

BRUILLARD Éric, de LA PASSARDIÈRE Brigitte. (1998). Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage, in Tricot A. et Rouet J.-F. (dir.) *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, Hermès, Paris, p. 95-122 (correspondant à un numéro spécial de la revue *Hypertextes et Hypermédias*)

Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage

Eric Bruillard

IUFM de Créteil
Route de Brévannes, 94861 Bonneuil Cedex
Tél. : 01 49 56 37 23, fax : 01 49 56 37 91
e-mail : bruillard@citi2.fr

Brigitte de La Passardière

LIP6, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI
4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05
Tél. : 01 44 27 53 96, fax : 01 44 27 62 86
e-mail : Brigitte.de-la-Passadiere@lip6.fr

Résumé

Même si l'arrivée de l'hypertexte dans l'éducation est relativement récente, son importance apparaît grandissante. Ceci soulève de multiples interrogations : Comment se situe l'hypertexte dans le cadre éducatif ? Quel est son apport ? Quel est sa spécificité ? Quels usages s'installent ? Quels sont vraiment les marchés ?

Dans cet article, nous tentons de décrire les avancées techniques et conceptuelles qui se généralisent, les pratiques qui se développent et les nouvelles frontières qui se dessinent. A cette fin, nous étudions les applications éducatives au regard de trois fonctionnalités caractéristiques : accéder à des bases de documents et s'y promener ; créer, baliser et structurer des bases de documents ; utiliser des environnements d'apprentissage intégrant de l'hypertexte.

Cette étude montre la variété des contextes et des usages, reflétant en cela la diversité des domaines enseignés et des activités pédagogiques possibles, sans pouvoir en tirer des conclusions claires et définitives quant à l'apport spécifique des hypertextes dans l'éducation. Néanmoins, l'hypertexte est avant tout un outil de travail pour gérer d'importants volumes d'informations et permet de les organiser pour produire du sens ; il recèle en cela de grandes potentialités au plan éducatif.

Abstract

Whilst the arrival of hypertext in education is relatively recent, its importance appears to be growing. This raises several questions: How does one situate hypertext within the framework of education? What is its contribution, its specificity? What uses are being set up? What are the real markets?

In this article, we are attempting to describe the technical and conceptual advances, the applications which are being developed and the new frontiers which are establishing themselves. For this purpose, we are studying the educational applications with regard to three characteristic functions: to access document bases and browse therein; to create, mark out and structure document bases; to use learning environments integrating hypertext functions.

This study indicates the variety of contexts and uses. It reflects the diversity of teaching areas and possible pedagogical activities without being able to draw clear and definitive conclusions with regard to the specific contribution of hypertext in education. Nonetheless, if hypertext is a work tool used to manage important volumes of information and it permits them to be organised to produce something meaningful, it can in that way be a real educational tool.

Mots-clés : Hypertexte, hypermédia, éducation, environnements d'apprentissage

Key-words : Hypertext, hypermedia, education, learning environment

1. Introduction

Bien que la notion même d'hypertexte remonte à la fin de la seconde guerre mondiale, elle n'est apparue dans le domaine éducatif qu'il y a environ dix ans (Yankelovich *et al.*, 1985 ; Savoy, 1987 ; Brouaye *et al.*,

1987). Depuis lors, elle a pris une extension importante et la grande majorité des produits et maquettes dans le champ de l'éducation s'en réclame : les fichiers d'aide de la plupart des logiciels sont conçus de manière hypertextuelle ; les aspects les plus connus du réseau Internet, les applications *world wide web*, sont hypertextuelles ; les cédéroms culturels font la part belle à la navigation, etc. Pourtant, si la notion d'hypertexte semble s'être imposée, sa généralisation ne va pas sans appauvrissement dans nombre d'applications. Aussi n'est-il pas inutile de faire le point sur sa place en éducation.

Faire un tel bilan est toujours délicat. Il apparaît donc important de situer l'éclairage que nous donnons. Dans un numéro spécial consacré aux aspects cognitifs et ergonomiques des hypertextes, plutôt que de développer un point de vue prescriptif, nous essayons de dresser un état des lieux à partir de la situation observable. Nous nous basons, en premier lieu, sur les textes présentés dans les congrès consacrés aux hypermédias dans l'éducation (pour l'essentiel dans les congrès ED-MEDIA et Hypermédias et Apprentissages¹) ou les journaux s'intéressant à cette question², nous appuyant de préférence sur des travaux francophones. Nous décrivons les avancées techniques et conceptuelles et nous prenons aussi en compte les pratiques qui se développent, les produits qui sont effectivement proposés et les nouvelles frontières qui semblent se dessiner. Notre ambition est de mettre en perspective plusieurs questions : Comment se situe l'hypertexte dans les applications à caractère éducatif ? Quels usages s'installent ou émergent ? Quels sont les marchés qui apparaissent privilégiés ? Quels problèmes généraux sont traités à l'aide de l'hypertexte et quelles sont les techniques utilisées pour cela ?

Si le terme d'hypertexte paraît maintenant bien connu, sa signification varie de manière importante suivant les personnes qui s'y réfèrent. Son acception va de la simple interface à base de navigation à des systèmes d'organisation, souvent spatiale, d'un ensemble de documents disparates.

Certains concepts se sont généralisés. Ainsi, les notions de liens et de parcours d'une application par navigation peuvent aujourd'hui être presque considérés comme des standards. C'est une forme d'interface qui s'est ainsi répandue et qui se retrouve dans de nombreux produits. Elle correspond à un mécanisme d'accès par clic de la souris sur un objet visualisé à l'écran. Un autre aspect maintenant "classique" est le fait de gérer des médias différents sur le même support. Il est même passé dans le langage publicitaire, avec la notion d'ordinateur multimédia. La conjonction du multimédia et d'un ensemble de liens hypertextes donne l'image dominante de ce que l'on entend par hypermédia. Elle correspond à des applications offrant l'accès à une base de documents et permettant de naviguer dans cet ensemble.

Mais, si on s'intéresse à l'aspect proprement éducatif, la notion d'hypertexte ne se réduit pas à ce qui vient d'être décrit. En effet, en tant que système d'aide à la structuration et à l'accès à d'importants volumes de données, l'hypertexte n'est pas un instrument éducatif en soi, mais il intervient dans diverses activités à caractère éducatif. Plusieurs classifications des applications éducatives de l'hypertexte ont été proposées. Reprenant la séparation initialement défendue par Bernstein (1993) autour des travaux de la mine (récupération de l'information), de l'usine (gestion de l'information) et du jardinage (structuration de l'information), Nanard (1995) a fourni une première typologie. A partir des différents usages éducatifs, Bruillard et de La Passardière (1994) en ont décrit une autre. Nous adoptons ici une vision pragmatique, assez voisine de cette dernière classification, fondée sur trois catégories : accéder à des bases de documents et s'y promener ; créer, baliser, structurer des bases de documents ; utiliser des environnements d'apprentissage intégrant l'hypertexte.

Au regard de ces trois grandes classes d'activités suscitées ou permises par l'hypertexte nous passons successivement en revue les applications proposées et les problèmes qu'elles peuvent poser. Enfin, nous concluons sur un point de vue de nature plutôt prospective.

2. Accéder à des bases de documents et s'y promener

Le marché de l'édition électronique a connu ces dernières années un développement spectaculaire. Si l'on en croit Régis Poubelle (1996), concernant le marché français³, tous supports confondus (cédérom, CD-I et

¹ Le congrès ED-MEDIA est un congrès mondial annuel. Sous cette appellation, il existe depuis 1993, faisant suite aux congrès dénommés auparavant ICCAL (International Conference on Computer Assisted Learning). Le changement de sigle de ce congrès montre de manière patente l'influence grandissante de l'hypertexte. Du côté francophone, se sont tenues trois conférences Hypermédias et Apprentissages, la première en septembre 1991, la dernière en mai 1996.

² *Sciences et Techniques Educatives* (Hermès), *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* (AACE), la revue de l'EPI (association Enseignement Public et Informatique), ou des numéros spéciaux tel le vol.15, n° 1/2 du *Journal of computers in mathematics and science teaching* (AACE).

PHOTO-CD), plus de 30 % des titres réellement commercialisés sont des produits éducatifs, de référence, de formation ou d'information. Le cédérom *Le Louvre, peintures et palais*, coproduit par Montparnasse Multimédia et Réunion des Musées Nationaux s'est vendu à plus de 80 000 exemplaires en France. Les titres artistiques connaissent des succès importants. On peut notamment citer les nombreux produits consacrés à Cézanne à l'occasion de la rétrospective du peintre au Grand Palais (Le Goëdec, 1996). Les éditions Atlas (Multimédia) proposent une encyclopédie des génies de la peinture et le premier cédérom, consacré à Van Gogh, est vendu 19 francs ! On pourrait multiplier les exemples. Pourtant, si cela atteste d'une offre abondante, qui ne cesse d'ailleurs de croître, cela ne présage en rien ni de sa qualité ni de sa valeur d'usage.

	Moyen de découverte	Outil de travail et de recherche
Profil général	Suivi d'un fil narratif Feuilletage aléatoire ou organisé (ex. chronologique) Conception souvent arborescente	Pas de logique arborescente Accès à des unités indépendantes fortement interconnectées
Moyens de navigation	Visites guidées. Sommaire. Index. Historique Quelques hypermots (profondeur limitée) Guide "intelligent"	Idem mais avec de nombreux liens et hypermots
Outils de recherche	Inexistant	Texte intégral Requêtes
Aspects multimédias	Vidéos, animations, commentaires	Idem
Activités	Marque-page/signets Création d'albums et de bloc-notes Jeux et quiz	Marque-page/signets Création de dossiers et de liens Annotation Fonctions sur ces notes (classement, tri) Comparaison d'articles
Extraction	Impression Copie des textes	Impression, copie, Export d'articles

Tableau 1. *Caractéristiques générales de l'offre culturelle en cédéroms*

Une analyse rapide de cette offre conduit à distinguer deux catégories principales de produits. La première, plutôt destinée au grand public, se présente comme un moyen de découverte pour les amateurs. La seconde se veut outil de travail et de recherche pour les spécialistes. Le tableau 1 recense leurs principales caractéristiques.

Dans la première catégorie, la métaphore de la visite fonde la conception. Les produits sont souvent fermés et les parcours possibles fortement balisés, l'aspect séquentiel prédomine même si plusieurs axes de lecture sont proposés (artiste, mouvement, chronologie, etc.). *Musée d'Orsay, visite virtuelle*⁴ offre ainsi une visite interactive du musée, grâce à une technologie qualifiée de réalité virtuelle. On se déplace effectivement dans le musée. Selon la consultation effectuée, un "guide" oriente vers d'autres découvertes.

La deuxième catégorie fournit des produits d'une toute autre complexité, offrant des outils de recherche sophistiqués et des possibilités d'exportation des diverses ressources présentées⁵, nécessitant une certaine familiarité avec l'informatique. En fait, ce qui la différencie de la catégorie précédente, est essentiellement d'identifier des unités sémantiques claires, ouvrant des recherches et des parcours fondés sur les caractéristiques sémantiques de ces unités ou de leurs constituants. En outre, les fonctionnalités d'extraction offrent d'intéressantes possibilités : les copies électroniques peuvent être modifiées, ré-organisées, restructurées au gré de l'utilisateur, et réinterprétés dans le cadre d'un travail.

³ Entre octobre 1994 et septembre 1995.

⁴ Coproduction Montparnasse Multimédia et Réunion des Musées Nationaux

⁵ *L'état du monde sur CD-ROM (1981-1996)* des éditions La Découverte, intègre des possibilités de lancer des requêtes, de créer des annotations (qui restent associées à un document), de créer des signets et les sauvegarder, de créer un lien ancré sur une partie du texte d'un document vers un document marqué par un signet. Il est possible d'exporter les textes, les tableaux sous forme de textes et les cartes.

Dans l'ensemble, l'intérêt des aspects multimédias est pour le moins mitigé. A n'en pas douter, le multimédia apporte localement des avantages évidents. Il est plus facile de se représenter un animal grâce à un dessin ou une photo que par l'intermédiaire d'une description purement textuelle, d'avoir une idée d'un genre musical par l'écoute d'un extrait, d'imaginer une danse grâce à une séquence vidéo, etc. En revanche, la conception de nombreux produits est sans doute à revoir pour éliminer l'anecdotique (vidéos trop courtes pour être instructives, commentaires de diaporamas trop généraux pour être intéressants...) et pallier certains problèmes de réalisation technique (Le Goëdec, 1996). Toutefois, certaines animations offertes, notamment pour faire comprendre la genèse de peintures, apparaissent irremplaçables.

De nombreux produits ne se situent pas d'une manière aussi tranchée dans une de ces deux catégories. Ainsi, diverses réalisations visant une large audience intègrent des commentaires et des analyses destinés aux spécialistes. Un cédérom consacré à Corot⁶, outre une présentation soignée adaptée au grand public, fournit des commentaires scientifiques, notamment sur des analyses colorimétriques ou sur des visions en relief, uniquement accessibles à un auditoire très averti. En fait, l'idée est de toucher plusieurs publics, chacun d'entre eux pouvant trouver de quoi satisfaire sa curiosité ou alimenter ses travaux et ses recherches. Dans tous les cas, si la valeur ajoutée est de connecter de multiples documents pour constituer des contextes de sens, l'exhaustivité paraît souvent primordiale. Ainsi, *Fabuleux La Fontaine*, édité par le CRDP de Picardie, fournit l'intégralité des fables, les sources Esopiques et autres, les illustrations de Gustave Doré et les peintures de Willy Aractingi. Ce produit simple, conçu comme un ensemble de fichiers d'aide de Windows, intègre des outils de recherche et des jeux. Sa conception soignée et son exhaustivité le destinent aussi bien à des élèves de maternelle (les fables sont lues) qu'à des spécialistes du célèbre fabuliste.

De même, les encyclopédies et les dictionnaires tentent d'être à la fois des moyens de découverte et de véritables outils de travail⁷. S'ils semblent se prêter assez naturellement à une hypertextualisation (Piotrowski, 1995), les bénéfices que l'utilisateur peut véritablement en retirer ne sont pas aussi évidents qu'il y paraît de prime abord. Diverses encyclopédies introduisent de nombreux aspects multimédias, sans qu'aucune conception globale ne se dessine réellement. Il est difficile de prévoir à l'avance si on a des chances de trouver ce que l'on cherche. Pour d'autres ouvrages, tels le dictionnaire *Robert* ou l'*Encyclopédie Universalis*, la version papier demeure la référence, à la fois pour les éditeurs et pour les lecteurs⁸, les "excroissances" multimédias sont négligeables, voire inexistantes⁹. Les apports proviennent avant tout des nouveaux modes de consultation permis. Comme le souligne la plaquette de présentation du *Robert Electronique*, à propos des liens hypertextes, "un puissant logiciel d'interrogation permet une véritable "promenade électronique" à travers le dictionnaire afin de passer rapidement d'un article à l'autre à tout moment de la consultation au hasard d'une définition ou d'une citation". Donner du sens à une telle promenade requiert certaines capacités que les psychologues vont sans doute aider à identifier. Si les liens hypertextes facilitent les accès aux différents articles et décuplent les possibilités de recherche, il en résulte une interprétation parfois plus délicate pour le lecteur. Fournir des outils de restructuration et de comparaison d'articles de dictionnaire est à l'étude (Piotrowski, 1995). Sur ce point, le *Dictionnaire multimédia de l'Art moderne et contemporain* donne la possibilité de mettre des œuvres côte à côte pour les comparer.

Si les multiples cédéroms culturels invitent à de plaisantes promenades, les visites de musées virtuels, aussi passionnantes et diversifiées soient-elles, constituent un modèle d'apprentissage assurément insuffisant. Les ressources disponibles sont sans conteste intéressantes, mais y accéder et s'y promener ne garantissent pas qu'un apprentissage puisse avoir lieu¹⁰. On dispose là d'une matière première, encore faut-il être à même de l'exploiter

⁶ *Camille Corot, 1796-1875, 85 peintures du musée du Louvre, Analyse scientifique*, édité en 1996 par la Réunion des Musées Nationaux.

⁷ Ainsi, le *Dictionnaire multimédia de l'Art moderne et contemporain*, coproduction Hazan, Videomuseum, Réunion des musées nationaux, Akal et édité en 1996 se présente comme "outil de travail et de recherche pour les spécialistes, moyen de découverte pour les amateurs, aucune approche prédéterminée n'est imposée."

⁸ "Il ne s'agit pas d'un nouveau dictionnaire, puisque ses contenus sont ceux même du Grand Robert de la langue française" (Alain Rey, plaquette de présentation). Toutes les spécificités de la version papier sont conservées sur la version électronique.

⁹ Les dernières versions de l'*Encyclopédie Universalis* incluent toutefois des cartes de géographie.

¹⁰ Il importe de bien différencier systèmes d'informations et systèmes de formation. Les premiers interviennent dans des problématiques de communication, il s'agit de mettre au courant un utilisateur d'un certain nombre de choses. L'objectif des seconds est plus ambitieux et ne se réduit pas au fait que l'apprenant ait pu glané quelques informations. Dans une perspective constructiviste, il faut qu'il ait acquis quelque chose de plus attesté lors d'une activité de production ou la résolution d'un problème. Toutefois, les environnements dédiés à la seule information intègrent souvent des quiz ou des

et donner à l'apprenant les moyens de se l'approprier. Pour ce faire, les produits culturels grand public permettent le plus souvent à chacun de constituer ses "collections" personnelles (par extraction ou simple marquage¹¹). Deux grands types d'activités éducatives sont ainsi facilitées : d'une part, la préparation de la visite *réelle* d'un musée par une première approche des œuvres qui y sont exposées, et, d'autre part, la constitution de collections particulières favorisant l'explicitation de critères de ressemblance ou de comparaison.

Du côté de l'offre dite éducative, le marché demeure actuellement dominé par le parascolaire et le ludo-éducatif (*edutainment*). Un repérage de cette offre en matière de cédéroms d'apprentissage des mathématiques au collège (Baron, 1996) confirme l'aspect prépondérant du multimédia et du caractère ludique. L'usage visé est effectivement parascolaire et les représentations qu'ont les auteurs de l'apprentissage, difficilement qualifiable de novateur, transparaît dans les choix qu'ils effectuent, notamment dans les commentaires renvoyés à l'apprenant en cas d'erreur. On peut légitimement douter de la pertinence éducative de tels produits, dont l'ambition commerciale est de se substituer aux cours particuliers.

Aider l'apprenant à donner du sens à un parcours, le guider, voire le contrôler, finaliser les activités motivant son parcours sont des tâches qui incombent en partie aux concepteurs d'applications éducatives. Pour reprendre la métaphore de la mine, la matière première peut être extraite, il s'agit de la transformer.

3. Créer, baliser et structurer des bases de documents

Même s'il est simplement question de rendre accessible une documentation à l'apprenant, le contrôle éventuel de son parcours, la pertinence des aides, les formes de structuration retenues, nécessitent un travail de conception spécifique. En formation initiale ou en formation professionnelle, un tel travail d'organisation peut éventuellement être entrepris par les apprenants eux-mêmes. Les activités constructives, qu'il s'agisse de la création complète, de l'ajout, de l'annotation ou plus simplement de l'enregistrement de chemins liés à des recherches particulières, vont au-delà d'une simple consultation, souvent peu finalisée, et constituent des tâches intéressantes du point de vue éducatif.

3.1. Création de documents et de parcours par les apprenants

De nombreux auteurs s'accordent sur le fait qu'amener un groupe d'apprenants à réaliser une production est bénéfique sur le plan éducatif, que ce soit avec des adultes à l'université (Landow, 1992), en difficulté scolaire (Giry et Lucien, 1996) voire illettrés (Amélineau et Giovanni, 1996) ou des enfants (Papert, 1991). La production d'un hypertexte apparaît comme un cas particulier d'un principe pédagogique plus général.

Dans certaines classes primaires, les élèves produisent des documents en utilisant les technologies informatiques. Il s'agit avant tout de présentations multimédias, dont la complexité est fonction de l'âge des apprenants impliqués, productions qui généralisent les publications scolaires réalisées par les élèves¹². L'aspect hypermédia se résume ici plutôt à l'association de plusieurs médias (texte, image, son) et à l'adjonction de quelques liens. De telles réalisations sont regroupées sur un cédérom ou placées sur un serveur, le Web constituant un espace de publication à la fois peu onéreux et offrant une large diffusion¹³. De telles tâches de conception, si elles sont certainement intéressantes au plan éducatif et permettent aux enfants de mieux maîtriser les nouvelles technologies de l'information, sont difficilement reliées aux programmes scolaires prescrits. Le contenu est souvent moins important que le processus même de création dans lequel s'investissent les enfants.

questionnaires à choix multiple, pouvant apparaître comme des tests de connaissances, rendant la frontière plus floue. Derrière cette apparente difficulté se cache en fait des différences de points de vue sur le caractère éducatif des activités, dont il est peu de dire que le spectre est large selon les personnes.

¹¹ Correspondant à la création d'albums ou de dossiers.

¹² Ou par les enseignants puisqu'il est toujours difficile de connaître l'implication réelle des enfants dans de telles réalisations.

¹³ De nombreux projets d'école sont ainsi publiés sur Internet (CNDP, 1996). Les autres utilisations du Web concernent essentiellement l'accès à des pages en relation avec des thèmes étudiés en classe et la communication entre les classes distantes, éventuellement dans le cadre de projets coopératifs.

Pour des publics adultes en difficulté scolaire, l'intérêt de l'hypertexte tient sans doute à une certaine simplicité technique de création, prolongement des activités d'écriture, et au fait de susciter des tâches explicites de structuration, bénéfiques pour les apprenants.

Dans le cadre d'activités de production, un autre aspect important est la création de chemins dans de grandes bases de documents, reprenant l'idée abordée à la section précédente de création de collections particulières. Nous prendrons l'exemple de *Perseus*, développé pour l'essentiel à l'université d'Harvard sous la direction de Gregory Crane (Mylonas et Heath, 1990 ; Mylonas, 1993). *Perseus* est une base de données multimédias, images et textes, sur la culture grecque classique, incluant une grande variété d'outils de manipulation des informations qui y sont contenues. Un même support regroupe un ensemble important de sources traitant de l'Antiquité. Les fichiers proviennent de collections dispersées géographiquement et contiennent des documents de nature très différente (textes, cartes, photographies par satellite, plans de cités ou de monuments, statues, monnaies ou vases, diapositives numérisées, encyclopédie...).

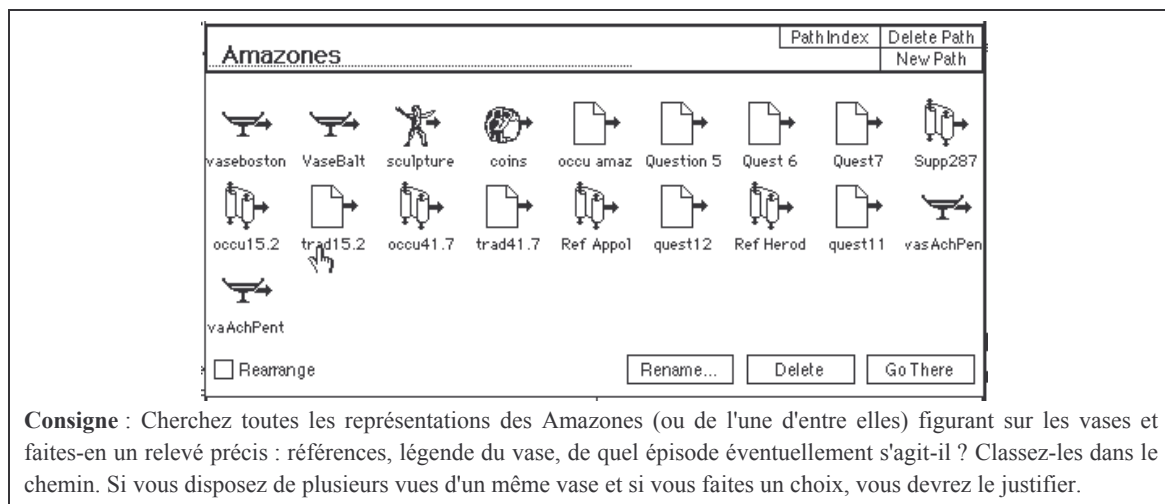


Figure 1. Exemple d'un chemin constitué sur les Amazones

A l'issue d'une expérimentation en fin de collège avec *Perseus*, Bourillon (1995) constate que les élèves "ont appris à parcourir une œuvre, à en saisir l'organisation, à la comparer à d'autres œuvres ou à d'autres extraits d'autres auteurs, et donc à se faire une idée, même toute petite, de ce qu'est la littérature grecque". A partir de consignes précises de recherche, les élèves ont créé des chemins de présentation (figure 1).

En dehors de *Perseus*, avec lequel il semble que les élèves acquièrent des compétences dans un domaine disciplinaire effectivement enseigné, la création d'hypertextes, au niveau collège, vise souvent au développement de compétences dites transversales (savoir rechercher une information, structurer des ensembles d'informations). Ce n'est plus le cas à l'université où cette activité est censée favoriser l'appropriation et la compréhension d'un contenu complexe. Elle s'apparente alors à la conception d'un cours structuré en hypertexte.

3.2. Organisation de cours par les concepteurs

Depuis l'enseignement programmé jusqu'à l'hypertexte, on est progressivement passé d'une logique de *transmission du savoir à l'apprenant* à une logique de *acquisition du savoir par l'apprenant*. Néanmoins, la structuration de la matière, qu'elle soit à enseigner ou à acquérir, demeure un problème majeur. En effet, structurer un ensemble de documents de manière hypertextuelle à des fins documentaires n'est pas tout à fait du même ordre que de le faire à des fins d'apprentissage. Dans le premier cas, il s'agit de gérer la complexité et la contextualisation pour des finalités multiples qui ne sont pas toujours connues à l'avance ; en ce sens, il n'y a pas à proprement parler de chemins prédéfinis pour parcourir l'ensemble de ces documents. Dans le second cas, la finalité est connue, il s'agit d'acquérir des connaissances sur un certain domaine ; en revanche, l'apprenant n'a pas forcément une idée précise des documents qui peuvent lui être utiles et le concepteur doit définir des voies

privilégées à travers l'ensemble des documents. Le problème de la création de chemins spécifiques devient alors prépondérant.

Dans cette perspective d'organisation du corpus à enseigner, on trouve deux problématiques bien différentes : dans l'une, il s'agit d'*élaborer* un hypermédia à partir d'un ensemble de documents faiblement structuré, voire même non structuré ; dans l'autre, de *générer* un hypermédia à partir d'un ensemble plus fortement structuré de type livre ou documentation électronique. Dans les deux cas, la difficulté est d'offrir une navigation qui permette à l'apprenant de donner du sens à son cheminement à travers l'ensemble des documents.

3.2.1. Du corpus aux cartes de concepts

Comme le fait remarquer Didier Paquelin (1995, 1996), “ définir un corpus de connaissances est souvent un processus long et fastidieux en raison des différents courants de pensée qui traversent un même domaine, d'où la nécessité de disposer d'outils de formalisation clairs et explicites qui facilitent les négociations ”. A cette fin, il propose de construire des *cartes de concepts* qui vont servir d'outils de formalisation et de communication entre les intervenants. En effet, elles ont l'avantage de donner à la fois une vue globale et parcellaire, synthétique et descriptive du domaine de connaissances.

Dans le projet “ *Terre-à-sol* ”, dont l'objectif est l'apprentissage des concepts liés à la fertilité du sol et de la relation entre les différents moyens à mettre en œuvre pour préserver celle-ci, Paquelin distingue plusieurs types de concepts : le *méta-concept* (concept central), le *concept d'état* (état intermédiaire qui conduit au concept), le *concept de transformation* (processus modifiant un concept d'état), le *concept d'intervention* (opération sur un concept) et enfin le *concept élémentaire* (élément constituant des autres concepts)¹⁴.

méta-concept	concepts d'état	concepts de transformation	concepts d'intervention	concepts élémentaires
fertilité du sol	texture, profondeur, porosité, acidité...	minéralisation, absorption racinaire	labour, irrigation, drainage	roche mère, cailloux, gravier,

Tableau 2. Exemples de concepts dans le projet “ *Terre-à-sol* ” (Paquelin, 1996)

Si cette méthode de représentation du domaine n'est pas spécifique aux hypermédiats, elle trouve une application et une mise en œuvre presque immédiate dans la conception et la génération d'hypertextes. Son intérêt dans le contexte éducatif repose sur la mise en évidence des liens entre les concepts et plus encore, comme nous le verrons par la suite, sur les activités proposées qui favorisent la découverte des corrélations liant concepts d'intervention et concepts de base.

Comme outil d'aide à la conception d'hypermédiats éducatifs, les cartes de concepts sont tout spécialement adaptées lorsque les auteurs ne peuvent s'appuyer sur des documents existants ou n'ont à leur disposition qu'un ensemble faiblement structuré de documents.

3.2.2 Du texte à l'hypertexte

Une seconde approche consiste à partir d'un ensemble de documents préexistants, déjà bien structuré, et disponible sous une forme électronique. La tentation est alors d'essayer de construire un hypertexte de manière automatique, sans pour autant en oublier les visées éducatives.

En matière de génération automatique d'hypertextes, les chercheurs se sont tout d'abord intéressés à la documentation technique, leur principale préoccupation étant alors de rendre plus accessible une information certes volumineuse, mais déjà structurée (Rearick, 1991 ; Yankelovich *et al.*, 1985). La conception d'applications éducatives relève d'une autre problématique, car il s'agit de produire des hypertextes dans lesquels la recherche d'informations n'est pas une fin en soi.

¹⁴ Pour en donner une image plus visuelle, on peut dire que la structuration du domaine s'organise comme une galaxie de concepts d'état s'articulant autour d'un méta-concept, évoluant sur des orbites plus ou moins proches du centre et changeant au gré d'événements que sont les concepts d'intervention et de transformation. De fait, chaque concept est caractérisé par sa définition et l'ensemble des liens qui l'unit aux autres concepts.

Maïa Wentland (1994, 1996) propose d'offrir au pédagogue des outils permettant de transformer un document électronique en un hypertexte éducatif grâce à un marquage du texte initial. Sa méthode comprend deux phases principales : le *marquage* proprement dit et la *génération des cartes de navigation*.

Le marquage "à la volée" (Forte et Wentland, 1993) permet d'identifier les éléments conceptuels du texte ainsi que les arguments relatifs à chacun des concepts, et de leur attribuer un ensemble de caractéristiques sémantiques. On identifie, par exemple, le rôle pédagogique des différentes argumentations (clarification, renforcement ou familiarisation).

Lorsque le texte a été entièrement marqué, l'auteur dispose non seulement de l'ensemble des concepts identifiés, mais aussi de l'ensemble des prérequis et des synonymes liés à ces concepts. À l'issue de cette première phase, le système génère automatiquement le *réseau structurel* traduisant à la fois la structure hiérarchique ou typographique de l'information (avec toutes les sub-divisions en chapitres, sous-chapitres ou paragraphes déjà présentes dans le document initial) et le *réseau conceptuel*, basé sur la sémantique du texte et les caractéristiques données par le pédagogue lors de l'identification précédente¹⁵. En pratique, les deux réseaux ainsi définis se superposent, l'apprenant pouvant passer de l'un à l'autre indifféremment. Par ailleurs, pour faciliter la navigation, le système génère différentes représentations graphiques de ces réseaux¹⁶.

L'intérêt est, pour le pédagogue, de s'appuyer sur des textes déjà écrits sur ce qu'il veut enseigner – les outils automatisant la génération de l'hypertexte prenant en compte des liens sémantiques et pas uniquement des liens hiérarchiques –, et, pour l'apprenant, de bénéficier d'outils de visualisation qui sont de nature à faciliter la compréhension des concepts théoriques enseignés.

3.2.3. Vers un contrôle de la navigation

Une autre approche consiste, pour les disciplines scientifiques où l'activité principale n'est pas orientée vers la recherche d'informations, à s'appuyer sur une navigation plus contrainte ou plus généralement moins ouverte, et un contrôle de l'apprenant renforcé.

Dans cette optique¹⁷, Patrice Venturini (1996, 1997) a développé un hypermédia éducatif¹⁸, sur le programme d'électricité enseigné en classe de seconde. Il propose un découpage du corpus à enseigner en trois grandes classes :

- les *types* d'information, à savoir les *Connaissances* (savoirs essentiels), les *Méthodes* (savoir-faire liés aux calculs et mesures), les *Documents* (compléments d'information), les *Tests* (auto-évaluation des connaissances) ;
- les *thèmes* qui correspondent aux grands sujets abordés dans le corpus (par exemple, l'intensité, la tension, les dipôles et l'amplification) ;
- les *items* élémentaires qui sont les éléments de base constituant un thème.

Chaque thème est traité selon les différents types de information. Pour faciliter la navigation, la structure hiérarchique est limitée à trois niveaux (choix du type d'information, choix de l'item dans le thème et accès à l'information). Cette *structure hiérarchique* est complétée par une *structure en réseau* et une *structure linéaire*. La première permet de prendre en compte les liens sémantiques entre les différentes informations, tandis que la seconde permet à l'apprenant de choisir des *parcours thématiques* qui répondent à des questions transversales¹⁹. De fait, le cheminement de l'élève est libre, mais fortement balisé.

¹⁵ Chaque concept donne lieu à un *nœud de référence* et toute occurrence de ce concept ou d'un synonyme de ce concept provoque la création d'un lien vers ce nœud, mais aussi, au choix du pédagogue, vers tout nœud d'explicitation du ou des concepts liés.

¹⁶ Un *arbre pédagogique*, visualisation du niveau de difficulté des concepts les uns par rapport aux autres ; un *réseau conceptuel*, visualisation des explicitations d'un concept ; une *vue synthétique*.

¹⁷ Reprenant à son compte une réflexion de Jacques Rhéaume (1991) : " la matière doit être structurée pour être regardée sous divers angles. Chaque îlot d'informations doit être suffisamment explicite et autonome pour ne pas exiger de cheminement préalable... Les heurts laissés par les sauts entre les nœuds doivent être nivelés par l'apprenant qui doit se rebâtir une cohérence, une signification personnelle ".

¹⁸ REV.E.S. : Révision de l'Electricité en Seconde.

¹⁹ Parcours relatifs à des notions (courant, intensité), à des mesures de grandeur physique, à des lois (sur l'intensité, sur la tension, sur les circuits en série...), ou encore sur les savants passés à la postérité (Ampère, Volta, Ohm...).

3.2.4. La structuration des documents toujours en question

A travers les différentes approches étudiées, on constate que les techniques mises en œuvre dépendent bien évidemment des matériaux à la disposition de l'auteur-concepteur, du degré de leur structuration initiale et du type de contrôle sur la navigation recherché.

Cartes de concepts ou marquage, les outils proposés tendent à organiser les connaissances tout en donnant à voir, de manière plus ou moins explicite, le réseau conceptuel sous-jacent. S'il se dégage un accord sur les cartes de concepts en tant qu'outil facilitant l'organisation hypertextuelle des connaissances, une étude menée par Zeiliger *et al.* (1996) semble montrer qu'elles ne se sont pas aussi structurantes pour l'apprenant qu'il n'y paraît. Considérant qu'elles doivent non seulement faciliter le développement des hypermédias par les concepteurs, mais aussi aider les apprenants, ils ont émis l'hypothèse qu'offrir des outils de navigation s'appuyant dessus devrait permettre aux apprenants de construire leur propre vision du domaine et favoriser l'émergence des liens entre les concepts principaux. Pour valider cette hypothèse, ils ont conçu un outil graphique pour la création de réseaux de concepts à partir d'un hypermédia existant et l'ont appliqué à *Prolearn* (un hypermédia sur la psychologie de l'apprentissage). L'expérimentation n'a pas donné de résultats probants. En effet, rien n'indique clairement que l'ajout de la visualisation des liens entre concepts ait réellement amélioré l'application. D'autres expérimentations donnent toutefois des résultats différents (Calvi, 1997). Si c'est certainement un truisme d'affirmer que les utilisateurs doivent construire une forme de représentation conceptuelle des dispositifs avec lesquels ils interagissent pour les comprendre, l'intérêt des cartes de concepts n'est pas encore clairement attesté. Néanmoins, de telles cartes demeurent un outil facilitant grandement l'organisation de la matière.

L'un des problèmes essentiels reste celui de la conception des hypertextes éducatifs. La création d'ateliers, assistant le concepteur tout au long du processus de réalisation (Nanard et Nanard, dans ce volume), peut faciliter le travail. Dans des contextes non directement éducatifs, des démarches de génération automatique sont mises en œuvre. Elles présupposent généralement l'existence de structures logiques de document soigneusement décrites (Balpe *et al.*, 1996 ; Comparot-Poussier *et al.*, 1997²⁰). A court terme, vu les contraintes à satisfaire s'agissant de produits éducatifs, ces différentes techniques d'hypertextualisation automatique demeurent largement inopérantes. Elles peuvent néanmoins assister le concepteur dans sa tâche via des processus de génération semi-automatiques.

On peut alors se demander ce qu'il en est de la structuration des documents sur Internet. En fait, d'un point de vue éducatif, les problèmes y sont d'une tout autre nature dans la mesure où ce n'est pas tant l'organisation de la matière qui est à maîtriser que le contrôle sur la nature et l'étendue des documents. Si l'intérêt majeur de ce support est la grande facilité de diffusion et de mise à jour des produits, son extension quasi illimitée ne permet pas d'assurer de contrôle sur la qualité pédagogique (contenu, style de rédaction...) des documents explorés. Pour faciliter un véritable usage pédagogique du réseau, on devrait disposer d'*ouvriers de chemins* (trail blazer), pour effectuer du repérage (intérêt des sites, ressources accessibles...). De fait, on voit poindre des outils facilitant la navigation (robots de recherche, agents intelligents...), mais quelle que soit leur efficacité en matière de recherche, ils ne peuvent renseigner sur l'exactitude d'un contenu et son adéquation au public visé. Autrement dit, aux côtés des outils, on devrait trouver des personnes qui pourraient *orienter* l'enseignant, pour que celui-ci ne perde pas son temps en explorations inutiles ou en recherches infructueuses, et *valider*²¹ ou plus exactement *qualifier* des contenus. Par ailleurs, le contrôle du cheminement de l'apprenant est difficile à réaliser dans la mesure où chaque page affichée à l'écran est le résultat d'une communication avec le serveur et que toutes ces connexions sont indépendantes les unes des autres²².

Derrière le développement d'Internet, se dessine la nécessité d'approfondir le rôle de la documentation dans l'apprentissage. Si l'usage des documents diffère fortement d'une discipline à l'autre, leur mise à disposition

²⁰ Comparot-Poussier et ses collègues proposent une démarche de génération automatique fondée sur la réécriture. S'appuyant sur une approche de structuration des documents. pour des hypermédias à structure régulière, ils cherchent à mettre en évidence des mécanismes généraux pour créer automatiquement les mécanismes de navigation (liens) lors de la construction d'un hypermédia. Il s'agit de créer des liens uni ou bi directionnels, des index et des visites guidées, en identifiant des contraintes navigationnelles et organisationnelles de l'hypermédia.

²¹ La tentation pourrait être de juger des contenus. La validation est avant tout une authentification et une qualification de la source de ces contenus.

²² Par conséquent, ce contrôle doit être réalisé par un programme. Nous laisserons de côté ce qui est lié à l'enseignement à distance. Bornons-nous à constater qu'actuellement les applications sont encore limitées, au niveau du temps et des possibilités de présentation de l'information, ce qui risque d'appauvrir les applications pédagogiques, au moins à court terme.

progressive sous forme d'hypermédiâs renouvelle les questions de recherche. Il s'agit de rendre les documents de plus en plus réactifs, c'est-à-dire intégrant des activités multiples. Une entité cohérente bâtie sur ce principe prend parfois la dénomination de livre électronique (Pasquier et Monnard, 1995). Un avantage important de ce type de dispositif, qui se substitue au moins en partie aux livres imprimés, est de pouvoir adapter son contenu à un public particulier, dans le choix des exemples, dans le niveau de détail, et de privilégier des parcours tenant compte des connaissances préalables de ses lecteurs. Flexibilité et interactivité en sont les maîtres mots. Les cours élaborés à l'université de Heerlen (Valcke, 1996) constituent un exemple probant d'une telle démarche.

4. Utiliser des environnements d'apprentissage intégrant de l'hypertexte

Des environnements d'apprentissage intègrent l'hypertexte soit comme une sorte d'interface, soit comme module séparé, essentiellement autour de la gestion de la documentation associée ou pour assurer certaines fonctionnalités spécifiques, notamment le pilotage d'éléments multimédiâs. Maurer et Tomek (1990) parlent ainsi d'*hyperenvironnements* pour désigner des applications basées sur des principes hypertextes. L'hypertexte peut être *au cœur* ou venir *en complément* d'un environnement d'apprentissage. Il remplit alors des rôles fort différents selon la nature de l'objectif recherché, du public ciblé ou du domaine traité. Certains environnements, de type préceptoral, assurent un contrôle assez strict du parcours suivi par l'apprenant, des activités qu'il réalise, voire des connaissances qu'il est censé acquérir. D'autres, favorisant par exemple le travail coopératif, jouent un rôle plus instrumental, aidant notamment formateurs et apprenants à interpréter des cas spécifiques.

4.1. Un précepteur avec une documentation hypertextuelle

On trouve ainsi des environnements qui assurent un rôle, somme toute classique dans un contexte d'enseignement, de précepteur et dans lesquels l'hypermédiâ cohabite avec des modules dédiés plus spécifiquement à la présentation ou au contrôle des connaissances. Plusieurs générateurs hypermédiâs ont ainsi été utilisés pour créer des ressources destinées à l'évaluation ou l'auto-évaluation : *FORUM*²³ (Soula, 1996 ; Soula *et al.*, 1994), *HyperTools* (Abdat, 1996), *Geneval* (David et Dutel, 1996).

Dans ce type d'environnement, les techniques hypertextuelles offrent des possibilités de navigation redonnant une certaine initiative à l'apprenant et favorisant l'auto-évaluation. Ainsi, dans *HyperTools*, le parallélisme des structures de l'hyperbase (le contenu du cours) et du corpus de questionnement permet à l'apprenant de mettre en correspondance les nœuds-connaissance et les nœuds-activité, facilitant les allers-et-retours entre connaissance et évaluation. De même, dans *Geneval*, l'énoncé du problème est complété par des *hypermots*, qui renvoient à des concepts, des précisions ou à toute autre information utile à la compréhension, tandis que l'espace des solutions peut être exploré par navigation.

Par ailleurs, l'apport du multimédiâ autorise le contrôle de connaissances plus techniques pour des disciplines où l'image joue un rôle important comme en médecine (Soula, 1996 ; Bodenreider, 1991 & 1994). Il en va de même dans les disciplines où les schémas/graphiques sont des aides à la compréhension et à l'expérimentation.

Dans le domaine des sciences physiques, le système *REV.E.S.*, préalablement cité (Venturini, 1997), illustre bien comment le contrôle des connaissances peut être couplé à des techniques hypermédiâs avec une composante hypertexte et une composante multimédiâ. En effet, on y retrouve d'une part une dimension hypertexte avec une organisation du corpus dont le découpage n'est pas sans rappeler celui proposé par Paquelin (1996) et une navigation s'appuyant sur une structure de réseau, qui s'apparente au réseau conceptuel de Wentland (1996) ; et d'autre part, une dimension multimédiâ avec un ensemble de moyens qui vont de la vidéo (fonctionnement d'un oscilloscope) à l'animation (mouvement des électrons dans un circuit), en passant par le son (consigne d'exercice), l'image (dispositif expérimental), le graphique (tracé d'une fonction caractéristique), ou encore le schéma (circuit électrique), sans parler des simulations qui peuvent requérir différents médiâs.

²³ Développé à l'hôpital Timone de Marseille, FORUM a été utilisé pour concevoir des applications médicales en radiologie, sur le thème de l'IRM de l'utérus, les angiomyolipomes du rein, ou en dermatologie, sur les mycoses des ongles et d'autres sujets pour former de jeunes internes ou le personnel d'un service hospitalier (Delquié, 1994 ; Dubrulle *et al.*, 1994 ; Moulin *et al.*, 1994).

4.2. Hyperenvironnement

Face à la dualité d'approche que sous-tend une activité éducative avec un souci de validation du travail de l'apprenant et le concept d'hypermédia avec une navigation libre dans un espace de connaissances, s'est développé toute une gamme d'*hyperenvironnements* (Maurer et Tomek, 1990) offrant des activités variées. Or les disciplines, bien que se rattachant toutes à une conception constructiviste de l'apprentissage, ont des visions et des activités pédagogiques qui leur sont propres. Les hyperenvironnements sont, de fait, le reflet de ces choix et des contraintes disciplinaires afférentes. Tous vont accorder une place importante au multimédia. Si le paradigme de la résolution de problèmes domine largement, tous n'auront pas la même philosophie par rapport au contrôle de l'apprenant. Celui-ci sera plus ou moins fort, allant du parcours fortement délimité à des formes plus souples telles que les conseils, les indices, ou les filtres. Selon les disciplines, les hyperenvironnements appréhendent le monde "réel" sous des modalités différentes avec, par exemple, des mises en situation pour les langues, des études de cas pour le diagnostic, des analyses de situation ou encore des mises en pratique, et demandent à l'apprenant une participation et une initiative plus ou moins importantes.

4.2.1. Mise en situation

Dans une discipline comme les *langues étrangères* où le multimodal et le multimédia (son et image) jouent un rôle important, les environnements interactifs sont conçus pour mettre l'apprenant *en situation* afin de favoriser l'apprentissage et la pratique de la langue (Teutsch *et al.*, 1996). Prolongement des activités d'EAO, les environnements vont privilégier la mise en œuvre de scénarios pédagogiques.

Camille (*Computer Assisted Multimedia Interactive Language Learning Environment*), développé pour partie à l'université de Clermont dans le cadre d'un projet européen, fournit un environnement informatique pour la production de matériels de formation en langues étrangères basés sur des hypermédias (Chanier, 1996 ; Pothier, 1996). Il permet de produire des cours dans différentes langues et différents niveaux. L'approche pédagogique sous-jacente est de type "résolution de problèmes" : on propose, par exemple, à l'apprenant une situation de recherche d'emploi qui nécessite aussi bien la rédaction de lettres, la prise de rendez-vous par téléphone, que la participation à un entretien d'embauche.

Quelle que soit la stratégie pédagogique mise en œuvre, il faut noter que la production d'hypermédias en langues, outre les difficultés liées à la production multimédia (droits de propriété), est confrontée à des problèmes propres au domaine comme la recherche d'authenticité des matériaux culturels ou au contraire la recherche d'une généricité multilingue.

4.2.2. Étude de cas

Pour des domaines complexes comme la formation au diagnostic, Aude Dufresne (1996) postule que l'apprentissage d'heuristiques ne peut se faire sans une *mise en situation* où l'apprenant doit, sur des *cas concrets*, apprendre à appliquer des principes généraux. Elle estime, par ailleurs, que l'intégration de représentations graphiques, textuelles et multimédias favorise la construction de connaissances. Dans cette optique elle a développé un environnement générique intégrant une *base de connaissances*, une *base d'explications* et une *base de cas*, pour la formation à la prise de décision, validé sur deux domaines de connaissances bien différents (le diagnostic et le traitement des insuffisances cardiaques ; l'estimation pour les réparations de toitures). Dans des domaines où la connaissance à acquérir est de type procédural et heuristique, le système doit pouvoir guider l'apprenant dans sa démarche. Ainsi l'interface permet de voir l'arbre de dépendances entre les connaissances, et même de l'étirer (ou de le comprimer) pour mettre en relief certains aspects de la décision. Cet arbre traduit la stratégie générale de prise de décision, adoptant en cela une structure qui va du général au particulier. Pour chaque élément caractéristique, on définit une explication : *quoi ? pourquoi ? comment ?* à laquelle est associée une suite de sous-thèmes, conduisant elle-même à de nouvelles explications comprenant des images fixes ou animées, des témoignages, des enregistrements vidéo... A tout moment, l'apprenant a la possibilité d'accéder à la base d'explications.

Cette architecture de systèmes se retrouve dans diverses disciplines où l'étude de cas permet l'acquisition d'une expertise comme dans le domaine médical, le contrôle de processus ou le diagnostic de panne.

4.2.3. Analyse de situations

Dans d'autres disciplines, on s'attachera plutôt à présenter à l'apprenant des situations-problèmes pour développer sa capacité à *analyser une situation et à en déduire des lois*. Le projet *Terre-à-sol* (Paquelin, 1996), déjà cité, illustre bien cette tendance. Il s'agit d'amener l'apprenant à maîtriser les composantes intervenant dans la fertilité du sol : fertilité chimique, fertilité physique et fertilité biologique.

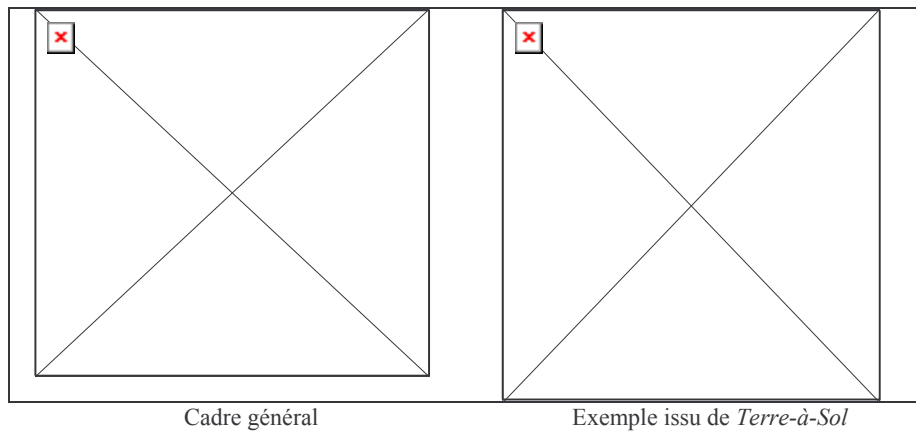


Figure 2. Exemple de tâche (Paquelin, 1997)

Dans cet environnement, l'apprenant est un “ apprenti-ingénieur agronome ”, qui navigue de son bureau aux champs, en passant par le laboratoire, avec pour mission de rétablir la fertilité du sol de la parcelle qu'on lui a demandé d'expertiser. Pour ce faire, il doit notamment déterminer l'origine de la perturbation par des opérations d'identification (demander l'analyse de la terre, creuser un profil...), choisir des outils d'investigation par des opérations de sélection et proposer des solutions pour y remédier au moyen d'opérations de transformation (apporter des engrais, effectuer un drainage...). Cet environnement interactif d'apprentissage intègre pleinement la dimension multimédia tant visuelle (espace d'investigation réaliste) que sonore (consignes et résultats) et, comme nous l'avons vu précédemment, s'appuie sur une forte structuration du domaine. De fait, au delà de la simple acquisition des facteurs à prendre en compte, la finalité de cette application est d'amener l'apprenant à développer une démarche d'analyse. Celui-ci est donc invité à construire sa propre carte de concepts en identifiant les concepts mis en jeu dans la situation-problème ainsi que leurs relations. Sa production est confrontée à une carte de référence pour mesurer sa maîtrise en matière d'investigation, de sélection de stratégies, de consultation et de conceptualisation.

4.2.4. Mise en pratique

Si dans le projet précédent, l'apprenant est mis dans un contexte proche de la réalité par un jeu de rôle et une mise en scène visuelle, il en est d'autres où l'apprenant est mis directement aux commandes d'objets réels. Dans *Roboteach*, environnement dédié à la robotique pédagogique, Pascal Leroux (1995, 1996) propose à l'apprenant de passer de la théorie à la pratique en construisant et en contrôlant des micro-robots. Pour cela, l'apprenant navigue dans un réseau d'informations, constitué de plusieurs *livres de cours*, où chaque notion est explicitée d'un point de vue théorique et pratique. Puis il est invité à expérimenter sa compréhension des phénomènes en effectuant des montages et en programmant la conduite de son micro-robot qui réagit aux commandes de l'hypermédia.

L'apprenant a ainsi, après avoir lu une partie “ cours ”, la possibilité de “ voir ” les effets d'une commande sur le micro-robot, l'hypermédia étant directement couplé à ce dernier. Dans cet environnement, l'image joue un rôle très important dans la mesure où elle sert de support à la mise en place de l'expérience en permettant, par exemple, d'identifier les composants du montage à réaliser. Ainsi, d'après l'auteur, les activités d'expérimentation donnent du sens aux notions vues dans l'hypermédia et les notions explicitées dans l'hypermédia apportent des réponses aux questions posées dans les activités pratiques.

Les diverses activités proposées sont effectuées soit dans un *environnement de pilotage* de micro-robot, soit dans un *environnement de description*. Dans ce dernier, l'apprenant est invité à analyser le résultat de son expérimentation pour en donner une formalisation. En cela, Pascal Leroux rejoint les préoccupations de Didier

Paquelin en proposant un environnement dans lequel le passage de l'exploration à la conceptualisation est fortement encouragé.

4.2.5. Aide à l'interprétation

S'apparentant aux environnements basés sur l'étude de cas, on trouve aussi des environnements d'aide à la prise de décision, qui sont à la fois des outils de formation et des outils de travail sur le terrain. Alain Gay (1996), par exemple, a développé un hypermédia dont le domaine d'application est le diagnostic d'un défaut dans le système d'élevage et plus précisément de la boiterie chez les vaches laitières (une pathologie fréquente aux incidences économiques importantes). Considérant que le diagnostic n'est pas une activité qui se réduit à la simple identification des signes distinctifs liés à une classe de maladies, mais qui requiert la compréhension biologique des mécanismes mis en jeu dans l'organisme pour discerner les phénomènes significatifs de ceux qui ne le sont pas, cet environnement donne à l'apprenant, mais aussi aux hommes de terrain, "un outil d'aide au diagnostic, permettant la description de l'état pathologique d'un système biologique (le troupeau) dans un environnement donné (l'élevage)" (*ibid.*). Le système s'appuie sur une importante base documentaire consignnant des savoirs liés aux différents métiers organisés en livres : le *livre de l'éleveur* (facteurs de risque), le *livre du vétérinaire* (principales maladies du pied), le *livre des techniciens* (techniques liées à la taille des ongles, au calcul des rations alimentaires, aux normes sanitaires...), le *livre d'images*.

Le livre d'images constitue une iconothèque sur les différents aspects du domaine (lésion, stabulation...), mais aussi une aide à l'interprétation. En effet, les images sont commentées par des *légendes éphémères* (pour ne pas perturber la lisibilité) sur les éléments à repérer. Pour chaque image, on a "ce que l'on voit", "comment cela s'appelle", "ce qu'on peut en dire".

Dans cette application, la liberté de navigation est parfois restreinte par un *dispositif de guidage*, notamment dans les procédures de diagnostic. Ce guidage a pour objectif d'éviter que l'apprenant se détourne de questions clés dans l'analyse de la pathologie (questions trop souvent ignorées lors de l'investigation "réelle"). Ce guidage fournit un fil conducteur aux investigations et du sens à la manipulation.

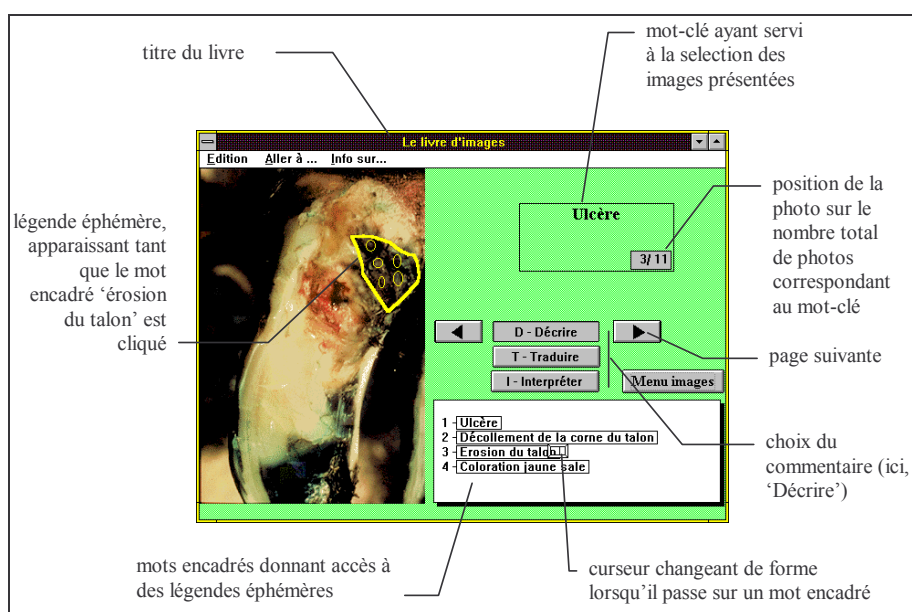


Figure 3. Livre d'image (Gay, 1997)

Un dispositif d'aide à la résolution de problèmes vient compléter le dispositif. Il s'appuie largement sur des images dont le rôle est, au delà de l'illustration, de renforcer un raisonnement, d'étayer une argumentation... Montrer ainsi l'évolution d'un processus dans le temps (évolution d'une lésion, par exemple) et dans l'espace (apparition des lésions en fonction du contexte) permet à l'apprenant de donner du sens à des variations d'aspect minimes, même si la réalité avec toutes ses composantes (vision tridimensionnelle, odorat, toucheur, couleur...) est difficile à restituer.

Dans ce type d'environnement, la machine joue un rôle de partenaire plutôt qu'un rôle de résolveur tel qu'on le trouve dans les systèmes tuteurs intelligents. Outil de coopération entre les différents acteurs en présence, elle favorise l'articulation des savoirs de différentes disciplines.

La coopération entre différents acteurs peut être encore plus explicite lorsqu'ils travaillent en réseau. On ne se situe plus alors dans une logique de transmission des connaissances et il n'y a plus à proprement parler l'élaboration de cours. On est bien davantage dans un registre de construction collective d'objets et sur ce point, on rejoint les travaux concernant le travail coopératif (Derycke, 1996 ; Ellis, 1996 ; Streitz *et al.*, 1992 ; Baecker, 1993). avec toutes les implications au niveau des rapports sociaux (Croisy, 1995 ; Hoogstoel, 1995).

5. Perspectives

A l'issue de ce tour d'horizon, nous pouvons tenter d'identifier quelques pistes de développements et esquisser des réponses à certaines questions que nous n'avons pas abordées.

En premier lieu, nous n'avons proposé aucun bilan sur les usages éducatifs réels, tant au plan quantitatif que qualitatif. En effet, de telles données ne sont pas disponibles. Nous avons mentionné diverses activités d'éducation et de formation, mais si des tendances sont perceptibles, si des expérimentations se déroulent, la généralisation est fortement sujette à caution. Par ailleurs, l'intérêt pour l'apprentissage de ces activités est délicat à évaluer, d'autant plus que l'hypertexte n'intervient que comme un des composants des situations installées ce qui rend difficile la mesure de son apport spécifique.

A juger de l'offre disponible, l'hypertexte apparaît le plus souvent comme une sorte d'interface et d'autres formes d'interface sont susceptibles de généraliser voire de remplacer cette forme hypertextuelle minimale. L'émergence d'interfaces multimodales (Caelen, 1996) devrait permettre ainsi d'aller au delà du cognitif et d'intégrer des aspects sensoriels. De nouvelles formes de communication avec les ordinateurs vont certainement modifier la nature des environnements et les activités éducatives associées.

Nous avons privilégié le contexte francophone dans les travaux présentés. A juger des réalisations internationales, il ne semble pas se dessiner de différences notables. On peut constater des usages plus importants de la vidéo et d'Internet dans les pays anglo-saxons. Toutefois, il faut noter des tentatives intéressantes du côté d'applications éducatives de la réalité virtuelle. Ainsi, ScienceSpace (Dede *et al.*, 1996), constitue un ensemble de mondes virtuels conçus pour aider les étudiants à maîtriser des concepts importants en science. Leur but est de montrer comment l'apprentissage de concepts difficiles et abstraits peut bénéficier de l'immersion multisensorielle. Pour les apprenants, il ne s'agit pas seulement d'observer un phénomène, mais d'y prendre part. Trois mondes ont déjà été élaborés : le monde de Newton destiné à l'exploration des lois du mouvement ; le monde de Maxwell, dédié à l'étude des forces et champs électrostatiques ; le monde de Pauling, consacré à l'étude des structures moléculaires au travers de diverses représentations. Dans un souci d'intervention mieux informée et plus efficace sur le monde, la réalité augmentée, notamment par la superposition d'images virtuelles et réelles, devrait susciter des applications conçues comme des aides à l'interprétation et à la décision dans des situations d'apprentissage et de travail. Il ne s'agit plus simplement de comparer une situation réelle et des documents mais d'enrichir et d'éclairer le réel. Ainsi, le dispositif nommé FAST (Ockerman *et al.*, 1996), incluant un ordinateur pilotée à la voix et un visiocasque à superposition, permet d'aider l'utilisateur en cours de tâche, en lui fournissant de l'information contextuelle, tout en lui laissant les mains libres.

S'agissant d'Internet, son développement se poursuit, mais il est encore difficile de statuer sur son apport dans l'enseignement obligatoire et de démêler les discours dithyrambiques de ses promoteurs. En particulier, comment concilier un dispositif de communication proposant un accès direct à des informations alors que l'enseignement est principalement fondé sur la médiation ? Dans un article prospectif sur les systèmes hypermédiés distribués, Klemme *et al.* (1996) parient sur le développement de systèmes plus avancés, notamment avec des liens bidirectionnels, stockés séparément des documents, l'essor des méthodologies d'hypertextualisation automatique et des moteurs de recherche (agents intelligents). De nouvelles applications à caractère éducatif devraient apparaître avec les systèmes d'organisation de conférences et les possibilités d'accès à des bibliothèques digitalisées. Toutefois, si on note un intérêt accru sur les outils de communication de

personne à personne, dans le développement de la télématique on peut regretter que l'éducation ne soit le plus souvent qu'un prétexte, non une finalité effective.

Notons que d'autres domaines utilisant l'hypertexte devraient donner lieu à des applications éducatives. On peut mentionner les systèmes d'information géographique, les systèmes d'aide à l'écriture (par exemple Scripertext, Crinon *et al.* 1996) et à l'argumentation ou la génétique textuelle (Lebrave, 1996).

Accompagnant le développement de l'hypertexte et la mise sur le marché de machines multimédias, la notion de document électronique, incluant son, images fixes ou animées et vidéo, se généralise. Devraient apparaître des logiciels d'édition de documents structurés intégrant la dimension temporelle, nécessaire pour la gestion des aspects multimédias, aidant à traiter les difficiles problèmes de synchronisation (Sabry-Ismail *et al.*, 1997).

Enfin, le choix des rôles possibles de l'ordinateur dans les activités éducatives mérite quelques derniers développements. Il s'agit de moins en moins de concevoir des machines à enseigner mais plutôt des environnements dans lesquels l'ordinateur est tantôt un partenaire, tantôt un outil, et offre des ressources plus ou moins contrôlées dans le cadre d'activités d'apprentissage ou d'enseignement (Bruillard, 1997). La dimension coopérative acquiert une importance croissante, conduisant même à des changements dans l'organisation sociale.

Nous avons dans ce texte largement laissé de côté les polémiques autour des problèmes rencontrés par les usagers dans la navigation. Une littérature abondante a traité ce sujet et les techniques pour y pallier se sont multipliées²⁴. De discours prônant une totale liberté laissée à l'apprenant, on est passé à des modes de contrôle ou de guidage plus ou moins contraints. Les hypertextes intègrent des aides multiples pour aider l'apprenant à orienter et finaliser sa navigation. Mais est-ce bien là que résident les aspects les plus intéressants de l'hypertexte au plan éducatif²⁵? Rechercher une information dans un vaste ensemble est certes important, mais mettre côte à côte deux objets, deux tableaux, deux articles de dictionnaire, deux textes littéraires, etc. et disposer de moyens pour les comparer afin de faire surgir une interprétation l'est davantage. Au-delà d'être un simple outil éducatif, l'hypertexte est un outil de travail pour organiser, gérer des masses d'informations, les réorganiser dynamiquement pour produire du sens. Pour le moment, les applications éducatives intégrant véritablement des instruments de travail ont des difficultés à s'imposer, tout au moins dans le contexte scolaire. Puisse l'avenir nous démentir.

Remerciements : Nous remercions Jean-Marie Baldner de ses précieux conseils sur les cédéroms culturels.

Références

- Abdat L., Paget M.-M. (1996). Le système Hypertools in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 131-138.
- Amélineau C., Giovanni L. (1996). Utilisation pédagogique de l'outil logiciel hypertexte avec un public d'adultes illettrés en stage d'insertion sociale et professionnelle in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 175-182.
- Balpe J.-P. Lelu A., Papy F., Saleh I. (1996). *Techniques avancées pour l'hypertexte*. Editions Hermès, Paris, 288 p.
- Baecker (1993) *Readings in Groupware and Computer-supported Cooperative Work*, Morgan Kaufmann Publishers.

²⁴ Selon Schaumburg, cité par Tergan (1997), un certain degré de désorientation dans l'utilisation d'un système hypertexte peut motiver les étudiants à continuer leur exploration.

²⁵ Tergan (1997) passe ainsi en revue trois hypothèses classiques concernant les hypertextes : (1) que leurs caractéristiques structurelles et fonctionnelles imitent la structure et le fonctionnement de l'esprit humain ; (2) qu'ils correspondent bien aux principes d'enseignement d'auto-régulation et d'apprentissage constructiviste ; (3) qu'ils correspondent aux principes cognitifs de multiples modes de représentation mentale de la connaissance.

D'après Tergan, les résultats empiriques ne confirment en rien ces différentes hypothèses. En particulier, les caractéristiques techniques de l'hypertexte n'induisent pas nécessairement des activités d'apprentissage constructif résultant de processus cognitifs de haut niveau. Pour lui, ces hypothèses sont largement naïves et inadéquates. En outre, il considère que les tests de l'intérêt des outils techniques de navigation et d'orientation ont monopolisé beaucoup trop d'efforts de recherche qui auraient été mieux employés pour le développement, l'implantation et le test de concepts innovants sur l'enseignement.

- Baron G.-L. (1996). Quelle offre en matière de cédéroms d'apprentissage des mathématiques au collège. in Baron G.-L., Bruillard E. (eds.), *Du livre au CD-Rom, permanence et mutations. Actes des journées de travail de Lille*, 25-26 juin 1996, Paris, INRP, p. 55-59.
- Bernstein M. (1993). Enactment in Information Farming. *Proceedings of Hypertext'93*, Seattle, Washington, p. 242-249.
- Bodenreider O., Kholer C., Kholer F. (1991), Hypermédias et médecine in de La Passardière B., Baron G.-L. (eds), *Hypermédias et Apprentissage*, Paris, INRP, p. 169-174.
- Bodenreider O., Kholer C., Kholer F. (1994) Nouvelles technologies de l'information et enseignement de la médecine in Bruillard E., de La Passardière B., Baron G.-L. (eds), *Actes du séminaire Hypermédias, Education et Formation*, Paris, p. 35-41
- Bourillon C. (1995). PERSEUS : une odyssee. *La pratique de l'informatique dans l'enseignement des langues anciennes*, tome 2, LITALA, Paris VII.
- Brouaye P., Bruillard E., Marchal B., Weidenfeld G. (1987). SEVE, un système auteur pour le traitement des documents. *Actes du congrès EAO 87*, Cap d'Agde, p. 91-103.
- Bruillard E. (1997). *Les machines à enseigner*, Hermès, Paris, 320 p.
- Bruillard E., de La Passardière B. (1994). Hypermédias et éducation : des repères. *Sciences et Techniques Educatives*, 1, 1, p. 17-37.
- Caelen J. (1996). Définition et caractérisation des Interfaces Homme-Machine (IHM). *Nouvelles interfaces homme-machine*, OFTA, Paris, p. 31-43.
- Calvi L. (1997). Navigation and disorientation : a case study. *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6, 3/4, p. 305-320.
- Chanier T. (1996). Learning a Second Language for Specific Purposes within a Hypermedia Framework, *Computer Assited Language Learning*, vol 9, 1.
- CNDP (1996). *Internet dans le monde éducatif*. Les dossiers de l'Ingénierie Educative, n°24, Paris, Centre National de documentation Pédagogique.
- Comparot-Poussier C., Dubac C., Julien C. (1997). Navigation in structured multimedia document using presentation context. *Hypertextes et hypermédias*, vol 1, n°2-3-4, Hermès, p. 165-179.
- Crinon J., Legros D., Pacht S., Vigne H. (1996). Etude des effets de deux modes de navigation dans un logiciel d'aide à la réécriture in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 73-84.
- Croisy P. (1995). *Collecticiel réel et apprentissage coopératif : des aspects sociaux et pédagogiques jusqu'au modèle multi-agent de l'interface de groupe*, Thèse de l'université de Lille.
- David J.-P., Dutel A. (1996). Modélisation et réalisation d'un générateur d'exercices hypermédias in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 139-148.
- Dede C., Salzman M.C., Loftin R.B. (1996). ScienceSpace : research on using virtual reality to enhance science education in Carlson P., Makedon F. (eds), *Proceedings ED-MEDIA 96*, Boston, Mass., AACE, p. 172-177.
- Delquié P. (1994). *Un hypermédia d'auto-apprentissage en radiologie : FORUM-IRM de l'utérus*. Thèse de Médecine, Marseille.
- Derycke A. (1991). Hypermédia et apprentissage coopératif in de La Passardière B., Baron G.-L. (eds), *Hypermédias et Apprentissage*, Paris, INRP, p. 77-87.
- Dubrulle F., Soula G., Robert Y., Druart F.D., Bartoli J.M., Lemaitre L., Claudon M. (1994). Angiomyolipome du rein : clinique, imagerie, évolution et prise en charge. Enseignement assisté par ordinateur : l'hypermédia FORUM. *Journées Françaises de radiologie*, Paris.
- Dufresne A. (1996) Un environnement générique de formation au diagnostic utilisant une base de connaissances graphiques et des hypermédias in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 119-128.
- Ellis C.A., Gibbs S.J., Rein G.L. (1989). Groupware : the research and development issues. *Microelectronics and Computer Technology corporation* Austin, Texas.
- Forte E., Wentland M. (1993) Identification de concepts et parcours orienté dans un hypertexte pédagogique in Baron M., Gras R., Nicaud J.-F. (eds.), *Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur*, Eyrolles, Paris.
- Gay A. (1996). Un hypermédia pour la construction de diagnostics d'élevage in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 99-108
- Giry M., Lucien J.-C. (1996). Navigation en hypermédia et/ou en multimédia et construction de savoir in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 35-45.
- Hoogstoel F. (1995). *Une approche organisationnelle du travail coopératif assisté par ordinateur - Application au projet CO-LEARN*, Thèse de l'université de Lille.

- Klemme M., Maurer H., Schneider A. (1996). Glimpses at the Future of Networked Hypermedia Systems. *Jl of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5, 3-4, AACE, p. 225-238.
- Landow G.P. (1992). Bootstrapping hypertext : student-created documents, Intermedia and the social construction of knowledge in Barrett E. (ed.), *Sociomedia : multimedia, hypermedia and the social construction of knowledge*, MIT Press, p. 195-217.
- Le Goëdec S. (1996). *L'édition électronique, de l'état des lieux à l'étude du cas des dictionnaires hypertextualisés. Fonctionnalités, analyse, enjeux*. Mémoire de DESS élaboré sous la direction de G.-L. Baron, Lettres modernes spécialisées. Paris-Sorbonne.
- Lebrave J.-L. (1996). Hypertexte, édition savante, édition génétique in Bruillard E, Baron G.-L., de La Passardière B. (eds.), *Actes du séminaire Hypermédias, éducation et formation 1996*, IUFM de Créteil, INRP, LIP6, p. 51-65.
- Leroux P. (1996). Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 237-244
- Leroux (1995). *Conception et réalisation d'un système coopératif d'apprentissage - Etude d'une double coopération*, Thèse de l'université Paris 6.
- Maurer H, Tomek I. (1990). Broadening the scope of hypermedia principles. *Hypermedia*, 2, 3, p. 201-220.
- Moulin G., Soula G., Delquié P., Champsaur P., Castellani P., Fieschi M., Bartoli J.M., Kasbarian M. (1994). Auto-apprentissage en radiologie : le projet FORUM appliqué à la réalisation d'une anastomose porto-systémique intra-hépatique par voie transjugulaire. *Journées Françaises de radiologie*, Paris 1994.
- Mylonas E. (1993). The Perseus Project : Developing Version 2.0. *Proceedings of Hypertext'93*, Seattle, Washington, p. 242-249.
- Mylonas E., Heath S. (1990). Hypertext from the data point of view. Paths and links in the Perseus Project, in Rizk A., Streitz N. et André J. (eds.), *Hypertexts : concepts, systems and applications*. Cambridge University Press, p. 324-336.
- Nanard M. (1995). Les hypertextes : au-delà des liens, la connaissance. *Sciences et techniques éducatives*, 2, 1, p. 31-59.
- Nanard J., Nanard M. (1991). Using structured types to incorporate knowledge in hypertext. *ACM conference on hypertext 1991*, 3, p. 329-342
- Ockerman J.J., Najjar L.J., Thompson J.C., Treanor C.J. (1996). FAST : a research paradigm for educational performance support systems in Carlson P., Makedon F. (eds), *Proceedings ED-MEDIA 96*, Boston, Mass., AACE, p. 545-549.
- Papert S. (1991). Situating Constructionism in Harel E., Papert S. (eds.), *Constructionism*, Norwood, Ablex, p. 1-11.
- Paquelin D. (1995). Conception d'applications éducatives hypermédias : entre méthode et créativité in Balpe J.-P., Lelu A., Saleh I., *Hypertextes et hypermédias*, Paris, p. 241-250.
- Paquelin D. (1996). Les cartes de concepts : outil pour les concepteurs et les utilisateurs d'hypermédia éducatif in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 85-96.
- Pasquier J., Monnard J. (1995). *Livres électroniques. De l'utopie à la réalisation*. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 316 p.
- Piotrowski D. (1995). Bases problématiques et éléments de spécification in Bruillard E., Piotrowski D., Vignaux G. (eds.), *Du dictionnaire considéré comme hypertexte*. Rapport d'étape. CNRS : Programme " Cognition, Communication intelligente et Ingénierie des langues ", Axe III : " Hypertextes et Dictionnaires ". Nancy, INaLF, p.1-50.
- Poubelle R. (1996). Les enjeux de l'édition électronique en milieu éducatif in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 275-277.
- Rhéaume J. (1991). Hypermédias et stratégies pédagogiques in de la Passardière B., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et apprentissages*, Paris, INRP, 1991, p. 45-58
- Rearick T. C. (1991). Automating the conversion of Text into Hypertext in Berk E., Devlin J. (eds.) *Hypertext/Hypermedia Handbook*.
- Sabry-Ismaïl L., Roisin C., Layaida N. (1997). Navigation in structured multimedia document using presentation context. *Hypertextes et hypermédias, vol 1, n°2-3-4*, Hermès, p.27-38.
- Savoy J. (1987). Le livre électronique EBOOK3. *Actes du congrès EAO 87*, Cap d'Agde, p. 279-292.
- Soula G., Bartoli J.M., Fieschi M. (1994). Hypermédias et apprentissage en Médecine : le projet FORUM. *Sciences et Techniques éducatives Vol.1 n°4*, p.521-538.
- Soula G., Fieschi M. (1996). Conception d'hypermédias en médecine : l'expérience du projet Forum in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 109-118.

- Streitz N. (1992). SEPIA : a cooperative hypermedia authoring environment. *Proceeding of ECHT'92*, Milan, p. 11-22.
- Tergan S.-O. (1997). Misleading Theoretical Assumptions in Hypertext/Hypermedia Research. *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, 6, 3/4, p. 257-283.
- Teusch P., Chanier T. Chevalier Y, Perrin D, Mangenot F., Narcy J-P., de Saint Ferjeux J. (1996) Environnements interactifs pour l'apprentissage en langue étrangère in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 247-256.
- Valcke M. (1996). Des livres électroniques : résultats de quelques expériences à l'université ouverte des Pays-Bas in Baron G.-L., Bruillard E. (eds.), *Du livre au CD-Rom, permanence et mutations. Actes des journées de travail de Lille*, 25-26 juin 1996, Paris, INRP, p. 43-54.
- Venturini P., Viel L. (1996). Base de données hypermédia pour le programme d'électricité en seconde in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 211-224
- Venturini P. (1997). *Conception et évaluation d'une base de données hypermédia en électricité*. Thèse de l'université de Toulouse, 283 p.
- Wentland M. (1994). *Modélisation d'un domaine de connaissance et orientation conceptuelle dans un hypertexte pédagogique*. Thèse de l'université de Lausanne.
- Wentland Forte M. (1996). Outils d'aide à la génération automatique d'hypertextes pédagogiques in Bruillard E., Baldner J.-M., Baron G.-L. (eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 3*, Paris, INRP, EPI, p. 47-53.
- Yankelovich N., Meyrowitz N., Van Dam A. (1985). Reading and Writing the Electronic Book, *IEEE, Computer 18, 10*, p. 15-29.
- Zeiliger R., Reggers T., Peeters R. (1996). Concept-map based navigation in educational hypermedia : a case study in Carlson P., Makedon F. (eds.), *Proc. ED-MEDIA 96*, Boston, MA, p. 714-719.