

Premières rencontres FORMIST

**Les supports pédagogiques multimédia dans la
formation des usagers : conception et utilisation**

**Synthèse générale des interventions de la journée du
12 juin 2001**



Table des matières

Aspects administratifs et institutionnels	3
Mathieu Stoll	
Jean-Émile Tosello-Bancal	
Contraintes et enjeux d'un projet web pédagogique : méthode, modèle et objectif	5
Pierre-Yves Cachard	
Quelques exemples d'utilisation de documents pédagogique multimédia pris en formation de formateurs à la méthodologie documentaire.	12
Jean-Noël Gérard	
La conception ergonomique de documents pédagogiques multimédia	17
André Tricot	
Références bibliographiques	33

Aspects administratifs et institutionnels

Mathieu Stoll

Jean-Émile Tosello-Bancal

Bureau de la formation, Sous-direction des Bibliothèques et de la
Documentation

1. État des lieux de la formation des usagers

La formation des usagers constitue aujourd'hui l'un des axes forts de l'enseignement supérieur. Cette priorité s'est traduite par la mise en place, depuis 1997, de cours de méthodologie dans le cadre du DEUG, à mettre en relation avec celle, plus récente, des TPE dans le secondaire.

Les SCD sont très impliqués dans ces enseignements, du 1^{er} au 3^e cycle. En 2000, ils ont formé plus de 126 000 étudiants, et cette dynamique s'est largement matérialisée dans les contrats quadriennaux de leurs établissements.

Les SCD s'appuient au niveau régional sur le réseau des URFIST, et, au niveau national, sur le serveur FORMIST implanté à l'ENSSIB.

2. Les soutiens à la production de documents pédagogiques multimédias

La SDBD mène depuis 1998 une politique active de soutien à la production pédagogique multimédia. Elle dispose pour cela de crédits pluriannuels sur le budget civil de recherche et développement (BCRD) : trois projets ont été soutenus en 1998, huit en 1999.

Les établissements du supérieur peuvent également développer des documents pédagogiques (sites web, cédéroms, etc.) par l'intermédiaire du dispositif de soutien aux ressources pédagogiques multimédias et audiovisuelles des ministères de l'éducation nationale et de la recherche.

Enfin, réunis en consortia, ils peuvent proposer des formations diplômantes, ouvertes et à distance dans le cadre des « Campus numériques français », lancés en 2000 et reconduits en 2001.

3. Réalisation de documents pédagogiques multimédias et droit de la propriété intellectuelle

a. Rappel des grands principes du droit d'auteur

Définition de l'œuvre

- Une œuvre est une forme d'expression originale
- Détermination de l'originalité

Identification de l'auteur

- L'auteur personne physique est le seul titulaire des droits sur l'œuvre
- Exceptions

Droits d'auteurs

- Droits moraux
- Droits patrimoniaux

b. Vous réalisez ou faites réaliser un document pédagogique multimédias : quelques règles à respecter

Les autorisations

- La nécessité d'obtenir une autorisation écrite
- Auprès de qui s'adresser pour obtenir ces autorisations

La propriété

- Œuvre individuelle
- Œuvre collective
- Œuvre de collaboration

Les contrats

Contraintes et enjeux d'un projet web pédagogique : méthode, modèle et objectif

Pierre-Yves Cachard
SCD Université du Havre
pierre-yves.cachard@univ-lehavre.fr

Malgré l'apport incontestable de la réforme des DEUG de 1997 inscrivant dans les programmes de ce diplôme des enseignements de méthodologie documentaire, le volume d'heures et la forme de ces nouveaux enseignements sont encore très variables d'une composante ou d'une université à une autre.

Les Bibliothèques doivent donc poursuivre l'exploration de formes nouvelles d'apprentissage, pour accompagner ou soutenir la mise en œuvre des enseignements de méthodologie : les **hypermédias d'apprentissage**, s'appuyant sur le développement fort des réseaux informatiques dans le fonctionnement des universités, peuvent contribuer efficacement au défi de la formation massive de la communauté universitaire aux nouveaux outils de l'information scientifique et technique. Elles sont d'une part très adaptées aux usages nouveaux de nos lecteurs, et d'autre part s'inscrivent parfaitement dans les préoccupations des universités en matière de formation à distance.

Mais ces applications multimédia, parce qu'elles additionnent des contraintes pédagogiques et informatiques, et parce qu'elles se situent dans un domaine encore très expérimental, sont dans le même temps formidablement difficiles à mettre en œuvre : force est de constater que quand elle existe, la fonction informatique des établissements documentaires est plus souvent mobilisée pour le développement des accès aux collections numériques que pour la conception de systèmes de formation en ligne.

Cette communication n'entend surtout pas livrer un mode d'emploi définitif pour la réalisation d'applications pédagogiques en ligne, mais simplement évoquer trois aspects importants de la conduite de projet multimédia pédagogique :

- Quelle méthode mettre en œuvre ?
- Quel modèle adopter ?
- Quel objectif viser ?

Ces propositions s'appuient sur une expérience en cours à l'université du Havre, et associant étudiants, enseignants et bibliothécaires dans le cadre d'un projet pédagogique visant la réalisation d'une plate-forme de formation à l'utilisation d'internet dans le cadre d'un cursus universitaire (site de formation DILIWEB).

1. Quelle(s) méthode(s)?

On aurait tort de considérer cet aspect comme secondaire, ou déconnecté des questions de développement de l'application¹ :

- **l'ampleur des tâches à planifier**, qui concernent tout autant les contenus (textes, scénario, scénographie) que les programmes (choix techniques, analyse, développements, tests, correction) et le graphisme (maquettage, production, tests, optimisation) imposent un pilotage très serré des délais et une appréciation fine des charges de travail occasionnées.
- **la sollicitation de compétences très diverses**, qui impose aujourd'hui d'envisager des partenariats nouveaux et des équipes importantes, appelées à dialoguer et échanger sur les mêmes objectifs mais avec des cultures, des savoir-faire et des langages différents, nécessite la mise en œuvre de documentations complexes et volumineuses pendant toute la durée du projet.
- **le cycle de vie d'une application informatique** (notamment web), ne commence ni ne se termine par sa publication : les phases en amont (analyse) et en aval (maintenance et gestion de versions) du développement réclament une démarche très construite, et capable dans une même dynamique d'anticiper les problèmes et d'inclure dans le programme une capacité à évoluer et adapter ses contenus à l'actualité de son sujet ou aux besoins de ses utilisateurs.

Encore faut-il réussir à imaginer un système suffisamment souple et adaptatif, qui ne constitue pas une contrainte supplémentaire. Dans le cadre du projet cité en référence, les emprunts méthodologiques ont été multiples : des principes simples du contrôle qualité (boucle PRVR) aux étapes élémentaires de la conduite de projet informatique, en passant par des techniques d'écriture et de production caractéristiques du secteur multimédia.

¹ On peut notamment lire avec intérêt : HUART, Julien ; KOLSKI, Christophe, LELEU-MERVIEL, Sylvie. *Vers la correction et la prévention des erreurs méthodologiques dans le cycle de vie d'applications multimédias*. Congrès ERGO'IA 98, Biarritz, 12-13 novembre 1998, pp.79-101

Un cocktail détonnant, mais qui peut servir à esquisser les grandes lignes d'une méthodologie dédiée au développement d'hypermédias d'apprentissage.

2. Quel(s) modèle(s)?

S'appuyer sur une démarche méthodologique rigoureuse est certes indispensable, mais ne saurait constituer une condition de réalisation suffisante.

Le développement d'une application pédagogique suppose l'adhésion à une série de modèles, concernant l'application, la scénarisation des contenus et l'expression des besoins :

Le **modèle formel** qui a présidé au développement de DILIWEB est très bien représenté dans un schéma proposé récemment par Peter Stockinger². Il définit un produit informatisé de formation autour de quatre composants fondamentaux :

- le composant "Connaissance du domaine", à savoir le corpus de cours à installer dans l'application.
- le composant "Tests et évaluations", composant essentiel car il inscrit dans le programme des zones d'activité-utilisateur qui constituent des espaces privilégiés pour le dialogue programme/utilisateur.
- le composant "services utilisateurs" : forum, contacts courrier, bloc-notes, journal de session, dictionnaire, téléchargement des cours en version texte, etc.
- le composant "interface", qui contiendra tous les aspects visuels et interactifs mis en place pour organiser et faciliter le parcours de l'utilisateur.

À l'examen de ce modèle, si des enjeux différents et complémentaires se déploient au niveau de chacun des composants, on s'aperçoit rapidement qu'une attention particulière doit être apportée au composant Interface, et devra constituer l'objectif principal assigné au développement, car c'est à ce niveau qu'intervient la **notion-clé d'interactivité**.

Les **modèles scénaristiques**³ relèvent des choix pédagogiques de l'application. Si plusieurs options sont envisageables, il nous a semblé que devaient être privilégiés aujourd'hui deux modèles concurrents pour conduire la mise en scène des contenus rédactionnels :

- **Cours / exemples / exercices / évaluation** : un modèle classique d'apprentissage qui peut apporter des résultats tout à fait satisfaisants si certaines conditions ergonomiques sont respectées (ce qui suppose une fragmentation importante des

² STOCKINGER, Peter. *La scénarisation des produits pour l'enseignement à distance*. Ds : les nouveaux produits d'information. Hermès, 1999, pp. 239-250

³ Sur ce sujet : TRICOT, André ; RUFINO, Alain. *Modalités et scénarios d'interaction dans des hypermédias d'apprentissage*. Revue des sciences de l'éducation. Vol. XXV, n° 1, 1999, p.105-129

contenus) et si les programmes augmentent significativement dans le même temps la part d'interactivité programme / utilisateur.

- **"Learning by doing"** : l'équipe projet, lors des séances d'analyse du site diliweb, avait retenu également une approche plus participative, complexe à mettre en œuvre mais jugée plus conforme à un contexte d'apprentissage autonome et informatisé. Cela suppose un travail spécifique important et nouveau d'écriture emprunté à des techniques narratives fréquemment utilisées dans le secteur multimédia (pour la production des jeux notamment).

Une fois ce niveau de modélisation atteint (et digéré), reste à définir sous quelle forme seront décrites l'ensemble des données de l'application, qui vont conduire à leur traduction en programme informatique.

En matière de **modèles de données**, des solutions simples sont toujours possibles et peuvent être combinées :

- des **instructions de sites** : documents fonctionnels légers décrivant les principaux aspects de l'application visée (contenus, navigation et interactions, graphisme) ;
- un **cahier des charges fonctionnelles : description détaillée en format texte des caractéristiques de l'application à concevoir** ;
- un **scénario multimédia** associant dans un même document des éléments de narration, et des spécifications de programme.

Si des problèmes existent pour chacun de ces formats de spécification, ils peuvent suffire si les programmeurs ont de solides compétences d'analystes, mais peuvent aussi conduire à des développements longs et coûteux lorsque les ambiguïtés de formulation se traduisent par des erreurs de programmation et nécessitent la réécriture complète du code.

Cette difficulté n'est pas propre au secteur de l'EAO : les produits interactifs en général souffrent d'une impossibilité à décrire de façon complète et universelle toutes les dimensions de leur narration, ce qui aboutit souvent à une confusion entre phase de spécification et phase de réalisation⁴.

Ne peut-on essayer d'aller au-delà, et rechercher un **modèle de données** pouvant être compris par tous les acteurs d'un projet informatique pédagogique ?

Malgré une mise en œuvre complexe, le langage UML (Unified Modeling Language) nous paraît mériter un examen approfondi dans le contexte des hypermédias d'apprentissage :

⁴ Voir l'article de Jean-Marc Laubin, Marie Escarabajal et Sylvie Leleu-Merviel. *Formats de scénarios : méthodes et outils pour l'écriture interactive*. Ds : H2PTM'99. Hermès, 2000. pp.159-183

- ce système de notation **graphique** est (en principe) compréhensible même par des non-informaticiens, et permet d'exprimer des modèles indépendamment du langage informatique choisi ;
- il est bien adapté à des **langages** informatiques (javascript, mais surtout java) et des logiciels (macromedia flash) orientés objet, qui sont aujourd'hui beaucoup sollicités dans le développement des applications pédagogiques ;
- il permet de représenter le système à concevoir selon différentes vues et notamment de représenter le fonctionnement du système vis-à-vis de l'utilisateur, ce qui est essentiel dans le cas d'une application pédagogique.

3. Quel objectif ?

Méthodes et modèles, qui constituent des étapes indispensables d'un programme de conception maîtrisé, doivent en même temps être accompagnés d'une définition d'objectif clairement opérationnel, si l'on veut obtenir en résultat une application conforme aux besoins exprimés en phase d'analyse.

Une application pour la formation en ligne, parce qu'elle se situe dans le champ de la pédagogie, devrait intégrer des méthodes de formulation d'objectifs, couramment utilisées en ingénierie pédagogique. Ce qui se traduit, pour chacune des séquences d'un module de formation par exemple, par la formalisation d'objectifs généraux, spécifiques et pédagogiques.

Mais cet effort souhaitable de clarification d'objectifs ne constitue pas un niveau d'explicitation suffisant, car il n'affecte que les parties rédactionnelles et scénaristiques de l'application. Notre recherche de formalisation d'objectif pour un projet de ce type vise en fait un tout autre domaine.

Posons comme postulat le fait que la consultation d'une application pédagogique informatisée doit entraîner une participation importante de l'utilisateur dans le mécanisme de déroulement de sa formation.

Si l'on veut pouvoir traduire en terme de programmation cet objectif pédagogique, il faut donc s'attacher à un objet qui matérialise le degré d'interaction entre un "apprenant" (vilain mot) et un programme informatique, et définit les actions possibles de l'utilisateur à un instant T : **l'interactivité du site.**

En s'inspirant d'une classification proposée en 1999 par Jean-Louis Weissberg⁵, on pourrait considérer qu'il existe trois grandes familles d'interactivité, qui constituent autant de degrés :

⁵ WEISSBERG, Jean-Louis. *Retour sur interactivité*. Revue des sciences de l'éducation, vol.25, n° 1, pp.167-199

- l'interactivité de commande (interactivité passive), qui met en place des dispositifs spectaculaires dans la scénographie des contenus, ce qui permet à l'utilisateur de jouer avec le programme ;
- l'interactivité langagière et corporelle (interactivité active), qui peut aller jusqu'à simuler des présences humaines dans l'application, et plus simplement offrir à l'utilisateur des possibilités d'agir dans le programme ;
- l'interactivité automatique (interactivité **adaptative**), qui entraîne la modification profonde ou la mutation du programme par certaines actions-utilisateur, ce qui permet alors à l'utilisateur d'**agir sur le programme**.

L'**interactivité adaptative** sera certainement à terme une révolution pour les hypermédias d'apprentissage. Le jour où l'on sera capable, dans des dispositifs simples et fiables, d'obtenir une reconfiguration complète d'un programme et de son contenu, en fonction du profil de l'utilisateur ou de l'expression de ses besoins, ces applications obtiendront peut-être sur certains points des performances supérieures à l'enseignement en salle de cours. Mais les expériences de ce type sont encore assez rares, et font appel à des technologies informatiques lourdes, liées au domaine de l'intelligence artificielle. Il s'agit encore d'un sujet relevant d'une recherche fondamentale ou appliquée qui échappe aux compétences des bibliothécaires, et n'offre pas pour l'instant de résultats très concluants.

L'**interactivité passive**, qui nécessitait-il y a encore peu de temps des prouesses de programmation, et permettait à certaines applications de se distinguer, peut être aujourd'hui largement développée autour de scripts automatisés fournis par des logiciels ou décrits dans des manuels d'apprentissages de langages dynamiques. Elle permet de masquer des informations, révélées par les actions-utilisateurs (effets roll-over, menus déroulants, ouverture de fenêtres, appels de programmes ou de contenus par activation de liens). Cette forme d'interactivité, pour élémentaire qu'elle soit, contribue à accroître le libre arbitre de l'utilisateur dans l'exploration du site : le contenu lui est donné, à la condition qu'il réalise les actions envisagées par le programme.

L'**interactivité active** constitue un degré supplémentaire dans le niveau d'imbrication entre utilisateur et programme. Elle s'exprime au travers de trois dimensions fondamentales (l'échange d'informations, l'incarnation corporelle, la communication verbale) et vise à la simulation d'une présence humaine dans le site ou plus largement d'un dialogue homme/machine. Cette approche n'est pas nouvelle, et est au contraire formidablement sollicitée depuis des années par les mécanismes d'identification mis au point dans les programmes de jeu.

Il semble que c'est sur ces formes d'interactivité que doivent se concentrer (se concentrent ?) aujourd'hui les projets de formation en ligne : personnalisation des échanges, assistants programmés, avatars, et dialogues orientés peuvent permettre de donner naissance à des

applications *vraiment* informatisées, sachant renoncer à ce qu'elles ne sont pas (des manuels d'enseignements ou des enseignants) pour tirer un meilleur profit de ce qu'elles sont en revanche : des systèmes de connexions (entre un utilisateur et un programme, entre des utilisateurs, entre des programmes, et plus génériquement entre des savoirs et des savoir-faire) disponibles 24H/24.

On peut atteindre dès maintenant ce niveau d'interactivité sans emprunter le chemin de l'intelligence artificielle, mais cela suppose sans doute de s'inspirer plus largement de l'industrie du divertissement informatisé. Qu'est-ce qu'on risque à essayer, sinon de découvrir que l'apprentissage n'est finalement pas une chose sérieuse ?

La conception et le développement du site DILIWEB ont cherché à manipuler ces questions autour d'un projet pédagogique concret :

- S'appuyer sur des **éléments de méthode** pour parvenir, avec des contraintes fortes en termes de délais et d'environnement de développement, à réaliser le programme envisagé
- Dédire des **modèles formels et pédagogiques** les programmes à développer
- Rendre présents sur le site **différents niveaux d'interactivité**, visant une plus forte implication des utilisateurs dans le déroulement de leur formation sur écran.

Les résultats ne sont certes pas tous exemplaires loin s'en faut : les enjeux en termes de contenus et de programmes dans une application de ce type sont lourds et encore très empiriques. Mais les premiers tests-utilisateurs réalisés sont encourageants, et l'inscription du projet dans une perspective pédagogique (coopération étudiants / enseignants / bibliothécaires) s'est déjà révélée bénéfique à plus d'un titre.

Les ajustements constants qui ont été et restent nécessaires confirment également le fait qu'il est par ailleurs aujourd'hui indispensable de systématiser et renforcer les retours d'expérience, pouvant constituer une aide formidable pour ceux qui tenteront à leur tour de contribuer aux améliorations de ces produits.

La formation en ligne est à la pédagogie ce que le saut à la perche est à l'athlétisme : un exercice de haute voltige en quête d'exploits qui se mesurent en centimètre(s). Mais que serait l'athlétisme sans ses perchistes ?

Pierre-Yves Cachard

12 juin 2001

Quelques exemples d'utilisation de documents pédagogique multimédia pris en formation de formateurs à la méthodologie documentaire.

Jean-Noël Gérard

BU Lettres, SCD Nancy II
Jean-noel.Gerard@bu.univ-nancy2.fr

Les logiciels ont été réalisés par le Service Commun de Documentation (trois sections intégrées en 1998, Lettres, Droit, Gestion) et le Centre de Ressources Informatiques de l'Université Nancy 2. Ils ont été écrits sous Authorware et nécessitent l'installation d'un « plug-in » sur le PC. Ils sont accessibles à l'adresse : <http://cours.univ-nancy2.fr/accueil/cadres/mediati.htm> avec des liens sur le site du SCD et le site Étudiant (cours en ligne).

1. Le contexte de création

Au niveau national, c'est tout d'abord la réforme des DEUG : les arrêtés de 1997 préconisent la création d'une unité d'enseignement de Méthodologie du travail universitaire pour le 1^{er} semestre de l'année universitaire proposant de mettre l'accent sur la lecture, la prise de notes, la recherche documentaire et l'élaboration d'un projet personnel.

Au niveau local, à partir de mai 1998, l'Unité de Formation et de Recherches de Langues et Littératures Étrangères, (500 étudiants en 1^{er} cycle) et le SCD, décident de collaborer pour proposer une initiation à l'utilisation de la documentation et des bibliothèques, dans le cadre de l'Unité d'enseignement 3 de Méthodologie du travail universitaire, avec l'aide d'enseignants et de tuteurs, à la rentrée 98.

Et, troisième facteur, l'ouverture du site Internet du Service Commun de la Documentation.

2. La réalisation s'appuie sur deux axes

Un constat : l'absence de familiarité des 1^o cycles avec les outils documentaires traditionnels – les catalogues sur fiches, les index, les répertoires... – ou plus récents, les catalogues informatisés. S'y ajoutent les difficultés de certains étudiants face à l'offre multiple en ressources documentaires : informatisation totale ou partielle des fonds, usage de nouveaux supports numériques, (cédérom),

développement d'Internet. Et l'absence, à l'époque, d'outils d'initiation sur *Formist : Serveur pour la formation à l'information scientifique et technique*. Depuis il y a *Cerise* que l'on recommande fortement aux étudiants.

Tout ceci entraîne **la création d'un groupe de réflexion et de travail** en mai 1998 composé d'enseignants de l'UFR, de personnels scientifiques du SCD et de Médial (Centre régional de formation aux métiers du Livre et des bibliothèques) et des responsables des bibliothèques du SCD pour déterminer le contenu des séances de cours : 8 séances de 2 heures consacrées à la recherche documentaire (les documents, les catalogues, les outils de recherche).

Dans le même temps, le groupe envisage de réaliser des outils et décide de monter un dossier pour obtenir des subventions de la Commission « Nouvelles Technologies Éducatives » de l'Université. Les modules, mis en ligne sur le serveur de l'établissement, pourront selon les besoins, servir de support au travail « présentiel » ou être utilisés en auto-formation.

Cette démarche rejoint celle du Centre de Ressources Informatiques de l'Université qui, dans le même temps, met à disposition des étudiants de plus en plus de salles informatiques et conçoit des logiciels d'apprentissage à la messagerie Eudora, à Netscape, à Excel, à Word sur le serveur étudiant de l'Université.

La formation est dispensée en septembre 1998 à un groupe de formateurs volontaires issus de l'UFR de langues (8 enseignants et 11 tuteurs, étudiants en maîtrise, pour 20 groupes de 25 étudiants) qui à leur tour assurent la formation des étudiants d'octobre à décembre.

La salle d'exposition de la BU Lettres est transformée pendant 2 mois en salle de formation, équipée d'un PC branché sur le réseau et d'un vidéoprojecteur.

Les quatre modules sont dédiés à :

- « À la découverte des documents » : des documents aux lieux qui les abritent
- « À la découverte des catalogues » : la façon d'accéder aux documents
- « Et si l'on s'intéressait au chocolat » : application d'une recherche documentaire
- « L'Internet sans risque » : utilisation des ressources Internet

Élaborés en fonction des besoins des cours, ces modules seront très vite appelés à devenir l'outil de référence pour tous les formateurs.

3. Les outils

Ces quatre logiciels fonctionnent avec Netscape ou Internet Explorer grâce à un « plug-in » qui s'installe une fois pour toute.

Parallèlement, et dans le cadre du même projet NTE, les trois grosses bibliothèques du SCD ont réalisé de 1999 à 2001, avec l'aide de Videoscop, service de production vidéo et multimédia de l'université, des visites virtuelles pour le repérage des salles, l'apprentissage du système de prêt, du classement ; la consultation de ces visites sur Internet peut ainsi compléter ou remplacer les traditionnelles visites.

En formation de formateurs, nous rappelons qu'il est bon qu'à chaque fin de séance, les enseignants montrent et commentent rapidement le module correspondant à la séance ou la visite virtuelle, en donnant les indications sur la façon de les retrouver sur le site Internet du SCD et en incitant les étudiants à la consultation autonome sur le réseau du Campus.

Lors de **la 1^{ère} séance**, les étudiants sont face à une table où sont empilés en désordre tous les types de documents. La consigne est de trier ces documents et de commenter ce tri. Le formateur doit rectifier les choix en insistant sur la typologie : livres, périodiques, rapports, thèses...

Lors du bilan de la 1^{ère} année, les formateurs ont constaté la nécessité d'animer plus fortement la séance. Nous envisageons, pour la rentrée, de débiter le tri par un questionnaire sur le « vécu documentaire » des étudiants et le dialogue pourra être complété par la consultation du 1^{er} module. Exemple :

La 2^{ème} séance doit démontrer l'importance des catalogues et de leur utilisation. A la BU Lettres, il reste beaucoup de notices à rétro-convertir dans les catalogues manuels. D'où la nécessité d'utiliser les catalogues sur fiches pour compléter la recherche dans le catalogue informatisé. La fin de la séance est donc consacrée à la projection de la partie du module concernant les catalogues sur fiches.

Il était important que l'on renforce l'exemple de la consultation d'un catalogue par l'explication rapide de la description du document. D'où la partie La notice de A à Z, qui explique la création d'une notice bibliographique.

La 3^{ème} séance est consacrée à la présentation du devoir : c'est un élément important dans la formation puisqu'il sert de contrôle. Dès le début des cours, les étudiants sont invités à choisir un sujet de recherche, qu'ils déterminent lors d'un échange avec leur responsable de cours. Le contrôle se fait sur un compte rendu écrit de recherche effectué sur le sujet choisi et présenté sur traitement de texte. Une grille de correction est établie, revue tous les ans. Seuls les enseignants sont habilités à faire l'évaluation. Certains formateurs et étudiants étant déroutés par ce devoir, le 3ème module a été réalisé pour donner un exemple de démarche de recherche commune à tous les groupes.

La 6^{ème} séance présente et permet la découverte des principaux dictionnaires et des encyclopédies. Cette séance est plébiscitée par les enseignants lors de la formation de formateurs. Elle est moins appréciée par les tuteurs et les étudiants (« Ils ont déjà vu au cours de leur scolarité, ils savent utiliser un dictionnaire... »)

Grâce au 3^{ème} module, le formateur peut expliquer l'utilisation de telle encyclopédie, (*l'Encyclopaedia Universalis* par exemple), en insistant sur l'importance de ces ouvrages de références dans une recherche.

Le formateur peut aussi revenir sur les citations des références bibliographiques de tels outils.

La 8^{ème} séance est la dernière du cycle, consacrée à Internet ; Internet est montré en dernier lieu, afin d'éviter que les étudiants s'y précipitent d'emblée et négligent les ressources locales. Le 4^{ème} module peut leur permettre de trier les adresses des sites qu'ils obtiennent lors d'une recherche sur un moteur.

Pour conclure

La réalisation progressive de ces modules – les deux premiers ont été disponibles en septembre 1999 et les deux autres en septembre 2000 – font que nous manquons encore de recul pour étudier leur pratique par les formateurs et les étudiants. Nous avons demandé la pose d'un compteur sur le site pour pouvoir évaluer le nombre de connexions en auto-formation sur les postes du réseau du Campus. Ces modules sont aussi présents par différents liens sur d'autres sites Internet de l'université, tel le « site étudiant », ce qui renforce leur visibilité.

Des exemples montrent que les visites virtuelles sont de plus en plus sollicitées dans les établissements – il y a un poste dédié uniquement pour cette consultation dans le hall d'accueil des bibliothèques. (Je pourrai en faire une présentation lors des pauses prévues).

Les évaluations globales réalisées chaque année montrent que les formateurs et étudiants familiarisés avec l'informatique savent utiliser facilement les modules et la visite. Les autres hésitent face à ce qu'ils ressentent comme des difficultés : validation de leur inscription sur le réseau du campus avec leur numéro de scolarité, choix du logiciel, chargement du « plug-in » quand il n'est pas déjà présent sur le poste, même si cela est rapide.

Dans ce même cadre de la Méthodologie du Travail Universitaire, nous sommes aussi contactés par des enseignants d'autres UFR pour des visites de la bibliothèque ou des présentations de ressources documentaires.

Nous présentons toujours, même brièvement, les modules et les visites virtuelles, en insistant sur le fait que les étudiants peuvent y retourner seuls.

Nous faisons de même avec les étudiants plus avancés de l'École doctorale ou ceux de l'IUT Métiers du livre ou avec le personnel engagé dans des formations à des concours.

Ces modules peuvent être facilement corrigés ou mis à jour, ce qui est aussi très rassurant.

Cette année encore, nous redirons la nécessité d'utiliser les modules en formation tutorée, présentés en fin de séances pour faire un bilan ou au début de chaque cours, pour rappeler ce qui a été vu ou appris précédemment. Nous rappellerons aussi la possibilité de les utiliser en autonomie. Ceci pour garder l'unité de contenu de la formation et la rendre indispensable pour une bonne maîtrise de la documentation.

Jean-Noël Gérard, le 29 mai 2001.

La conception ergonomique de documents pédagogiques multimédia

André Tricot

Chercheur associé au Laboratoire Travail et Cognition, UMR 5551
CNRS / Université de Toulouse-le-Mirail

CERFI, IUFM de Midi Pyrénées – 56 avenue de l'URSS, 31 078
Toulouse cedex 4

andre.tricot@toulouse.iufm.fr

Avertissement : une version longue de ce texte doit être publiée sous la forme d'un chapitre de l'ouvrage de Guy Boy *L'Ingénierie Cognitive : IHM et Cognition*, à paraître aux éditions Hermès Science.

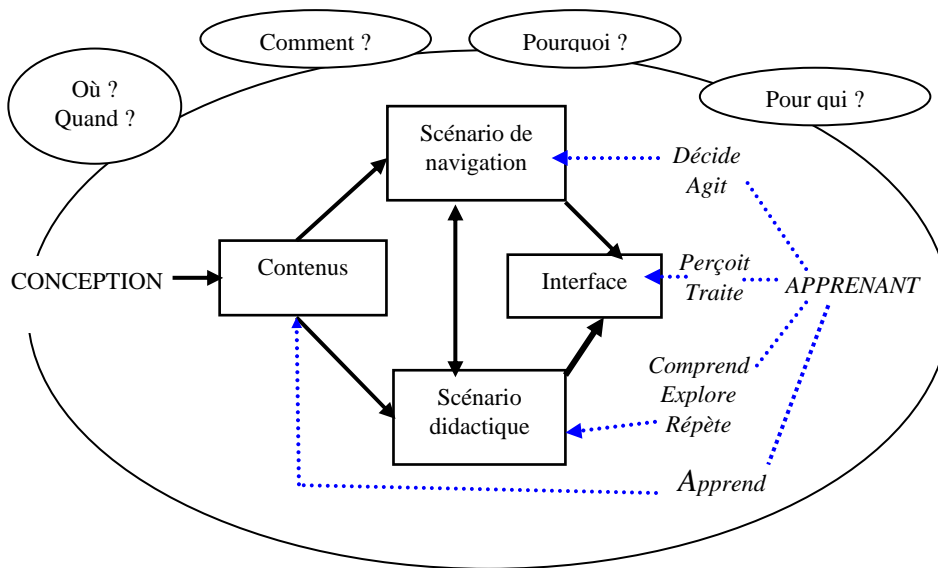
1. Position du problème

En ingénierie des systèmes d'information, il est assez classique de distinguer différents niveaux de problèmes, dont celui des contenus, celui des interactions et celui de l'interface (*e.g.* [NAN 98 ; CAC 95]). On aborde ces aspects de la conception quand on a défini certains préalables, comme :

- les objectifs du système (pourquoi ?) ;
- les utilisateurs visés (pour qui ?) ;
- les tâches à réaliser par les utilisateurs (comment ?) ;
- les conditions d'utilisation du système, en termes de temps, de lieu, de ressources humaines ou informationnelles disponibles au moment de l'utilisation (où et quand ?), les ressources disponibles pour la conception elle-même, ainsi que les contraintes qui pèsent sur elle, en termes de temps, de moyens, etc.

Si je ne discute pas de ces préalables, ce n'est pas parce qu'ils ne sont pas importants. Ils sont au contraire absolument fondamentaux. Ils constituent le cadre dans lequel le processus de conception va pouvoir se réaliser. Il me semble que, dans le domaine des apprentissages, ces préalables, en particulier la description des tâches et des conditions d'utilisation sont parfois oubliés, expliquant une bonne part des échecs dans ce domaine. Dans le schéma suivant, j'ai voulu représenter les principaux aspects d'un document pédagogique multimédia, tels qu'ils sont conçus par le concepteur et traités par l'apprenant.

Figure 1. Espace de conception d'un document pédagogique multimédia



Les contenus

Le niveau des contenus concerne les données¹, la structure et le grain de ce que l'on veut faire passer. Si, par exemple, on veut concevoir un environnement informatisé sur les métiers pour l'information des élèves de fin de collège, le niveau des contenus consiste en une liste des catégories de métiers que l'on veut traiter (alimentation, textile, informatique, etc.), une liste des métiers que l'on veut traiter au sein de chaque catégorie (boulangier, boucher, charcutier, etc.), des descripteurs de ces métiers (tâches, conditions de travail, salaire, etc.), de la structure générale de ces trois niveaux (par exemple : les catégories, objets et descripteurs des objets forment une arborescence stricte), du contenu et de la taille de chaque item (par exemple : les tâches sont décrites par 5 textes de 80 mots et 3 photographies). À ce niveau, la conception doit essentiellement traiter :

- L'extraction des données : Qui connaît bien le domaine ? Où sont les sources ? Dans quels documents peut-on trouver des données pertinentes ? Ces documents ont-ils une structure et un contenu compatibles avec ceux qui sont envisagés dans l'application développée ? Comment extraire et re-structurer les données ? etc.
- L'adaptation à l'utilisateur : Ces contenus intéressent-ils les utilisateurs ? Répondent-ils à leurs questions ? La structure et la granularité envisagées leur

¹ Par « données » je désigne des instructions relatives à un contenu à transmettre, stockées sur un support pour que l'utilisateur construise du sens. Les « connaissances » sont du côté de l'être humain, elles sont la source et le résultat de son activité cognitive (interprétations, concepts, savoir-faire, souvenirs, etc.). Les « informations » sont des contenus ou des événements qui ont permis à l'utilisateur de construire une connaissance nouvelle.

sont-elles familières ? Les textes (lexique, syntaxe, référents pragmatiques) et les images choisis sont-ils compréhensibles ? etc.

L'interaction... ou les interactions

Le niveau des interactions définit la façon dont l'utilisateur va interagir avec les données présentées. Il définit un scénario : l'ensemble des choix, des fonctionnalités et des contraintes qui sont proposés ou imposés à l'utilisateur dans l'utilisation du système d'information. Le niveau des interactions définit donc, de façon plus ou moins rigide, l'ensemble des séquences d'actions possibles pour l'utilisateur, la ou les chronologies d'utilisation. Si j'emploie le pluriel, c'est qu'il me semble qu'il est tout à fait opportun, dans le domaine des apprentissages, de concevoir deux niveaux d'interaction, celui de l'apprentissage et celui de l'utilisation, correspondant à deux niveaux de tâches :

- Le scénario didactique, qui concerne la façon dont les contenus sont représentés et structurés pour permettre à l'apprenant de construire des connaissances nouvelles et re-mobiliser des connaissances anciennes dans le domaine de contenu abordé.
- Le scénario de navigation, qui concerne l'ensemble des fonctionnalités qui permettent à l'utilisateur d'utiliser le système d'information, les contraintes qui pèsent sur les accès aux informations.

Si, par exemple, on veut concevoir une banque d'exercices mathématiques pour la révision des équations du second degré, le scénario didactique pourrait consister à définir une progression des cas simples vers les plus complexes, à définir un ensemble d'allers - retours possibles entre des exercices et des explications sur les notions qui se rapportent aux exercices et, enfin, à définir un système d'analyse et de correction des réponses faites par les élèves. Le scénario de navigation pourrait, quant à lui, définir l'accueil qui est fait aux élèves (présentation des objectifs et des consignes), la possibilité ou non d'accéder à une table des matières, un index, un thésaurus, des liens locaux entre exercices analogues, etc. Ces deux niveaux d'interaction doivent être « visibles », au sens de Norman². J'ajoute que les deux niveaux d'interaction doivent être « transparents » et strictement compatibles entre eux.

² La visibilité : dans un avion, les choses doivent être visibles ; il doit exister une bonne relation entre les commandes et leurs effets, entre les buts et les besoins du pilote et les fonctions disponibles ; une commande a souvent une seule fonction ; il existe un bon feed-back et le système est compréhensible ; en général, les relations entre les buts de l'utilisateur (du pilote), les actions requises et les résultats sont sensés et non arbitraires, et ont toujours un sens. Dans le cas des magnétoscopes, il n'y a pas de structure visible qui permette une programmation facile. Les relations entre les commandes et leurs effets sont souvent perçues comme arbitraires, les buts des utilisateurs ne trouvent pas d'image directement manipulable sur les boutons et les écrans qui constituent l'interface. Plusieurs commandes ont des fonctions multiples. Le feed-back est très

- La qualité de transparence : une navigation transparente doit permettre à l'utilisateur de ne jamais se poser les deux questions suivantes : « Pourquoi donc y a-t-il ceci après cela ? » et « Mais où est donc passé ceci ? ». Cette interaction est dans l'idéal implicite : l'utilisateur n'a pas à se rendre compte qu'il y a un « scénario de navigation ».
- La compatibilité : les deux niveaux d'interaction sont compatibles si le scénario de navigation permet un ensemble d'actions qui ont du sens dans le scénario didactique, ne le contredisent pas. Par exemple, on peut imaginer un scénario de navigation pour notre banque d'exercices, fondé sur la présence d'une table des matières dans une fenêtre à gauche de l'écran. Cette table des matières doit être cohérente avec la progression des exercices. Si, d'un point de vue didactique, la progression doit être strictement respectée, alors il faut définir une contrainte sur la table de matières, de sorte que tout exercice n ne soit atteignable que si et seulement si les exercices de niveau $n-1$ ont été traités avec succès. Une scénario de navigation fondée sur une indexation alphabétique des titres des exercices serait au contraire difficilement compatibles avec le scénario didactique. Ce qui n'enlève rien à la qualité intrinsèque des index alphabétiques.

L'interface

L'interface concerne la présentation des contenus et des fonctionnalités qui vont être directement perceptibles et traitées par l'utilisateur. Elle est, d'une part, la mise en œuvre des décisions de conception prises aux niveaux précédents. D'autre part, elle intègre un ensemble de données et de modalités de présentation de ces données de sorte que la perception, la compréhension et l'action de l'utilisateur soient aisées. Si ce dernier niveau est aussi important que les précédents, on peut regretter qu'il attire parfois plus l'attention. Il peut constituer une sorte de domaine de validité limité de la compétence des ergonomes (parfois définis comme des spécialistes des interfaces ou des spécialistes de l'utilisabilité). En effet, en conception, chaque niveau n est au service du niveau $n-1$ (l'interface est au service du scénario de navigation, qui est au service du scénario didactique, qui est au service des contenus, qui sont au service de la construction de connaissances par l'utilisateur). De sorte qu'en améliorant l'interface, voire l'utilisabilité d'une application, on ne garantit absolument pas la réussite des niveaux inférieurs, on ne garantit pas l'utilité de l'application, on ne garantit aucun apprentissage. L'ergonomie et l'ingénierie cognitive ont donc

pauvre, de telle sorte que l'utilisateur n'est jamais sûr que le résultat désiré a été obtenu. En général, le système n'est pas facilement compréhensible

pour objet l'ensemble des aspects de la conception et de l'utilisation, dans le domaine des apprentissages comme ailleurs.

2. Résultats significatifs

Les contenus, leur grain et leur structure

Le premier résultat qui vaut d'être mentionné relève de l'évidence : les contenus sont d'autant plus faciles à traiter et à comprendre qu'ils sont familiers aux apprenants. L'effet de l'expertise des sujets sur cette plus grande facilité est au départ très simple : plus un sujet est expert dans un domaine, moins le traitement d'un environnement dans ce domaine va être cognitivement coûteux pour lui. Ceci est généralement interprété ainsi : l'expertise dans un domaine de connaissance se traduit par l'acquisition de schémas dans ce domaine de connaissance ; comme la mobilisation d'un schéma en mémoire de travail (MDT) ne représente pas plus de coût que la mobilisation d'une information simple, le traitement d'une situation dans un domaine où le sujet est expert va utiliser peu de place en MDT.

Ce lien entre expertise des sujets et domaine de contenu est particulièrement sensible aux effets de redondance. Quand deux informations redondantes sont présentées à un sujet, la charge cognitive est plus importante que quand une seule de ces informations est présentée. Ce résultat a été répliqué par Sweller et ses collaborateurs (*e.g.* [KAL 98]) avec des problèmes d'apprentissages en électricité, en géométrie, etc. L'effet de la redondance est un problème assez ancien en psychologie, il précède les travaux sur la charge cognitive et il a occupé de nombreuses équipes dans des domaines assez différents (mémoire, perception, apprentissage... sur des matériels textuels, imagés et sonores). Le problème posé par l'étude de cet effet réside dans la définition de la redondance, qui, selon toute vraisemblance ne peut pas être considérée seulement de façon intrinsèque à la situation, mais dépend largement du niveau d'expertise du sujet dans le domaine de la situation traitée : une information redondante pour des sujets connaissant le domaine de contenu (donc gênante pour eux) n'est pas redondante pour des sujets ne connaissant pas ce domaine de contenu (donc peu gênante voire facilitante pour ces derniers).

Le grain des données est un problème délicat à aborder : les textes courts sont difficiles à traiter, les textes longs sont fatigant à lire sur écran. Les travaux de Caro et Bétrancourt [CAR 98] conduisent à penser que, pour l'essentiel, les textes courts (moins de 100 mots) donc la fonction est secondaire (exemples, définitions, cas particuliers, etc.) ne posent pas de problèmes particuliers : ils remplissent correctement leur rôle de texte secondaire. Les textes longs doivent être évités (ou

imprimés). Il est possible de transformer certains textes longs en hypertextes, en distinguant le texte principal, affiché à l'écran, des textes secondaires, activés par des liens.

J'ai publié deux synthèses [TRI 95b ; TRR 99] sur les principaux résultats empiriques concernant la structure des contenus. En voici un résumé.

Une organisation hiérarchique (quand on la compare à un index alphabétique) permettrait aux utilisateurs de se construire une meilleure représentation de l'architecture du système, les satisferait plus, structurerait les connaissances de façon plus exacte et faciliterait la navigation. En revanche, l'organisation hiérarchique paraît moins efficace quand la tâche implique des relations entre les nœuds de contenu. De plus, c'est ce type d'organisation qui entraînerait le plus d'ouvertures de nœuds non pertinents.

Une organisation linéaire entraîne de faibles performances, mais peut être améliorée : par exemple avec une table des matières et un index, ou avec un plan interactif. Des études montrent que dans certaines situations, une organisation linéaire permet de répondre rapidement et efficacement aux questions. Cependant, le nombre de mots lus est plus important qu'avec un même texte organisé en réseau hypertextuel. Cette organisation semble particulièrement bien adaptée à une première utilisation. Une étude montre que les utilisateurs préféreraient le linéaire mais comprendraient mieux avec le hiérarchique.

Les organisations de type réseau, véritablement hypertextuelles, produisent des résultats divergents. Pour des questions nécessitant de faire des liens entre plusieurs nœuds, l'utilisation de ce type d'organisation s'est révélée plus rapide dans l'étude de Wright et Lickorish [WRI 90], mais pas dans celle de Mohageg [MOH 92]. Par ailleurs, l'organisation en réseau favoriserait le phénomène de looping (le fait de repasser plus de trois fois par le même nœud), et serait spécifiquement inadéquate aux utilisateurs novices du système ou du domaine de connaissances. Ainsi, un véritable hypertexte est difficile mais des améliorations sont possibles, dans la définition même des mots-clés ou dans l'élaboration de bons mécanismes d'interrogation. Enfin, j'ai montré que [TRI 95a], dans une tâche de compréhension de l'ensemble du corpus de connaissances (tâche d'exploration exhaustive), on pouvait définir des limites à la structure du réseau au-delà desquelles la baisse de compréhension est significative. Ces limites sont de l'ordre de 4 pour le niveau de largeur (la largeur est définie par le nombre de liens qui partent d'un nœud) et de 4 pour le niveau de profondeur (la profondeur est le nombre de nœuds que l'on peut ouvrir « à la suite » sans retour en arrière).

Le scénario de navigation

Un grand principe de conception du scénario de navigation a été proposé par Bernstein [BER 93] : le scénario de navigation doit refléter le type d'usage envisagé. Cet auteur a proposé de distinguer « l'*information mining* qui conçoit qu'une information pertinente est une ressource de valeur qui doit être extraite efficacement et raffinée (...) ; l'*information manufacturing* qui conçoit l'acquisition, le raffinement, l'assemblage et la maintenance d'information comme une entreprise continue (...) ; l'*information farming* qui conçoit la « culture » de l'information comme une activité continue et collaborative conduite par des groupes de personnes travaillant ensemble à la réalisation de but changeant, individuels et communs » (p.242, ma traduction). La première activité correspond aux systèmes de recherche d'informations, la deuxième aux documents pédagogiques multimédia (par exemple) et la troisième à la tradition « romantique » des hypertextes (Engelbart, Nelson) qui est parfois visible aujourd'hui sur le Web. Bernstein fait très justement remarquer que les critères d'évaluation (on pourrait rajouter les principes de conception) de ces trois activités sont radicalement différents, et qu'à partir du moment où l'on veut avoir une activité dans un système qui n'est pas prévu à cet effet, la démarche est vouée à l'échec.

Depuis la publication de Bernstein, la littérature empirique sur les effets de caractéristiques, fonctions ou contraintes de scénario de navigation sur l'activité des utilisateurs devient conséquente. On peut, d'après ces résultats empiriques, formuler une sorte de principe : « le scénario de navigation doit être adapté aux différents formats de connaissances mobilisées lors des différentes phases d'utilisation d'un document pédagogique multimédia ». Tricot et Bastien [TRI 96] par exemple, développent cet argument en s'inspirant des réflexions d'Inhelder et Cellérier [INH 92]. Pour eux, l'apprentissage se définit largement comme une contextualisation de connaissances. Dès que l'on sort du cadre scolaire pour s'intéresser aux adultes (e.g. [MYL 88 ; NOR 92]), on observe que l'abstraction et la généralisation sont quasiment des particularités des apprentissages scolaires. Les connaissances utilisées par les adultes en situation professionnelle sont largement contextuelles, fonctionnelles et concrètes. Cette contextualisation passe par des phases d'exploration et de compréhension d'un corpus de connaissances, ainsi que par la fonctionnalisation de connaissances lors d'exercices. Pour ces auteurs (voir aussi [BAS 97]), la difficulté de la conception d'un document pédagogique multimédia réside dans la différence des formats de connaissances, selon qu'il s'agit d'un corpus de connaissances à explorer (connaissances rationnellement organisées), à transformer (exercices) ou à réutiliser en situation (connaissances fonctionnelles).

On a pu évaluer l'efficacité et les limites des différents outils d'interaction (fonctionnalités) : index, table des matières, boutons plein textes, tourne pages, bookmarks, web views, cartes, fish

eyes views, etc. [DEE 96 ; HOL, 92 ; REA, 94 ; TRI 93]. Quelques résultats ont été répliqués, dont les deux suivants.

Certaines fonctionnalités ont une efficacité spécifique à telle ou telle tâche : par exemple, un index est efficace pour une recherche d'information où la cible est précise et connue de l'utilisateur, et permet en général une plus grande exhaustivité dans la consultation.

L'ajout de fonctionnalités a un effet de surcharge cognitive. Dans une série de recherches expérimentales, Wright et Lickorish ont bien illustré ce paradoxe : quand on propose trop d'outils pour l'aide à la navigation et à la recherche d'informations, on gêne l'utilisateur plus qu'on ne l'aide [WRI 91 ; WRL 90 ; WRL 94]. Selon ces auteurs, deux raisons expliquent ce constat :

- l'ajout de fonctionnalités surcharge l'écran, rendant impossible la perception de toutes les fonctionnalités, notamment en début de consultation du système ;
- l'ajout de fonctionnalités surcharge l'apprentissage, car l'utilisateur doit découvrir et apprendre le fonctionnement de chacune de ces fonctionnalités.

Dans le domaine des apprentissages, l'aspect du scénario de navigation le plus étudié est certainement la « carte de contenus ». Cette fonctionnalité, qui permet de représenter la structure générale des contenus et donne accès à ces contenus, semble en effet très intéressante, notamment pour les tâches qui impliquent la compréhension d'un ensemble structuré de contenus. Pourtant, de nombreux résultats empiriques montrent que la carte de contenus peut avoir un effet négatif, notamment quand on la compare à une simple table des matières (*e.g.* [OOS 98]). Stanton, qui a publié de nombreux résultats dans ce sens, interprète cet effet limité comme une pauvreté de la conception (*e.g.* [STA 00]) : pour cet auteur, dans bien des cas, la carte de contenus masque tout simplement l'absence de conception d'un véritable scénario didactique.

Le scénario didactique

La littérature empirique sur des comparaisons entre documents pédagogiques multimédia proposant des scénarios didactiques différentes est très limitée ou m'est inconnue. Pourtant, hors du champ des documents pédagogiques multimédia, de nombreux résultats ont été publiés. Par exemple, Tuovinen et Sweller [TUO 99] ont comparé les performances de deux groupes d'étudiants qui doivent apprendre à concevoir une base de données. Le premier groupe suit un scénario d'« apprentissage par la découverte » tandis que le second groupe suit un scénario d'apprentissage plus classique de type « Cours + Exercices corrigés + Exercices ». Les étudiants du premier groupe doivent résoudre par eux-mêmes les problèmes, essentiellement pratiques, qu'ils se posent eux-mêmes, tandis que ceux du second groupe suivent un programme pré-établi de cours et d'étude de

problèmes déjà résolus. Les résultats montrent que le premier groupe a des résultats moins bons que le second. Ce résultat ne concerne évidemment que cette tâche.

Le manque de résultats empiriques dans le domaine des scénarios didactiques pour documents pédagogiques multimédia ne doit pas occulter que des résultats sont disponibles dans un domaine très proche : celui des effets de la structure rhétorique sur le traitement des documents. Ce type de résultat a été remarquablement mis en évidence par Dillon [DIL 91], qui a par la suite publié une synthèse sur cette question [DIL 96]. Selon Dillon, lorsque le lecteur - utilisateur interagit avec une structure rhétorique connue, il peut localiser les informations recherchées. Par exemple, dans un article scientifique, le lecteur habitué à lire des articles scientifiques sait qu'il va trouver l'hypothèse principale de l'auteur dans l'introduction : on peut très bien modifier la structure de l'article et mettre l'introduction à la fin, ou en faire un hypertexte non-hiérarchique, de toute façon il sait que s'il veut trouver l'hypothèse principale de l'auteur il faut qu'il cherche dans l'introduction. À l'opposé, un lecteur non-habitué aux articles scientifiques ne cherchera pas nécessairement l'hypothèse principale dans l'introduction, que la structure de l'article scientifique soit respectée ou non. L'équipe de Perfetti à Pittsburgh (*e.g.* [BRI 96]) a montré que l'on retrouvait cet effet dans des ensembles de textes multi-sources (par exemple un ensemble de textes en rapport avec une controverse historique) : il y aurait un traitement de la structure rhétorique à partir du moment où dans un ensemble de textes le lecteur sait identifier la nature / le rôle de chaque texte dans l'ensemble.

Les recherches de Dillon et celles de l'équipe de Pittsburgh ont donc permis d'envisager clairement deux niveaux dans l'interaction : le scénario de navigation, c'est-à-dire l'ensemble des choix ou des manipulations possibles dans le système à un moment donné ; la rhétorique, qui concerne l'organisation sémantique du contenu et qui définit la possibilité d'accéder à des connaissances selon des objectifs, qui sont d'autant mieux atteints que l'utilisateur est familier de la structure rhétorique du document. C'est ce second niveau que, dans le contexte des documents pédagogiques multimédia, j'ai choisi d'appeler scénario didactique.

On peut donc regretter le manque de résultats empiriques. Mais on peut aussi envisager que ces résultats empiriques risquent d'être difficiles à obtenir pour une raison fondamentale : ils seront nécessairement relatifs aux types d'apprentissages envisagés. Tel scénario didactique n'est pas meilleur ou moins bon qu'un autre : son efficacité est strictement dépendante du format et du contenu de la connaissance à transmettre. Or, dans le domaine des documents pédagogiques multimédia, de nombreux auteurs pensent que les développements intéressants concernent des formats et des contenus de connaissances que l'on a des difficultés à transmettre sans document pédagogique multimédia. La comparaison deviendrait encore plus difficile ou vide de sens.

En bref donc, les résultats dans ce domaine manquent, mais en obtenir risque d'être long et difficile. Du côté de l'interface, au contraire, de nombreux résultats empiriques sont disponibles à propos des effets des formats de présentation sur la compréhension ou la mémorisation. Je vais maintenant rendre compte de quelques uns de ces résultats.

Formats de présentation

Des recherches de plus en plus nombreuses sont consacrées aux effets de l'utilisation simultanée de différents médias (textes, images fixes, images animées, sons) sur les apprentissages (voir le numéro spécial coordonné par Jamet [JAM 98]), notamment dans des documents pédagogiques multimédia.

2.4.1 Illustrer le texte par des images

Merlet [MER 98] a établi une synthèse des différents travaux consacrés au rôle des illustrations. Elle souligne que de nombreuses recherches ont mis en évidence les effets facilitateurs des images adjointes à un texte sur la compréhension et la mémorisation de celui-ci. La motivation principale de beaucoup de ces études est de déterminer le rôle des illustrations sur l'acquisition de connaissances et/ou la résolution de problèmes. Les textes manipulés sont le plus souvent présentés par écrit et la méthodologie la plus courante consiste à comparer deux modes de présentation du matériel (texte seul vs. texte illustré) quant aux performances à des tâches d'apprentissage. L'effet obtenu est très robuste : les textes illustrés sont mieux compris que les textes seuls.

L'ensemble de ces travaux permettent d'attester de la robustesse des effets observés. Ces travaux mettent en effet en jeu des sujets d'âges différents, en particulier des enfants et des adultes, des textes narratifs, expositifs ou encore instructionnels présentés oralement ou par écrit, différents types d'illustrations remplissant différentes fonctions ainsi qu'une grande variété de procédures d'évaluation. Ainsi, le rôle bénéfique des illustrations sur la mémorisation et la compréhension de textes, tel qu'il a pu être évalué dans un grand nombre de recherches, apparaît difficilement contestable. Cependant, les mécanismes et les processus à l'origine de ces effets n'apparaissent pas toujours évidents, dans la mesure où ces études demeurent souvent à un niveau largement descriptif. Pour Merlet, c'est pour cela que, depuis une dizaine d'années, les recherches prennent une nouvelle orientation : on s'attache désormais, non pas simplement à mettre en évidence l'effet facilitateur des illustrations sur la compréhension, mais à comprendre les mécanismes cognitifs responsables de ces effets et à élaborer un cadre théorique précis susceptible de rendre compte aussi bien des effets bénéfiques de l'illustration, que de son absence d'effet voire de ses effets néfastes (voir en

particulier les travaux conduits actuellement au laboratoire de psychologie expérimentale de l'Université Paris V par Gyselinck et ses collaborateurs [GYS 96 ; GYS 99 ; GYS 00 ; GYS inp]).

2.4.2 Intégrer le texte dans l'image

Une recherche célèbre de Sweller et ses collaborateurs [SWE 90], montre que l'adjonction de textes (commentaires, formules, définitions) dans une image (figure géométrique par exemple) facilite la compréhension de celle-ci. Pour ces auteurs, ce phénomène s'expliquerait par un amoindrissement de l'effet de partage de l'attention. Les sujets comprennent mieux que tel paragraphe « intégré » concerne tel aspect de l'image que quand le paragraphe est « noyé » dans un texte à côté ou au-dessous de l'image. Cet effet a été répliqué dans des disciplines aussi diverses que l'ingénierie électrique, la biologie, la physique, la rédaction de rapports, les mathématiques ou l'informatique par Sweller et son équipe, ainsi que par Wickens et ses collaborateurs [WIC 90 ; BOL, 87 ; WIC 87], qui ont énoncé un principe de « proximité de présentation ». Kalyuga, Chandler et Sweller [KAL 98] ont aussi montré qu'avec des sujets d'un bon niveau d'expertise dans un domaine donné, l'effet de partage de l'attention n'est pas éliminé ni même amoindri par les techniques d'intégration texte-image. En comparant ces sujets avec des sujets novices pour les mêmes tâches dans les deux conditions « matériel classique » et « matériel intégré », on se rend compte qu'en fait ce n'est pas tant que l'effet de partage de l'attention n'est pas éliminé avec les sujets experts en condition « matériel intégré ». C'est plutôt qu'il n'y a pas ou peu, avec ces sujets, d'effet de partage de l'attention en condition « matériel classique » (ou en tout cas pas de difficulté à traiter des sources d'information disparates).

Les recherches sur l'intégration texte – image ont fortement bénéficié de la technique des fenêtres escamotables (les *pop up windows*). Le lecteur en prend connaissance en cliquant sur un bouton ou une partie de l'image. Une petite fenêtre comprenant généralement du texte apparaît alors au premier plan. L'utilisateur peut la faire disparaître facilement et revient ainsi à sa fenêtre principale restée active. Ce dispositif facilite le traitement cognitif d'un document texte-figure et ne perturbe pas l'apprentissage par rapport à une présentation où les deux sources d'information sont présentes en permanence sur l'écran (voir [BET 98]). De ce fait, les fenêtres escamotables peuvent être préconisées dès l'instant où texte et figure doivent être utilisés de manière complémentaire pour comprendre le document ou exécuter la tâche décrite dans le document.

2.4.3 Utiliser deux modalités sensorielles plutôt qu'une

Si l'élimination de l'effet de partage de l'attention améliore l'apprentissage en baissant la charge de la mémoire de travail, Mousavi, Low et Sweller [MOU 95] suggèrent qu'un même effet positif peut être obtenu en augmentant la taille de la mémoire de travail effective. Ces auteurs suggèrent que,

pour atteindre ce type de but, il faut utiliser des présentations didactiques en mode duel, *i.e.* dans lesquelles les diverses sources d'information qui requièrent d'être intégrées sont présentées selon des modalités sensorielles différentes (auditive et visuelle). Ils ont montré qu'une figure géométrique présentée visuellement et commentée oralement améliore l'apprentissage par rapport à une présentation conventionnelle (figure et texte présentés en mode visuel).

Sweller et ses collaborateurs ont montré que cet effet de présentation en mode duel n'existe que quand le matériel est difficile à traiter, *i.e.* quand il entraîne un coût cognitif élevé à cause d'un nombre important de points de la figure commentés par un texte. Les auteurs qualifient ce type de situation comme possédant un haut niveau d'interactivité. À l'inverse, dans les configurations à faible degré d'interactivité, il y a peu de points de la figure qui sont commentés [TIN 97].

2.4.4 Représenter les niveaux d'information d'un texte

Le double-traitement simultané d'informations générales et d'informations de détail est difficile. C'est pourquoi les fenêtres escamotables sont tellement intéressantes : c'est l'utilisateur qui choisit le moment où il veut ajouter tel ou tel média à l'écran en cours de traitement [BET 92]. La fenêtre escamotable permet de diminuer la densité de texte présent de façon permanente à l'écran en affichant, si besoin, des informations complémentaires sans quitter son environnement de travail. De nombreuses études expérimentales sur l'effet de ce dispositif sur le traitement cognitif du texte ont été répertoriées par Bétrancourt et Caro [BET 98]. Ces auteurs montrent que l'utilisation des fenêtres escamotables sur écran est bénéfique pour des informations qui seront mieux mémorisées (si elles sont consultées) : définitions, explications, exemples et non pas pour des informations indispensables à la tâche à effectuer conformément au texte. Pour les lecteurs expérimentés dans l'activité décrite par le texte, les fenêtres escamotables ne seront pas ou peu ouvertes car les lecteurs connaissent déjà les définitions et informations explicatives concernant leur activité. En revanche, les lecteurs inexpérimentés pourront consulter les fenêtres escamotables pour acquérir les connaissances nécessaires à la réalisation de la tâche. On peut aussi utiliser des fenêtres escamotables quand il est nécessaire de trouver rapidement des informations. Une fois que les utilisateurs ont appris à utiliser ce système de fenêtrage, ils sont capables d'accéder à l'information plus rapidement [CAR 95].

2.4.5 Utiliser des images animées ?

L'insertion de l'animation dans les configurations texte / image constitue un apport intéressant mais délicat à aborder dans le domaine des apprentissages. Ainsi Lowe [LOW inp] s'intéresse à l'apprentissage de la « lecture de cartes » par des étudiants en météorologie. Il a montré que si l'intégration texte / image statique présente de nombreux désavantages dans ce domaine

d'apprentissage (les étudiants ne « comprennent » pas les dimensions spatiales et surtout temporelles des cartes qui leur sont présentées), l'insertion de l'animation pose aussi des problèmes : entre autres celui d'attirer l'attention sur les « effets massifs » (mouvement d'une grosse masse nuageuse par exemple) au détriment des détails ou des informations stables. Ces résultats vont dans le sens de Mayer et ses collaborateurs [MAY 91 ; MAY 92], qui ont montré, après d'autres, que les présentations audiovisuelles simultanées sont plus efficaces que les présentations audiovisuelles séquentielles.

2.4.6 Utiliser la réalité virtuelle ?

Un dernier format de présentation, très « prometteur », consiste à utiliser les techniques de la réalité virtuelle pour représenter des objets, des concepts, des situations de travail ou de communication. De nombreux auteurs ont pensé que ces techniques pourraient permettre de concevoir des environnements d'apprentissages plus proches de la réalité que les matériels didactiques classiques (documents papiers ou électroniques essentiellement) ou représenter des objets (concepts) impossible à représenter dans des situations dites « réelles ». Un autre argument souvent avancé considère la possibilité d'action de l'apprenant comme plus grande dans ces environnements virtuels qu'avec les documents classiques. Pourtant, il semble que peu de ces auteurs aient réussi à produire et à répliquer des résultats empiriques qui attesteraient (ou invalideraient) ces effets bénéfiques. La recherche d'Antonietti et Lantioia [ANT 00] constitue une des rares exceptions. Ces auteurs ont proposé une tâche d'étude de tableaux de peintres inconnus à des étudiants, qui, pour la moitié d'entre eux, étaient « immergés » dans un musée virtuel, alors que les autres étudiaient les mêmes œuvres sur des collections de photographies. Les auteurs montrent que le format de la réalité virtuelle permet aux étudiants de se poser des questions différentes, d'essayer de comprendre le « pourquoi ? » et le « comment ? » du tableau, tandis que les étudiants du second groupe restent plus descriptifs (le « quoi ? »).

3. Discussion générale

Globalement les résultats concernant les documents pédagogiques multimédia sont positifs, au moins en apparence : les environnements multimédias actuels utilisés dans les documents pédagogiques multimédia plaisent plus, les gens croient qu'ils sont plus efficaces pour apprendre et ces supports, quand ils sont correctement conçus, sont souvent plus efficaces et plus efficaces que des environnements plus traditionnels comme les manuels scolaires, les exercices présentés sur papier, etc. [NAJ 96].

Les enseignants et les concepteurs eux-mêmes sont souvent convaincus que les documents pédagogiques multimédia permettent non seulement d'améliorer des situations classiques mais aussi de créer des situations nouvelles, irréalisables précédemment. Bonham et Seifert [BON 99], par exemple, pensent que les documents pédagogiques multimédia permettent de concevoir des environnements d'apprentissage moins centrés sur l'enseignant et ses buts, mais réellement centrés sur l'apprenant, ses objectifs et ses activités. Ces environnements sont de plus en plus conçus de façon coopérative par l'enseignant et les apprenants, ces derniers devenant plus actifs et plus concernés par leur activité d'apprentissage.

Les techniques de réalité virtuelle devraient aussi permettre le développement d'environnements d'apprentissage plus riches, permettant à l'apprenant de réellement travailler et apprendre « en situation ». Ces techniques devraient favoriser le développement du courant des « apprentissages situés » [BRO 89, WIL 99]. Pour ce courant, entre les novices et les experts il y a les « simples gens », c'est-à-dire les gens qui résolvent les problèmes de la vie de tous les jours. Les novices raisonnent à partir de lois, les simples gens avec des histoires causales et les experts avec des modèles causaux. Les modèles et les histoires sont très proches, les habilités pour les mettre en œuvre sont les mêmes. Les simples gens et les experts sont engagés dans des activités qui sont situées dans des cultures dans lesquelles ils travaillent, à l'intérieur desquelles ils négocient des significations et construisent de la compréhension. Pour des auteurs comme Negroponte, les apprenants ont la chance de pouvoir devenir, avec Internet, des « simples gens », des « débrouillards » au pays de la connaissance ; alors que l'école favorise les « intellectuels » normés par les situations d'évaluation des connaissances scolaires (on lira avec intérêt les réserves d'Anderson, Reder et Simon au sujet des apprentissages situés [AND 96, AND 97]).

Les documents pédagogiques multimédia permettent enfin de gérer de façon beaucoup plus efficace que les techniques précédentes l'enseignement et la formation à distance. Dans ce domaine, le saut quantitatif et qualitatif est véritablement impressionnant [PAS 00, HAR 00]. Cette avancée technologique fait émerger de nouvelles questions : Comment, dans une communication distante,

est gérée l'absence de situation de face-à-face ? Quel nouveau rôle pour le formateur – modérateur ?
Quid du sentiment d'isolement ? Quelle coopération entre apprenants ?

Ainsi, malgré ces avancées et ces bénéfiques, il faut bien convenir que les documents pédagogiques multimédia ne sont pas toujours évidents à concevoir ni correctement conçus. L'effet de mode, qui est positif sur la perception et l'opinion des apprenants, semble permettre à certains concepteurs de faire vite et mal que qu'ils pourraient faire mieux en allant plus lentement, avec plus de rigueur. Je ne suis pas certain que la solution réside dans l'élaboration de nouvelles méthodes de conception. Dans notre domaine en effet, les méthodes proposées sont souvent en complet décalage avec les moyens (financiers, techniques, temporels et humains) dont disposent les équipes de conception. Il me semble que le problème est ailleurs. Il pourrait résider tout simplement dans la façon trop générale d'envisager la conception d'environnements d'apprentissage. La solution viendrait d'une approche de la conception plus spécifique à l'apprentissage visé. Des auteurs comme Dewhurst et ses collaborateurs [DEW 00] montrent bien que les situations de type « faire apprendre un cours magistral en autonomie » les résultats sont au mieux neutres et très souvent défavorables aux environnements informatisés. Pourquoi ce résultat est-il contradictoire avec d'autres résultats, eux positifs, obtenus dans d'autres situations d'apprentissages ? Simplement parce qu'il est impossible de généraliser un résultat d'une situation d'apprentissage à une autre. Il faudrait donc développer des méthodes spécifiques pour des apprentissages spécifiques.

Cela permettrait en premier lieu de comprendre pourquoi certains résultats semblent contradictoires. Cela permettrait aussi d'exploiter plus directement la littérature empirique en psychologie cognitive des apprentissages, où les tâches proposées aux sujets sont souvent clairement décrites (il est souvent possible de les ranger dans une catégorie d'apprentissage, si la catégorisation des situations d'apprentissage est bien conçue).

En second lieu, une approche spécifique à l'apprentissage visé permettrait d'envisager plus rationnellement la conception. À titre d'exemple, on peut citer la proposition de Tricot, Pierre-Demarcy et El Boussarghini [TPB 00] de distinguer :

- les apprentissages par l'action pour lesquels l'apprenant est censé agir pour trouver une solution à un problème dont il n'a pas la solution immédiate, mais dont il peut trouver la solution en raisonnant, par essais et erreur, etc. (*e.g.* faire un exercice « fermé », résoudre un problème qui n'admet qu'une solution) ;
- les apprentissages par instruction, pour lesquels l'apprenant est censé comprendre ce qui est expliqué ou décrit dans un discours oral ou écrit, ce discours pouvant être illustré ou non (*e.g.* cours magistral, lecture, explication) ;
- les apprentissages par exploration pour lesquels l'apprenant doit élaborer un projet, résoudre un problème de sélection d'information dans un espace documentaire ou physique et comprendre les documents sélectionnés (ou les états

de l'environnement), pour élaborer une représentation synthétique du contenu ou de la situation qu'il a conçu (*e.g.* préparer un exposé, monter un TP).

Cette catégorisation, très sommaire, permet d'envisager la conception d'environnements différents pour ces objectifs d'apprentissage différents. Elle permet en outre d'identifier des points critiques spécifiques aux apprentissages envisagés (par exemple « se représenter l'espace problème » pour « apprentissage par l'action »), points critiques abordés dans la littérature empirique en psychologie cognitive.

En bref donc, il me semble qu'il faille plus rechercher des moyens pour décrire les situations et les objectifs d'apprentissage que de nouvelles méthodes de conception. Ces moyens de description devraient permettre à la fois de mieux cerner le problème de conception à résoudre et d'identifier dans la littérature empirique les connaissances utiles à l'ingénierie.

André Tricot

12 juin 2001

Références bibliographiques

- [AND 90] ANDERSON J.R., BOYLE C.F., CORBETT A.T., LEWIS M.W. « Cognitive modeling and intelligent tutoring », *Artificial Intelligence*, vol. 42, 1990, p. 7-49.
- [AND 96] ANDERSON, J. R., REDER, L. M., SIMON, H. A. « Situated learning and education », *Educational Researcher*, vol. 25, n° 4, 1996, p. 5-11.
- [AND 97] ANDERSON, J. R., REDER, L. M., SIMON, H. A. « Rejoinder: situative versus cognitive perspectives: From versus substance », *Educational Researcher*, vol. 26, n° 1, 1997, p. 18-21
- [ANT 00] ANTONIETTI A., LANTOIA M., « To see a painting versus to walk in a painting : an experiment on sense-making through virtual reality », *Computers & Education*, vol. 34, 2000, p. 213-233.
- [BAL 94] BALACHEFF N., VIVET M., (Eds.), « Didactique et intelligence artificielle », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 14, 1/2,1994.
- [BAS 97] BASTIEN C., *Les connaissances, de l'enfant à l'adulte*, Paris, Armand Colin, 1997.
- [BAS 99] BASTIEN J.M.C., SCAPIN D.L., LEULIER C. « The ergonomic criteria and the ISO/DIS 9241-10 dialogue principles: a pilot comparison in an evaluation task », *Interacting with Computers*, vol. 11, 1999, p. 299-322.
- [BER 91] BERNSTEIN M., BROWN P.J., FRISSE M., GLUSHKO R.J., LANDOW G., ZELLWEGER, P. « Structure, navigation and hypertext: the status of the navigation problem », *Hypertext'91 Proceedings*, San Antonio, 15-18 December 1991, New York, ACM Press, p. 363-366.
- [BER 92] BERNSTEIN M., JOYCE M., LEVINE D., « Contours of constructive hypertexts », in D. LUCARELLA, J. NANARD, M. NANARD, P. PAOLINI (Eds.), *Proceedings of ECHT'92 Conference*, Milano, 30 November – 4 December 1992, New York, ACM Press, p. 161-170.
- [BER 93] BERNSTEIN M., « Enactment in information farming », *Proceedings of Hypertext'93 Conference*, Seattle, 14-18 November 1993, New York, ACM Press, p. 242-249.
- [BER 96] BERNARD J.M., CHARRON C. « L'analyse implicative bayésienne, une méthode pour l'étude de dépendances orientées I : données binaires », *Mathématiques, Informatique et Sciences Humaines*, vol. 134, 1996, p. 5-38.
- [BET 92] BÉTRANCOURT M., « Interaction texte / figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage », *Rapport de Recherche INRIA n° 1781*, Grenoble, 1992.
- [BET 98] BÉTRANCOURT M., Caro S., « Intégrer des informations en escamots dans les textes techniques : quels effets sur les processus cognitifs ? » in A. TRICOT, J.-F. ROUET (Eds.), *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, *Hypertextes et Hypermédias, numéro hors série*, 1998, p. 157-174.

[BOL 87] BOLES D.B., WICKENS C.D., « Display formatting in information integration and non integration tasks », *Human Factors*, vol. 29, 1987, p. 395-406.

[BON 99] BONHAM G.M., SEIFERT J.W., « The disruptive and transformative potential of hypertext in the classroom: implications for active learning », *40th Annual convention of the international studies association*, Washington DC, 17-20 February 1999.

[BRI 96] BRITT M.A., ROUET J.-F., PERFETTI C.A., « Using hypertext to study and reason about historical evidence », in J.-F. ROUET, J.J., LEVONEN, A.P. DILLON, R.J. SPIRO (Eds.), *Hypertext and Cognition*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1996, p. 43-72.

[BRO 89] BROWN J.S., COLLINS A., DUGUID P., « Situated cognition and the culture of learning », *Educational Researcher*, vol. 18, n° 1, 1989, p. 32-42.

[BRU 97] BRUILLARD E., *Les machines à enseigner*, Paris, Hermès, 1997.

§[CAC 95] *Designing Hypermedia applications*, Communications of the ACM, vol. 38, n° 8, 1995.

[CAR 95] CARO S., Rôle des organisateurs para-linguistiques dans la consultation des documents électroniques, Thèse de l'Université de Grenoble, 1995.

§[CAR 98] CARO S., BÉTRANCOURT, M. « Ergonomie des documents techniques informatisés : expériences et recommandations sur l'utilisation des organisateurs para-linguistiques », in A. TRICOT, J.-F. ROUET (Eds.), *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques, Hypertextes et Hypermédias, numéro hors série*, 1998, p. 123-138.

[CHE 96] CHEN C., RADA R., « Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies », *Human-Computer Interaction*, vol. 11, n° 1, 1996, p. 125-156.

[DEE 96] DEE LUCAS D., « Effects of overview structure on study strategies and text representations for instructional hypertext », in J.-F. ROUET, J.J. LEVONEN, A. DILLON & R.J. SPIRO (Eds.), *Hypertext and cognition*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1996, p. 73-107

[DEW 00] DEWHURST D.G., MACLEOD H.A., NORRIS T.A.M., « Independent student learning aided by computers : an acceptable alternative to lectures ? », *Computers & Education*, vol. 35, 2000, p. 223-241.

[DIL 91] DILLON A., « Reader's models of text structures: the cases of academic articles », *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 35, 1991, p. 913-925.

[DIL 96] DILLON A., « Myths, misconceptions, and an alternative perspective on information usage and the electronic medium » », in J.-F. ROUET, J.J. LEVONEN, A. DILLON & R.J. SPIRO (Eds.), *Hypertext and cognition*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1996, p. 25-42.

[ELS 99] ELSHOUT-MOHR M., VAN HOUT-WOLTERS B., BROEKKAMP H., « Mapping situations in classroom and research: eight types of instructional-learning episodes », *Learning and Instruction*, vol. 9, n° 1, 1999, p. 57-76.

[FOS 89] FOSS C.L., « Tools for reading and browsing hypertext », *Information Processing and Management*, vol. 25, n° 4, 1989, p. 407-418.

[GIA 92] GIARDINA M., (Ed.), *Interactive multimedia learning environments*, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Laval. Berlin, Springer Verlag, 1992.

[GRU 92] GRUDIN, J., « Utility and usability: research issues and development contexts », *Interacting with Computers*, vol. 4, n° 2, 1992, p. 209-217.

[GYS 00] GYSELINCK V., EHRLICH M.F., CORNOLDI C., DUBOIS V., « Visuospatial working memory in learning from multimedia systems », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 16, n° 2, 2000, p. 166-176.

[GYS 96] GYSELINCK V., « Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes », *L'Année Psychologique*, vol. 96, n° 3, 1996, p. 195-216.

[GYS 99] GYSELINCK V., TARDIEU, H., « The role of illustrations in text comprehension : What, when, for whom, and why ? », in H. VAN OOSTENDORP, S.R. GOLDMAN (EDS.), *The construction of mental representations during reading*, Mahwah, Lawrence Erlbaum Associates, 1999, pp. 195-218.

[HAR 00] HARPER B., HEDBERG J.G., WRIGHT R., « Who benefits from virtuality? », *Computers & Education*, vol. 34, 2000, p. 163-176.

[HOL 92] HOLT P.O., HOWELL G. « Making connections: the logical structuring of hypertext documents », *Instructional Science*, vol. 21, 1992, p. 169-181.

§[INH 92] INHELDER B., CELLÉRIER, G., (Eds.), *Le cheminement des découvertes de l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1992.

[JAC 95] JACOBSON M.J., SPIRO R.J., « Hypertext learning environments, cognitive flexibility, and the transfer of complex knowledge: an empirical investigation », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 12, n° 4, 1995, p. 301-333.

[JAM 98] JAMET E. (Ed.), Les formats de présentation des apprentissages, *Revue de Psychologie de l'Education*, vol. 3, numéro spécial, 1998.

[JON 90] JONASSEN D.H., MANDL H., (Eds.), *Designing hypermedia for learning*, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Rottenburg/Neckar, Berlin, Springer Verlag, 1990.

§[KAL 98] KALYUGA S., CHANDLER P., SWELLER J., « Levels of expertise and instructional design », *Human Factors*, vol. 40, 1998, p. 1-17.

[KIN 90] KINTSCH W., WELSCH D., SHMALHOFER F., ZIMNY S., « Sentence memory : a theoretical analysis », *Journal of Memory and Language*, vol. 29, 1990, p. 133-159.

[LAN 90] LANDOW G.P., « The rhetoric of hypermedia: some rules for author » in P. DELANY, G.P. LANDOW (Eds.), *Hypermedia and literary studies*, Cambridge, MIT Press, 1990, p. 81-104.

[LAN 97] LANDAUER T.K., DUMAIS, S.T. « A solution to Plato's problem: the Latent Semantic Analysis theory of acquisition, induction and representation of knowledge », *Psychological Review*, vol. 104, 1997, p.211-240.

[LAU 00] LAURILLARD D. « How can the non-linear media support the learner's own narrative construction ? » *HCT-2000, 4th Human Centred Technology Postgraduate Workshop*, University of Sussex, 3-4 Octobre 2000.

[LAU 98] LAURILLARD D., STRATFOLD M., LUCKLIN R., PLOWMAN L., TAYLOR J. « Affordances for learning in a non-linear narrative medium », *AERA Conference*, San Diego, April 1998.

[LOW inp] LOWE R. « Interactive animated diagrams: What information is extracted? » in J.-F. ROUET, J.J. LEVONEN, A. BIARDEAU (Eds.), *Multimedia Learning: Cognitive and Instructional Issues*. London, Elsevier Science, in press

[MAY 91] MAYER R.E., ANDERSON R.B. « Animations need narrations: An experimental test of dual-coding hypothesis », *Journal of Educational Psychology*, vol. 83, 1991, p. 484-490.

[MAY 92] MAYER R.E., ANDERSON R.B. « The instructive animation: Helping students build connections between words and pictures in multimedia learning » *Journal of Educational Psychology*, vol. 84, 1992, p. 444-452.

[MER 98] MERLET S. « Niveaux de traitement et intégration des informations multimédia. L'exemple de la compréhension orale en langue étrangère », in A. TRICOT, J.-F. ROUET (Eds.), *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques, Hypertextes et Hypermédias, numéro hors série*, 1998, p.

§[MOH 92] MOHAGEG M.F., « The influence of hypertext linking structures on the efficiency of information retrieval », *Human Factors*, vol. 34, n° 3, p. 351-367, 1992.

[MOU 95] MOUSAVI S., LOW R., SWELLER, J. « Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes », *Journal of Educational Psychology*, vol. 87, 1995, p. 319-334.

§[MYL 88] MYLES-WORSLEY M., JOHNSTON W.A., SIMONS M.A. « The influence of expertise on X-Ray image processing ». *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, vol. 14, n° 3, 1988, p. 553-557.

[NAJ 96] NAJJAR L.J., « Multimedia information and learning », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 5, 1996, p. 129-150.

§[NAN 98] NANARD J., NANARD M., « La conception d'hypermédias », in A. TRICOT, J.-F. ROUET (Eds.), *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques, Hypertextes et Hypermédias, numéro hors série*, 1998, p. 15-34.

[NIE 94] NIELSEN J., *Usability engineering*, Boston, Academic Press, 1994.

[NOR 92] NORMAN G.R., BROOKS L., COBLENTZ C.L., BABCOOK C.J. « The correlation of feature identification and category judgments in diagnostic radiology », *Memory & Cognition*, vol. 20, n° 4, 1992, p. 344-355.

[NYK 99] NYKÄNEN O., ALA-RANTALA M., « A design for hypermedia-based learning environment », *Education and Information Technologies*, vol. 3, 1999, p. 277-290.

[OLI 92] OLIVEIRA A. (Ed.), *Hypermedia courseware: Structures of communication and Intelligent Help*. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, Espinho. Berlin, Springer Verlag. 1992

[OOS 98] VAN OOSTENDORP H., HOFFMAN R., « L'effet cognitif d'une carte de contenus dans un hypertexte », in J.-F. ROUET, B. DE LA PASSARDIÈRE (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 4*, Paris, Presses de l'INRP / EPI, 1998.

[PAS 00] PASSERINI K., GRANGER M., « A developmental model for distance learning using the Internet », *Computers & Education*, vol. 34, 2000, p. 1-15.

[PY 98] PY D., « Quelques méthodes d'intelligence artificielle pour la modélisation de l'élève », *Sciences et Techniques Educatives*, vol. 5, n° 2, 1998, p. 123-140.

[RDS 99] ROUET J.-F., DILLENBOURG P., STEFFENS K., VAN OOSTENDORP H., (Eds) Analysing learner-computer interaction, *Instructional Science*, special issue, vol. 27, 1999.

[REA 94] READER W., HAMMOND N. « Computer-based tools to support learning from hypertext: concept mapping tools and beyond », *Computers Education*, vol. 22, n° 1/2, 1994, p. 99-106.

[ROU 90] ROUET J.-F., « Interactive text processing in inexperienced (hyper-) readers », in A. RIZK, N. STREITZ, J. ANDRÉ (Eds.), *Hypertexts: Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, 1990, p. 250-260.

[ROU 98] ROUET J.-F., DE LA PASSARDIÈRE B., (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 4*, Paris, Presses de l'INRP / EPI, 1998.

[ROU 99] ROUET ET PASSERAULT (1999,14

[SCA 97] SCAPIN D.L., BASTIEN J.M.C. « Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems », *Behavior & Information Technology*, vol. 17, 4/5, 1997, p. 220-231.

[SPI 90] SPIRO, R.J., JEHNG, J.C. « Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multidimensional traversal of complex subject matter », in D. DIX, R.J.SPIRO (Eds.). *Cognition, education and multimedia: exploring ideas in high technology*, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, 1990, p. 163-205.

[SRA 97] SCAIFE M., ROGERS Y., ALDRICH F., DAVIES M. « Designing for or disigning with? Informant Design for Interactive learning environments », *CHI 97 Electronic Publications*, 1997 www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings/papers/ms.htm.

- [STA 00] STANTON N., CORREIRA A.P., DIAS P., « Efficacy of a map on search, orientation and access behaviour in a hypermedia system », *Computers & Education*, vol. 35, 2000, 263-279.
- [SWA 94] SWAN, K. « History, hypermedia, and criss-crossed conceptual landscapes », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 3, n° 2, 1994, p. 120-139.
- [SWE 90] SWELLER J., CHANDLER P., TIERNEY P., COOPER M., « Cognitive load as a factor in the structuring of technical material », *Journal of Experimental Psychology*, vol. 119, n° 2, 1990, p. 176-192.
- [TAR inp] TARDIEU H., GYSLINCK V., « Working memory constraints in the integration and comprehension of information in a multimedia context », in H. VAN OOSTENDORP (Ed.), *Cognition in a digital World*, Lawrence Erlbaum Associates, in press.
- [TIN 97] TINDALL-FORD S., CHANDLER P., SWELLER J., « When two sensory modes are better than one », *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 3, 1997, p. 257-287.
- [TPB 00] TRICOT A., PIERRE-DEMARCY C., EL BOUSSARGHINI R. « Specific help devices for educational hypermedia », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol.16, n° 2, 2000, p. 102-113.
- [TPB 98] TRICOT A., PIERRE-DEMARCY C., EL BOUSSARGHINI R. « Définitions d'aides en fonction des types d'apprentissages dans des environnements hypermédia », in J.-F. ROUET, B. DE LA PASSARDIÈRE (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 4*, Paris, Presses de l'INRP / EPI, 1998.
- [TRC 95] TRICOT A., COSTE J.-P., « Evaluating complex learner-computer interaction: what criteria for what task? », *EARLI'95 Conference*, Nijmegen, 1995.
- [TRI 00] TRICOT A., TRICOT, M. « Un cadre formel pour interpréter les liens entre utilisabilité et utilité des systèmes d'information (et généralisation à l'évaluation d'objets finalisés) ». *Colloque Ergo-IHM 2000*, Biarritz, 3-6 octobre 2000
- [TRI 93] TRICOT A., « Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia », in *Actes du Colloque de prospective Recherches pour l'Ergonomie*, Toulouse, 1993, p. 115-122.
- §[TRI 95a] TRICOT A., « Un point sur l'ergonomie des interfaces hypermédia », *Le Travail Humain*, vol. 58, n° 1, 1995, p. 17-45.
- §[TRI 95b] Tricot A. Modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation dans les hypermédiat, Aix en Provence, Thèse de l'Université de Provence, spécialité Psychologie Cognitive. 1995.
- §[TRI 96] TRICOT A., BASTIEN C., « La conception d'hypermédiat pour l'apprentissage : structurer des connaissances rationnellement ou fonctionnellement ? », in E. BRUILLARD, J.-M. BALDNER., G.-L. BARON (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages 3*, INRP - EPI, 1996, p. 57-72
- [TRI 99] TRICOT A., PUIGSERVER E., BERDUGO D., DIALLO M., « The validity of rational criteria for the interpretation of user-hypertext interaction », *Interacting with Computers*, vol. 12, 23-36.

§[TRR 99] TRICOT A., RUFINO A., « Modalités et scénarios d'interaction dans des hypermédias d'apprentissage » *Revue des Sciences de l'Éducation*, numéro thématique, vol. XXV, n° 1, 1999, p. 105-129.

[TUO 99] TUOVINEN J.E., SWELLER J. « A comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples », *Journal of Educational Psychology*, vol. 91, n° 2, 1999, p. 334-357.

[WIC 87] WICKENS, C.D. « Attention », in P. HANCOCK (Ed.), *Human factors in psychology*, Amsterdam, North Holland, 1987.

[WIC 90] WICKENS C.D., ANDRE A.D. « Proximity compatibility and information display: effects of color, space, and objectness on information integration », *Human Factors*, vol. 32, 1990, p. 61-77.

[WIL 99] WILSON B.G. MADSEN MYERS K., « Situated cognition in theoretical and practical context », in D. Jonassen, S. Land (Eds.), *Theoretical foundations of learning environments*, Mahwah, Lawrence Erlbaum. Associates, 1999.

§[WRI 90] WRIGHT P., « Hypertext as an interface for learners : some human factors issues », in D.H. JONASSEN, H. MANDL (Eds.), *Designing hypermedia for learning*, Springer Verlag, 1990, p. 169-184.

[WRI 91] WRIGHT P. « Cognitive overheads and prostheses: some issues in evaluating hypertexts », *Hypertext'91 Proceedings*, San Antonio, 15-18 décembre 1991, New York, ACM Press, 1991.

[WRL 90] WRIGHT P., LICKORISH A., « An empirical comparison of two navigation systems for two hyper-texts », in R. MCALEESE, C. GREEN (Eds.), *Hypertext : State of the Art*, Intellect Ltd, Oxford, 1990.

[WRL 94] WRIGHT P., LICKORISH A., « Menus and memory load: navigation strategies in interactive search tasks », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 40, 1994, p. 965-1008.