Cognitif :Introduction Type Physique :Graphique Niveau Cognitif : 0,5
	Notion : CAS Type Cognitif : Introduction Type Physique :Application interactive Niveau Cognitif : 0,8

Tableau 1: *Quelques briques élémentaires*

Dès lors, lorsque l'apprenant demande à visualiser le cours sur les Oscillations électriques forcées (OEF), le système commence par déterminer la liste des notions qui devront être présentées. Il produit alors une minitable des matières (en se basant sur les liens de conjonction du modèle du domaine), qu'il affiche dans la partie gauche de la fenêtre du navigateur. Apparaît alors sur la fenêtre de droite une présentation de la première notion (ici CAS). Avant toute chose, le système vérifie s'il y a des notions de prérequis à la notion courante (c'est le cas ici, avec le notion "Fonctions trigonométriques"). Si tel est le cas, il compare la note de l'apprenant pour la notion de prérequis et l'importance de la relation.

Si la note est inférieure à l'importance du prérequis, et si l'étudiant a demandé au système d'être strict, le système va l'obliger à aller visualiser la notion liée (c'est ce qui ce passe ici dans le repère 1 de la figure 10).

Si la note est supérieure (ou que l'apprenant a demandé au système d'être plus souple), le GC récupère le canevas choisi par l'apprenant, et recherche la "meilleure brique" pour chaque type cognitif du canevas. Comme nous l'avons vu, le choix de chaque brique est fonction du modèle épistémique de l'apprenant sur la notion courante, du niveau cognitif de la brique et de la liberté de navigation qu'aura choisi l'apprenant. Plus la liberté de navigation est stricte, plus le niveau cognitif des briques aura de l'importance vis à vis du modèle épistémique de l'apprenant. Au contraire, plus la liberté de navigation est ouverte, plus le type physique de la brique aura de l'importance au regard du classement des types physiques qu'aura spécifié l'apprenant. Ainsi les repères 2, 3 et 4 de la figure 10 présente un choix de brique correspondant soit à une liberté de navigation de plus en plus ouverte, soit à une augmentation constante du niveau de l'apprenant pour la notion CAS.

7 Conclusions et perspectives

Cet article, après une identification des problèmes spécifiques à la transmission du savoir à l'aide des nouvelles technologies (problématique centrale dans le cas par exemple des universités virtuelles), décrit l'ensemble des connaissances inhérentes à la production automatique de cours par agencement de briques élémentaires. Nous avons dès lors détaillé les différentes connaissances utilisées dans notre système, en présentant le modèle du domaine, le modèle de l'apprenant, les briques élémentaires et le générateur de cours.

Un prototype basé sur l'utilisation des dernières technologies informatiques a été développé et testé en Intranet. Dans les mois qui viennent, au sein de notre établissement, une expérimentation en grandeur réelle devrait voir le jour. Cela permettra de faire évoluer les connaissances du système, aussi bien au niveau du modèle du domaine, au niveau du modèle de l'apprenant, qu'au niveau de la caractérisation des briques élémentaires.

Références

[1] O. Abou Khaled, M.C. Pettenati, C. Vanoirbeek et G. Coray, MEDIT : a Distance Education Prototype for Teaching and Learning. *WebNet'98*, Orlando (Etats-Unis), p7-12, 1998

[2] W.Aziz, S. Barthélémy, N. Delestre. How to share multimedia data about engineering sciences ? *CAEE'99*, Sofia, p72-78, 1999.

[3] V. Balasubramanian, State of the Art Review in Hypermedia Issues, *Graduate School of Management*, Rutgers University, Newark, 1994.

[4] N. Delestre et B. Rumpler. Architecture d'un Serveur Multimédia pour les Sciences de l'Ingénieur. *NTICF'98*, Rouen, France, p39-46, 1998.

[5] N. Delestre. Metadyne, un Hypermédia Adaptatif Dynamique pour l'Enseignement, *Thèse de l'Université de Rouen*, 2000.

[6] J. Hathaway et S. Kirshbaum. The Reusable Content

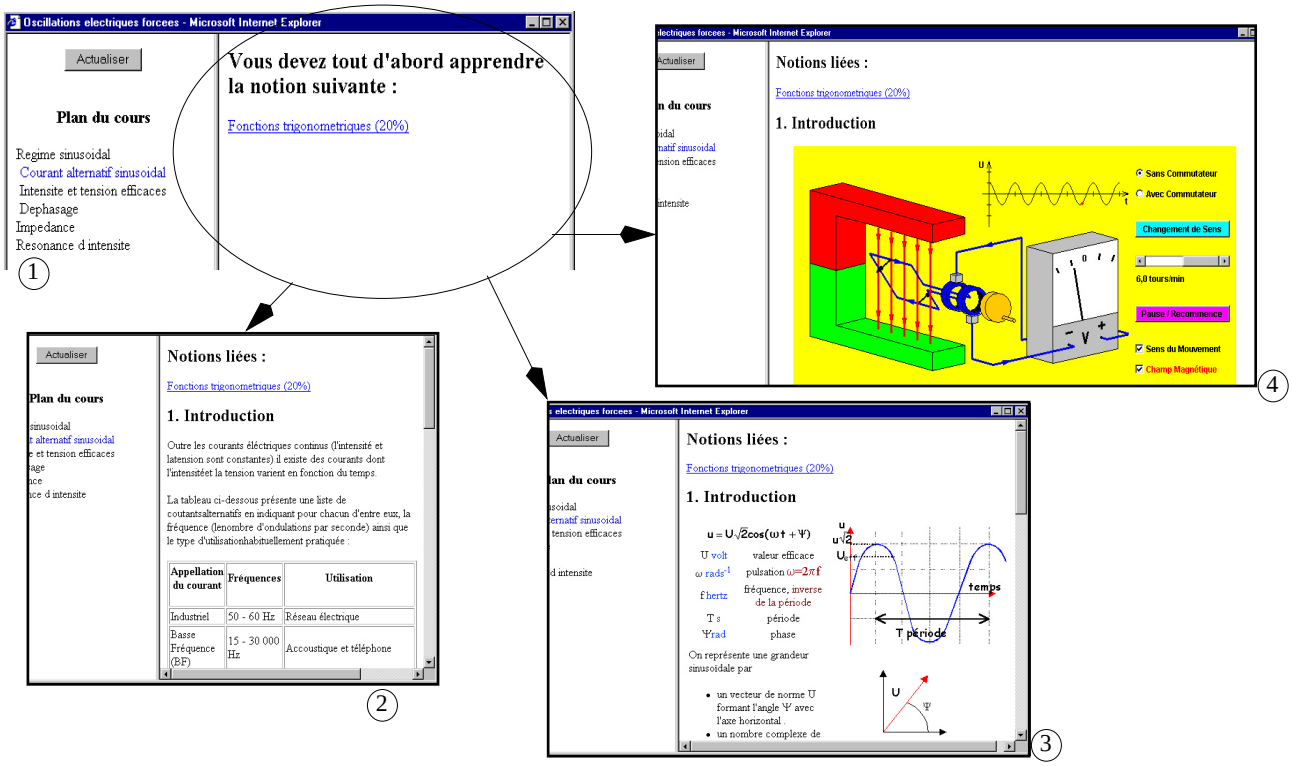


FIG. 10 - *Exemples de cours générés*

Object Strategy. *White Paper v1.6,* Oracle, 1997.

[7] M. Hoogeveen, Towards a theory of the effectiveness of multimedia systems, *Internationnal Journal of Human Computer Interaction*, 9(2), p151-168, 1997

[8] F. Nadeau, Applications et impacts de l'hypermédia constructif sur l'apprentissage, *http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/64448/nado/demi.html*

[9] C. Marquesuzaà. OMAGE : Outils et méthode pour la spécification des connaissances au sein d'un atelier de génier éducatif. *Thèse de l'Université de Pau et des pays de l'Adour*, 1998.

[10] P. Mendelsohn, Peut-on oppposer Savoirs et Savoir-faire quand on parle d'apprentissage, *A.bentolila (Ed) - Savoirs et savoir-faire, Les entretiens Nathan (Actes V)*, 1995.

[11] C. Moulin, Typology of Shared Documents in a Web-Based Learning Environment, *AI-ED 99 Workshop on Ontologies for Intelligent Educational Systems*, Le Mans, France, July 18-19, 1999 (http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/aied99/aied99-onto.html)

[12] W.G. Murray, S. Salari, P.Swoboda, World Wide Web Course Tool: An Environment for Building WW-Based Courses, *Fifty International World Wide Web Conference*, Paris (France), 1996.

[13] W.G. Murray, S.Salari, An update on WebCT (World Wide Web Course Tools), a Tool for the Creation of Sophisticated Web Based Learning Environments, *NAUWeb'97*, Flagstaff (Etats-Unis), 1997.

[14] M. Nanard, Les hypertextes : au-delà des liens, la connaissance, *Sciences et Techniques Educatives*, Vol 2, n°1, Edition Hermes, 1995.

[15] C. Nécaille, ARCHYMEDIA, architecture d'un système hypermédia d'aide à la formation, *Thèse de l'université de Rouen*, 1998.

[16] Y.A. Rekik et C. Vanoirbeek. Course designer Environment : Authoring Environment for Interactive Courses with a Shared Course Components Library. *CAEE'99*, Sofia, p296-303, 1999.

[17] J. Rhéaume, Les hypertextes et les hypermédia, *Revue EducaTechnologie,* Volume 1, n°2, 1993.