



HAL
open science

L'architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement

Nicolas Delestre, Jean-Pierre Pécuchet, Catherine Gréboval

► **To cite this version:**

Nicolas Delestre, Jean-Pierre Pécuchet, Catherine Gréboval. L'architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement. Nouvelles Technologies pour l'Information et le Communication dans les Formations d'Ingénieurs - NTICF'98, INSA de Rouen, 1998, Rouen, France. p383-390. hal-01177832

HAL Id: hal-01177832

<https://hal.science/hal-01177832v1>

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.

L'architecture d'un hypermédia adaptatif dynamique pour l'enseignement

Nicolas Delestre

Nicolas.Delestre@insa-rouen.fr

Jean-Pierre Pécuchet

Jean-Pierre.Pecuchet@insa-rouen.fr

Catherine Gréboval

Catherine.Greboval@insa-rouen.fr

PSI LIRINSA

INSA de Rouen

BP 08 Place Emile Blondel

76131 Mont Saint Aignan, France

Tel : (33) 2 35 52 84 70

Fax : (33) 2 35 52 84 98

Résumé

Depuis quelques années, les hypermédia ont ouvert un nouvel axe de recherche dans le domaine des systèmes d'enseignement assisté par ordinateur. Sont alors apparus successivement trois types de systèmes : tout d'abord les hypermédia dits classiques, puis les hypermédia adaptatifs et enfin les hypermédia adaptatifs dynamiques. Ces derniers, bien que plus évolués, sont malheureusement rarement multimédia et ne dispensent pratiquement jamais leurs cours sur l'Internet. Cet article, après quelques rappels, présente l'architecture de METADYNE¹, un hypermédia adaptatif dynamique. Ce système permet la création et la distribution de cours réellement multimédia, adaptés aux caractéristiques de chaque apprenant, tout en utilisant l'Internet comme support de communication. Une architecture ouverte et le respect des standards permettent d'accéder au système à l'aide d'un navigateur classique et autorisent l'utilisation d'une base de données pédagogique multimédia quelconque.

Mots-Clés : Hypermédia adaptatif, Multimédia, Enseignement assisté par ordinateur, Internet.

Abstract

For many years now, hypermedia have initiated a new research area in the field of computer aided teaching systems. Three kinds of systems have successively appeared: first classical hypermedia, then adaptive hypermedia and finally dynamic adaptive hypermedia. Dynamic adaptive hypermedia are more

efficient, but they are currently rarely multimedia and hardly ever use the Internet to send courses. This paper begins with a historical reminder then introduces the architecture of METADYNE¹, a dynamic adaptive hypermedia system. This system makes it possible to create and to distribute multimedia-based courses adapted to the learner, and to transmit courses via the Internet. An open architecture and the respect of standards allow the user to connect to the system with a classical browser, and allow the system to use pedagogical multimedia database.

Key words : Adaptive hypermedia, Multimedia, Computer aided teaching, Internet.

Introduction.

Avec les ITS (Intelligent Tutoring System) (Baron 1995) et les ILE (Intelligent or Interactive Learning Environment) (Dillenbourg 1993), les hypermédia constituent de nos jours une composante essentielle dans le domaine de la recherche sur les systèmes d'enseignement assistés par ordinateur. Malheureusement, le principal atout de ces systèmes, c'est-à-dire la non-linéarité de la progression de l'apprenant, est vite devenu un inconvénient majeur. Des études ont montré que l'apprenant pouvait se perdre rapidement dans l'hyperespace². De ce fait, on a cherché à guider l'étudiant dans son cheminement en fonction de ses connaissances sur le domaine enseigné, en modifiant aussi bien le contenu des

¹ hyperMEdia adapTATif DYNamique pour l'Enseignement.

² L'hyperespace est le graphe que forme l'ensemble des pages et des liens de l'hypermédia.

pages que les liens entre ces dernières : c'est ce que l'on nomme les hypermédia adaptatifs. Mais cette évolution a dévoilé de nouveaux problèmes. Les techniques employées sont assez contraignantes et quelques expérimentations ont mis en évidence une possible désorientation de l'apprenant. Ainsi depuis quelques années, les recherches s'orientent vers ce que l'on nomme les hypermédia adaptatifs dynamiques, c'est-à-dire des systèmes qui créent dynamiquement les pages et les liens de l'hyperespace en fonction des caractéristiques de l'utilisateur, en vue de simplifier l'espace exploré et de le réduire à la partie la plus adaptée à l'utilisateur.

L'objectif du projet METADYNE est de concevoir un hypermédia adaptatif dynamique. Bien qu'étant le sujet d'étude de plusieurs recherches, il n'y a à notre connaissance que peu de systèmes réellement multimédia dispensant des cours via le réseau Internet. METADYNE tente donc d'innover en ce sens en proposant des cours multimédia, disponibles quelque soit la position géographique de l'apprenant. La construction de ces cours, issue d'une mise en commun des connaissances des enseignants, tiendra compte de toutes les caractéristiques de l'apprenant.

Dans la première partie de cet article, nous allons étudier les avantages et les inconvénients des systèmes hypermédia dans un cadre éducatif, en nous intéressant tout d'abord aux hypermédia classiques, puis aux hypermédia adaptatifs, et enfin aux hypermédia adaptatifs dynamiques. Dans une seconde partie, nous précisons le modèle de notre système en explicitant chaque composant. Enfin, nous présenterons les perspectives de notre travail.

Les hypermédia pour l'Enseignement.

Dans cette partie, nous allons commencer par redéfinir ce que sont les hypertextes et les hypermédia. Nous allons ensuite voir quels sont les avantages et les inconvénients des hypermédia dans un cadre éducatif. Ceci nous amènera alors à présenter et effectuer la même analyse pour les hypermédia adaptatifs, ce qui finalement nous amènera à étudier les hypermédia adaptatifs dynamiques.

Les systèmes hypermédia classiques.

Un hypertexte est un système qui permet de présenter différentes informations de façon non linéaire. Les hypertextes sont constitués de nœuds et de liens (CF. [Balasubramanian]). Les nœuds, ou pages de l'hypertexte, sont constitués d'informations textuelles. Les liens forment des ponts entre les pages : un mot (ou un ensemble de mots) est alors mis en évidence, indiquant à l'utilisateur qu'il a la possibilité de visualiser une autre page en activant ce lien. Les hypermédia se différencient des hypertextes par le contenu des nœuds. Les nœuds ne contiennent plus seulement des donn-

ées textuelles, mais peuvent être composés de média divers, tels que des images, des séquences animées, des vidéos, etc. Toutefois certains auteurs utilisent indifféremment les termes hypertextes ou hypermédia pour montrer que l'intérêt majeur de ces systèmes n'est pas le contenu mais la structure globale de l'hyperespace.

Les avantages dans un cadre éducatif.

Deux grands atouts, issus de la structure intrinsèque des hypermédia, émergent de leur utilisation dans un cadre éducatif : la composante multimédia et la composante hypertexte.

Plusieurs études ont essayé d'évaluer l'intérêt des systèmes multimédia dans le cadre des systèmes d'enseignement. Ainsi (Hoogeveen 1995) a dégagé quelques « critères » (par exemple ce qu'il nomme « Level of Multimediality », « Level of Man-machine Interactivity », et « Level of Congruence ») permettant d'évaluer les qualités d'un logiciel éducatif multimédia interactif. D'après cette étude, nous pouvons conclure que l'utilisation d'un système interactif multimédia peut améliorer l'aspect visuel et ludique, et par conséquent renforcer l'intérêt de l'élève.

Outre la composante multimédia des hypermédia, la composante hypertexte peut aussi grandement améliorer la qualité de l'enseignement. En effet, les hypermédia, par leur structure, aident l'apprenant à mieux se représenter la connaissance, à mieux appréhender les tenants et les aboutissants de chaque concept. La non-linéarité de la progression de l'apprenant l'oblige à se construire sa connaissance en créant des connections entre les concepts. En effet, comme l'indique F. Nadeau dans [Nadeau] :

L'apprentissage comme la pensée ne se font pas par des idées isolées mais par des relations significatives ou associatives entre idées. [...] Donc l'hypermédia devient un outil de structuration de la pensée.

Les inconvénients dans un cadre éducatif.

Malheureusement ces deux avantages peuvent devenir préjudiciables, puisqu'ils peuvent entraîner une désorientation et une surcharge cognitive (Rhéaume 1993).

La désorientation est issue de la facilité qu'a l'apprenant à se déplacer de nœud en nœud dans le système. Ainsi cette liberté de déplacement peut finir par troubler l'apprenant. Il risque de se poser des questions du type « Où suis-je ? », « Pourquoi suis-je là ? » « Que dois-je faire ? »³. (Rhéaume 1993) explique que ceci est principalement dû à notre mémoire à court terme, puisque comme l'a montré

³ Cet inconvénient est en plus accentué par le fait que généralement la taille des hypermédia est en constante augmentation.

(Miller 1956), les êtres humains ne sont capables de mémoriser sur le moment qu'un nombre limité d'informations (sept items à plus ou moins deux près).

La surcharge cognitive, quant à elle, est provoquée par « l'avalanche d'informations » que risque de « déverser » le système. En effet, la redondance, pour être bénéfique, doit être construite de façon intelligente. En aucun cas, il ne faut présenter la même information à l'aide de différents média ne nécessitant pas tous le même niveau de connaissance.

Les hypermédia adaptatifs.

Des recherches ont alors essayé de minimiser l'aspect négatif des hypermédia, en créant des hypermédia adaptatifs. L'objectif de ces systèmes est d'adapter la présentation de la connaissance et d'aider l'apprenant à se diriger dans l'hyperespace. De ce fait, dans un hypermédia nous devons pouvoir modifier aussi bien le contenu des pages que les liens entre les différentes pages (Brusilovsky 1996a). Mais c'est surtout sur l'adaptation des liens que le plus grand nombre de techniques ont été développées (Brusilovsky 1996b). On trouve par exemple des techniques de guidage direct, des techniques d'ordonnement des liens, des techniques de masquage des liens ou bien encore des techniques d'annotation des liens.

L'architecture des hypermédia adaptatifs, comme pour beaucoup de systèmes d'enseignement assisté par ordinateur, s'appuie sur principalement deux modèles : le modèle du domaine et le modèle de l'élève. Les différents types d'hypermédia adaptatifs se caractérisent par la relation qu'ils entretiennent entre le modèle du domaine et les média utilisés pour présenter les concepts à l'apprenant. Les systèmes ont successivement employé différentes techniques (par exemple la méthode des pages d'index ou la méthode d'indexation fragmentée). Mais la technique la plus évoluée calque la structure de l'hyperespace sur la structure du modèle du domaine (Vassileva 1997). Ainsi chaque concept est relié à une ou plusieurs pages physiques et ces relations sont représentées par des liens hypertextes.

Les avantages des hypermédia adaptatifs.

Les hypermédia adaptatifs représentent une avancée non négligeable vis à vis des hypermédia classiques. En effet, les différentes techniques utilisées permettent à l'étudiant d'être guidé dans son apprentissage, et aux enseignants de mieux structurer leurs connaissances (surtout lorsque la structure de l'hypermédia est calquée sur la structure du modèle du domaine). Ainsi, sans toutefois annihiler la liberté de navigation intrinsèque aux hypermédia, l'étudiant est constamment guidé dans son cheminement. De même, le fait de distinguer la connaissance des outils qui permettent de la présenter éclaircit le travail de l'enseignant. Ce dernier peut alors mieux structurer son travail, en pensant

tout d'abord à l'organisation des connaissances, et ensuite à la façon de les exposer.

Les inconvénients des hypermédia adaptatifs.

Cependant, quelques problèmes persistent. Tout d'abord, l'accent a surtout été mis sur l'adaptation des liens, afin de guider l'apprenant dans son cheminement. Or la deuxième composante de l'adaptation, c'est-à-dire l'adaptation du contenu, a souvent été mise de côté. Pourquoi ? Tout simplement parce que la méthodologie de développement de ces systèmes ne s'y est pas réellement prêtée. En effet, bon nombre de systèmes hypermédia adaptatifs sont issus de systèmes hypermédia classiques déjà définis, auxquels les chercheurs ont ajouté des outils d'adaptation. Or, alors qu'il est assez aisé de cacher des liens, ou bien de les annoter, il est beaucoup plus difficile de remplacer un item d'une page, ou bien de modifier la structure d'une page. Ensuite, l'uniformisation du système est apparue comme un facteur très important. D'un point de vue ergonomique, il est important que tous les cours aient la même structure. Enfin tout comme un enseignant, il faut que le système puisse utiliser immédiatement toute nouvelle connaissance. Ainsi, si une personne trouve ou construit un nouveau média en rapport avec un des concepts enseignés, le fait de l'ajouter doit permettre au système d'enrichir instantanément les cours sur ce concept.

Les hypermédia adaptatifs dynamiques.

Afin d'améliorer la qualité de l'adaptation et de prendre en compte instantanément de nouvelles données, depuis quelques années, les recherches se sont orientées également vers les hypermédia adaptatifs dynamiques.

La principale caractéristique de ces systèmes est d'offrir un hypermédia virtuel (Vassileva 1995). Le système n'est pas constitué de pages et de liens prédéfinis : ils sont construits dynamiquement. L'architecture de ces systèmes repose sur quatre composantes principales que sont : le modèle du domaine, le modèle de l'élève, une base de données de matériaux pédagogiques (ou *teaching materials* (Vassileva 1992)) et un générateur de cours. Le modèle du domaine, comme pour la dernière génération des hypermédia adaptatifs, permet de définir l'architecture globale du système. Il y a par conséquent adéquation entre les nœuds du modèle du domaine et les pages de l'hypermédia virtuel, ainsi qu'entre les relations du modèle du domaine et les liens de l'hypermédia virtuel.

L'utilisation d'un tel système apporte plusieurs avantages. Tout d'abord l'adjonction d'un nouveau support peut être immédiatement pris en compte, puisque encore une fois, les pages du système sont construites dynamiquement. Ensuite, les enseignants ne sont pas obligés de penser à la façon d'agencer les différents média, ils doivent juste définir

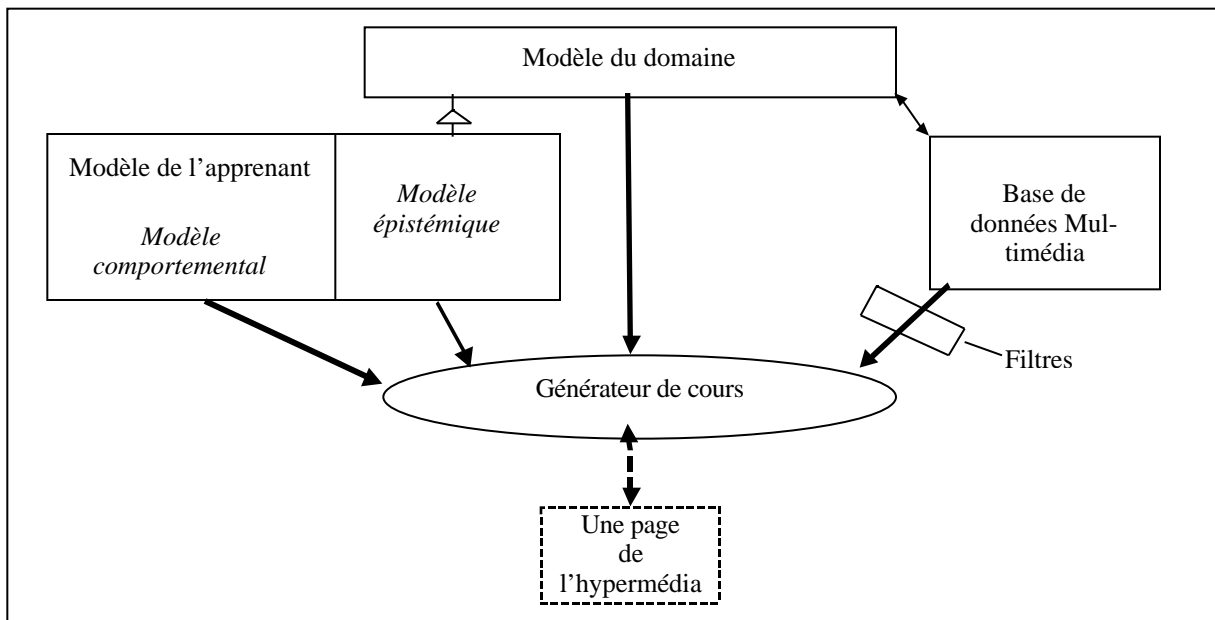


Figure 1 - Architecture de METADYNE

l'architecture générale du système (le modèle du domaine) et déterminer, récupérer ou créer les matériaux pédagogiques qui vont servir à présenter chaque concept.

Conclusion.

Au fil des années, la recherche sur les systèmes d'enseignement utilisant les techniques des hypermédia s'est constamment affinée. Les chercheurs ont tout d'abord utilisé des hypermédia classiques et ont fini par utiliser des hypermédia adaptatifs dynamiques. Cependant, pour l'instant les systèmes utilisant cette dernière technique sont assez rares, ils utilisent beaucoup plus la composante hypertexte que la composante multimédia des hypermédia, et utilisent rarement Internet comme mode de transmission de l'information. Notre système METADYNE a pour objectif d'être un réel hypermédia adaptatif dynamique. Il prend en compte aussi bien une adaptation du système tant au niveau des liens qu'au niveau du contenu des pages, en utilisant des données multimédia pour présenter les cours tout en utilisant le réseau mondial Internet pour transmettre les dits cours.

METADYNE.

METADYNE est un système de conception et de distribution de cours via le réseau Internet. En plus des caractéristiques intrinsèques aux hypermédia adaptatifs dynamiques, il doit :

- fournir des cours uniformes, véritablement multimédia,
- prendre en compte aussi bien le niveau de connaissance, que les goûts ou bien les objectifs de l'étudiant,
- offrir une structure permettant de représenter la connaissance d'un groupe d'enseignants, leur permettant de mettre leur savoir en commun et permettant au système d'améliorer son adaptation.

Comme le montre la figure 1, l'architecture de notre système se rapproche globalement de l'architecture standard des hypermédia adaptatifs dynamiques, c'est-à-dire qu'il est fondé sur les quatre composantes que sont le modèle du domaine, le modèle de l'apprenant, le générateur de cours et une base de données multimédia⁴ (Delestre, Gréboval et Pécuchet 1997).

Dans le reste de cette section, nous allons étudier successivement les quatre composantes de ce modèle conceptuel, définir leur représentation et mettre en valeur les originalités qui permettront d'atteindre les objectifs définis ci-dessus.

Au cours de cette présentation, certaines composantes de METADYNE vont être illustrées de quelques exemples. Ces exemples sont extraits d'un cours sur les *circuits élec-*

⁴ Nous préférons utiliser le terme de base de données multimédia plutôt que base de données de matériaux pédagogiques, car nous voulons bien mettre en évidence le caractère multimédia de notre système

triques RLC (aussi appelés *oscillations électriques forcées*). Le choix de ce cours n'est pas innocent puisque l'on peut utiliser beaucoup de média pour le présenter : du texte pour les définitions et les démonstrations, des images pour les schémas électriques et les représentations vectorielles, des vidéos pour expliciter le montage du circuit et des logiciels de simulation pour manipuler des montages virtuels. De plus, ce cours demande un certain nombre de pré requis, surtout en mathématique et en physique, et permet de choisir des outils divers pour la résolution de certains problèmes.

Le modèle du domaine.

Le modèle du domaine définit la structure hypertexte du système. Dès lors, il nous a semblé logique d'utiliser un réseau sémantique pour le représenter : on a adéquation entre le couple concepts-relations du réseau sémantique et pages-liens de l'hypermédia. Les concepts de ce réseau sont reliés les uns aux autres par quatre types de relation :

- *est composé séquentiellement de*, permettant de décomposer l'enseignement d'un concept en l'enseignement d'une succession de concepts, par exemple un cours sur les dérivées peut commencer par un cours sur les formules de base, puis un cours sur le calcul de dérivée de fonctions, enfin un cours sur le coefficient directeur des tangentes de courbes.
- *se dérive en*, permettant d'appréhender un même concept sous différents points de vue, par exemple un cours sur la lumière peut présenter la théorie corpusculaire ou la théorie ondulatoire.
- *nécessite la connaissance de*, permettant de savoir ce qui doit être connu pour bien comprendre le concept, par exemple les cours sur les limites et les dérivées sont des pré requis pour un cours sur les asymptotes d'une fonction.
- *peut être aidé par la connaissance de*, permettant aussi bien d'inciter l'apprenant à aller voir le concept cible, que d'initialiser le modèle de l'apprenant sur le concept courant. Par exemple le fait de savoir programmer en Pascal peut être considéré comme un avantage pour l'apprentissage du langage C. Ce type de relation permettra de mieux adapter le modèle de l'apprenant. De plus, il permettra à l'étudiant de faire des analogies entre les différentes connaissances.

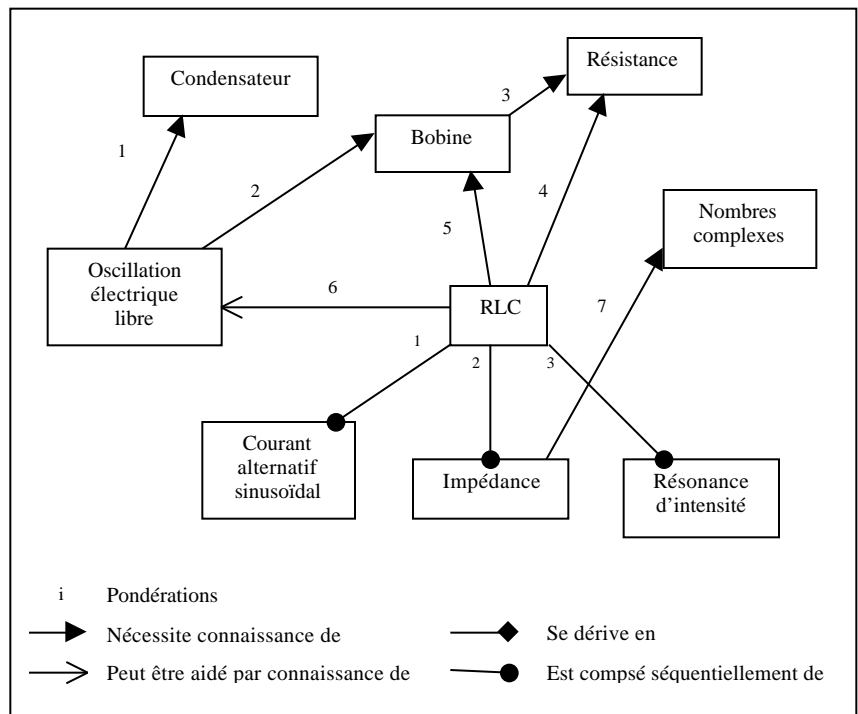


Figure 2 – Cours sur les RLC : Vision d'un enseignant

En outre, certaines relations sont pondérées (les relations de pré requis et d'aide à la compréhension). Ces pondérations permettront de mieux cerner les caractéristiques de l'apprenant (on considérera qu'un étudiant n'a pas besoin de revoir un pré requis si son évaluation, pour ce pré requis, est supérieure à la pondération du lien).

Enfin, nous avons jugé important de fournir aux enseignants le moyen de mettre leur savoir en commun tout en permettant à chacun de conserver sa vision spécifique du domaine. Nous voulons ainsi qu'à travers ce modèle, tout enseignant puisse accéder aux différents points de vue sur le domaine (point de vue d'un enseignant donné, d'un groupe d'enseignants travaillant sur le même domaine, de tous les enseignants). De ce fait chaque concept, chaque relation et chaque pondération sur ces relations seront étiquetées. Ainsi on pourra savoir par exemple que tel pré requis semble important pour tel enseignant alors qu'il l'est beaucoup moins pour un autre. La figure 2 présente une vision d'un enseignant sur l'organisation d'un cours sur les RLC. Cette vision lui est personnelle, car une autre personne pourrait avoir un point de vue légèrement différent tant au niveau des pondérations qu'au niveau de l'organisation générale du réseau.

Le modèle de l'élève.

Outre le modèle du domaine, une bonne représentation du modèle de l'élève est indispensable. Or les recherches sur le modèle de l'utilisateur représentent un domaine complet de l'Intelligence Artificielle. Sachant que notre objectif n'est pas d'innover en la matière, nous avons recherché un modèle permettant d'atteindre les objectifs fixés. Ainsi nous avons décidé d'utiliser un modèle, décrit entre autres dans (Nicaud 1994) et (Balacheff 1992), composé de deux sous-modèles : un modèle épistémique et un modèle comportemental.

Le modèle épistémique.

Le modèle épistémique est la composante qui permet au système de connaître ce que l'apprenant est supposé savoir ou ne pas savoir. Sachant que cette connaissance est en rapport avec la connaissance représentée dans le modèle du domaine, le modèle épistémique peut être considéré comme un dérivé du modèle du domaine. Ainsi, chaque concept du modèle du domaine est associé au modèle épistémique de l'apprenant par une relation pondérée. Jusqu'à présent, les systèmes d'enseignement utilisent trois types de pondération (Brusilovsky 1996b). Elle peut être binaire (connaît ou ne connaît pas le concept), discrète, en définissant des catégories d'apprenant (par exemple novice, moyen ou expert) ou bien continue (les valeurs appartiennent alors à un intervalle). C'est cette dernière technique que nous avons décidée d'utiliser car nous pensons qu'elle est la plus à même de représenter la connaissance de l'apprenant. De plus, elle est la seule qui permet de prendre en considération le temps, paramètre que nous avons aussi décidé d'utiliser (idée issue des réseaux mnésiques de (Jorion 1989)). En effet, afin d'améliorer notre modèle épistémique nous introduisons le temps comme variable d'une fonction d'oubli, car toute personne qui ne revoit pas régulièrement une connaissance particulière, risque de l'oublier partiellement voire complètement. Enfin, il peut être intéressant de prendre en compte l'ignorance du système sur les niveaux de connaissance de l'utilisateur pour certains concepts. En effet, il peut être dommageable d'assimiler l'ignorance du système à l'ignorance de l'utilisateur : suivant le cas, le comportement du système doit changer.

En résumé, notre modèle épistémique n'existe que par les relations qui le relient au modèle du domaine. Ces dernières sont pondérées par une valeur, qui indique la connaissance qu'a le système sur la connaissance qu'a l'utilisateur sur ce concept. Cette valeur peut être soit « j'ignore l'état de connaissance de l'utilisateur » ou bien « je connais l'état de connaissance de l'utilisateur » et dans ce cas on associe une valeur réelle, proportionnelle au niveau de connaissance de l'utilisateur, et remise à jour régulièrement en fonction de la date de la dernière relecture de ce concept par l'étudiant.

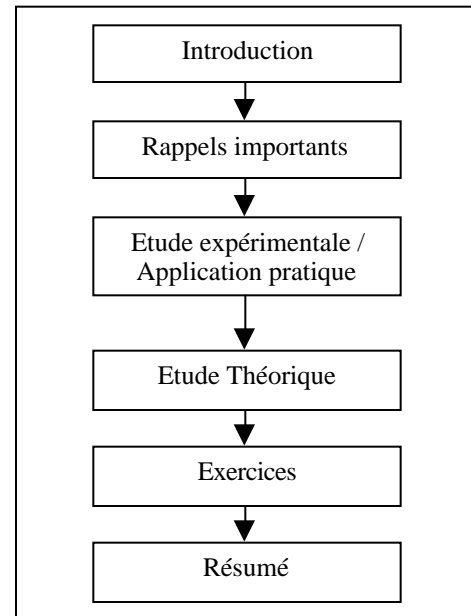


Figure 3 - Exemple de canevas

Le 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. Or notre système adaptatif se veut très proche de l'élève, ce qui signifie qu'il doit prendre en compte aussi bien ses préférences, ses objectifs, que ses capacités naturelles.

- Les préférences de l'élève vont avoir un impact sur l'organisation des pages qui lui seront présentées. En effet, lors de l'initialisation de son modèle, l'étudiant spécifiera les caractéristiques de ce que l'on nomme un canevas. Ce canevas servira de modèle pour la construction de toutes les pages qui lui seront adressées. Il définira de façon séquentielle l'organisation des informations de chaque page (Cf. Figure 3).
- Les objectifs de l'élève auront aussi 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.
- Enfin, les capacités de l'étudiant seront prises en compte, non pas de façon globale, mais par type de matière. Ainsi, suivant la matière enseignée, on supposera ou exigera un certain niveau pour l'étudiant, de

même la pondération temporelle du modèle épistémique variera suivant les matières.

Remarquons pour finir que ces deux sous-modèles sont intimement liés, puisque par exemple dans le modèle épistémique, la variation sur la pondération des concepts en fonction du temps est elle-même fonction du modèle comportemental.

La base de données multimédia.

La troisième composante de notre système est la base de données multimédia permettant de présenter chaque concept. La base est constituée de briques élémentaires. Chaque brique est associée à un concept du modèle du domaine. Elles sont toutes caractérisées par trois attributs que sont : le type cognitif, le niveau cognitif et le type physique.

- Le type cognitif (idée issue des *Cognitive Media Types* de (Recker 1995)) permet de classer les média en fonction de leur nature éducative (par exemple une présentation, un résumé, un exemple, etc.). Ceci permet d'obtenir des pages hypertextes en adéquation avec le canevas de l'étudiant.
- Le niveau cognitif permet d'associer à un média un niveau de connaissance requis pour la bonne compréhension de l'information intrinsèque de ce dernier.
- Le type physique permet de spécifier la qualité multimédia du média (du texte, une image, une applet, etc.). Ceci permet une fois encore, lors de la création des pages de l'hypertexte, d'être en adéquation avec le modèle comportemental.

Par exemple, la Figure 4 représente une brique élémentaire. Son type cognitif est le résultat d'une manipulation (une étude expérimentale), son niveau cognitif peut être considéré comme « moyen » et son type physique est une image.

De plus, (Recker 1995) propose d'associer intelligemment les types physiques et cognitifs. Par exemple il est conseillé d'utiliser plus particulièrement les média textuels pour présenter des exemples, des annotations ou encore des principes, alors que les média sonores doivent plutôt être utilisés pour présenter des résumés ou pour alerter l'utilisateur.

Enfin, cette base de données peut être locale, distante ou distribuée. Ceci permettra à chacun d'utiliser ses propres briques multimédia, ou d'utiliser celles d'un autre serveur, comme par exemple le serveur SEMUSDI (SÉrveur Mul-timédia pour les Sciences De l'Ingénieurs). SEMUSDI permet en effet à toute personne connectée à Internet de rechercher, visualiser, télécharger ou proposer (après validation) des briques élémentaires à partir d'un simple navigateur Internet (Cf. [SEMUSDI]).

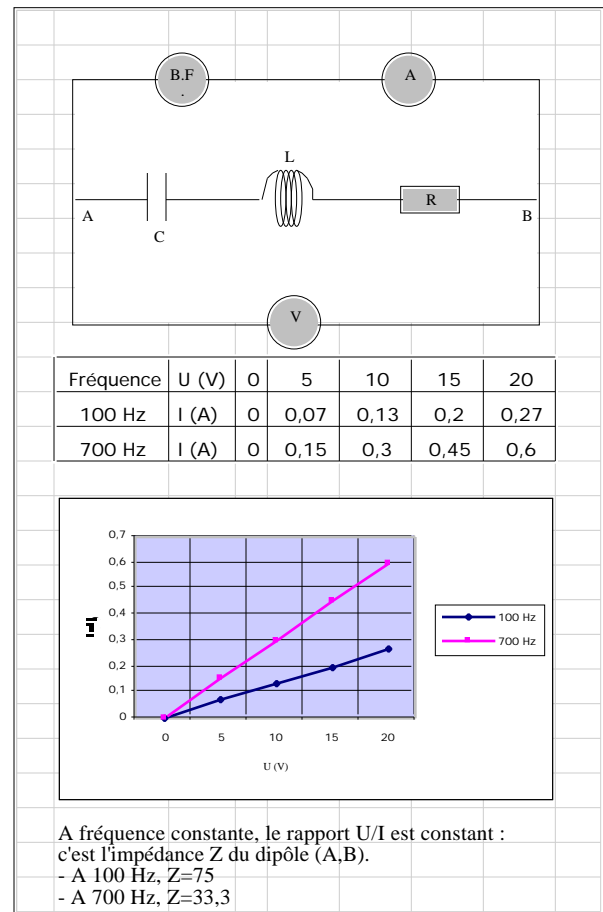


Figure 4 - Exemple de brique élémentaire (Détermination de l'impédance: Etude expérimentale)

Le générateur de cours.

Cette dernière composante est en charge de la création des pages qui vont être présentées à l'étudiant. Cette partie va donc présenter le fonctionnement global de notre système. Ainsi, une fois que l'étudiant a précisé le cours qu'il voulait suivre (dans notre cas celui des RLC), il indique au système les objectifs de ce cours (par exemple en vue d'un examen ou d'un simple apprentissage). Le système peut alors récupérer le concept correspondant, obtenir la structure de la page (le canevas du modèle comportemental) et la connaissance qu'a l'élève sur le concept (modèle épistémique), ainsi que les concepts en relation avec ce dernier. Le système choisit ces concepts en tenant compte du type d'enseignement. Si l'objectif de la session est la révision en vue d'un examen, le système choisira la vision de l'enseignant correcteur, sinon le système choisira les concepts que l'étudiant aura le mieux acquis. Par exemple, dans le cas du cours sur les RLC, pour la démonstration sur le calcul de déphasage entre l'intensité et la tension, le système choisira l'outil mathématique qui est le mieux

assimilé (en utilisant la construction de Fresnel ou en utilisant les nombres complexes). Dès lors, le générateur peut déterminer les liens hypertextes qu'il va falloir créer en les classant suivant leur importance. Le générateur peut alors construire le cours : pour chaque sous-section du canevas, il interroge la base de données, afin de récupérer le meilleur média. Cette sélection est induite par l'utilisation de trois filtres. Le premier permet d'extraire les média en fonction de leur type cognitif. Le second les trie en fonction de leur niveau cognitif. Et enfin le troisième sélectionne les média en fonction de leur type physique. Si malheureusement, la recherche d'un média n'aboutit pas, le générateur de cours réduit la complexité de la requête en inhibant successivement le troisième puis le second filtre. Seul le premier filtre reste constamment actif, afin que le système soit toujours en accord avec le canevas défini par l'apprenant. La page HTML ainsi construite est envoyée à l'utilisateur qui peut alors la visualiser. Si ce dernier active un lien hypertexte, il y a mise à jour du modèle épistémique de l'élève, et le générateur de cours réitère ces différentes opérations sur le concept cible.

Conclusions et perspectives.

Les hypermédia adaptatifs dynamiques représentent une véritable avancée pour la recherche sur les systèmes d'enseignement assistés par ordinateur. L'aspect dynamique permet en effet de bien différencier le fond de la forme, puisque d'un côté nous avons le modèle du domaine qui représente la connaissance à l'état brut, et d'un autre côté nous avons la base de données multimédia qui permet d'agrémenter les cours.

Notre système METADYNE reprend l'architecture globale des hypermédia adaptatifs dynamiques en améliorant les caractéristiques du modèle du domaine et du modèle de l'apprenant afin d'obtenir une adaptation aussi bien au niveau du fond que de la forme. Il se distingue des autres hypermédia pour l'enseignement par :

- l'utilisation de différents filtres, permettant au système de sélectionner les média qui vont servir à présenter un concept,
- la volonté d'uniformiser au maximum la structure des cours, afin que l'utilisateur ne soit pas désorienté,
- la volonté de prendre en compte aussi bien le niveau de connaissance, que les goûts ou bien les objectifs de l'étudiant,
- la volonté d'offrir une structure permettant de représenter la connaissance de l'ensemble des enseignants.

Pour l'instant, nous avons surtout axé nos efforts sur le serveur multimédia SEMUSDI, et sur la modélisation des

quatre composantes de notre système. Le modèle du domaine a été instancié à l'aide de la base de données MATISSE (Cf. [HREF3]), et des outils de gestion ont été développés sous forme d'applets JAVA. Il nous reste à implanter le modèle de l'élève et le générateur de cours. Cela nous permettra de vérifier les atouts de notre système en le testant avec l'aide des étudiants de l'INSA de Rouen.

Références.

Références bibliographiques.

- Balacheff, N. 1992. Exigences épistémologiques des recherches en EIAO. *Génie Educatif* (4).
- Baron, M. 1995. EIAO quelques repères. *Revue Terminal*.
- Brusilovsky, P. 1996a. Adaptive Hypermedia : An Attempt and Generalize, P. Brusilovsky, P. Kommers, N. Streitz (Eds.), *Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality*, Berlin: Springer-Verlag 1077:288-304.
- Brusilovsky, P. 1996b. Methods and techniques of adaptive hypermedia, *User Modeling and User Adapted Interaction* (6).
- Delestre, N. ; Gréboval, C. ; Pécuchet, J.P. 1997 METADYNE, a Dynamic Adaptive Hypermedia System for Teaching, *3rd ERCIM Workshop User Interfaces for All* : 143-149.
- Dillenbourg, P. 1993. Evolution épistémologique en EIAO. *Ingénierie Educative, Sciences et Techniques Educatives* 1 (1) :39-52.
- Hoogeven, M. 1995 Toward a New Multimedia Paradigm : is Multimedia Assisted Instruction Really Effective ?. *Proceedings of ED-MEDIA 95 World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia* 348-353.
- Jorion, P. 1989 Principe des Systèmes Intelligents. *Science Cognitive*.
- Miller, G. A. 1956. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 81-97.
- Nicaud, J.F 1994. Modélisation du raisonnement algébrique humain et conception d'environnements informatiques pour l'enseignement de l'algèbre. *Rapport scientifique présenté pour l'obtention d'une habilitation à diriger des recherches, LRI, Paris XI*.
- Recker, M. 1995 Cognitive Media Types for Multimedia Information Access. *Journal of Education Multimedia and Hypermedia*.
- Rhéaume, J. 1993. Les Hypertextes et les Hypermédiats, *Revue EducaTechnologie*, 1(2).
- Vassileva, J. 1995. Dynamic Courseware Generation : at the Cross of CAL, ITS and Autoring. *Proceedings of the*

International Conference on Computers in Education, ICCE'95, Singapore, 290-297.

Vassileva, J. 1997. Dynamic Courseware Generation on the WWW. *Proceedings of the workshop : Adaptive Systems and User Modeling on the World Wide Web, Sixth International Conference on User Modeling.*

Références hypertextes.

Balasubramanian, V. *State of the Art Review on Hypermedia Issues And Applications*, http://www.isg.sfu.ca/~duchier/misc/hypertext_review/index.html

Nadeau, F. *Application et impacts de l'hypermédia constructif sur l'apprentissage*, <http://www.fse.ulaval.ca/fac/ten/64448/nado/semi.html>

MATISSE. *Matisse, multimedia content server*, <http://www.adb.fr>

SEMUSDI. *SEMUSDI, un SERveur MULTimédia pour les sciences de l'Ingénieur*, <http://Semusdi.insa-rouen.fr>