



HAL
open science

Définitions d'aides en fonction des types d'apprentissages dans des environnements hypermédias

André Tricot, Corinne Pierre-Demarcy, Rachid El Boussarghini

► **To cite this version:**

André Tricot, Corinne Pierre-Demarcy, Rachid El Boussarghini. Définitions d'aides en fonction des types d'apprentissages dans des environnements hypermédias. Quatrième colloque "Hypermédias et Apprentissages", Oct 1998, Poitiers, France. pp.41-58. edutice-00000490

HAL Id: edutice-00000490

<https://edutice.hal.science/edutice-00000490>

Submitted on 30 Jun 2004

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

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

DÉFINITIONS D'AIDES EN FONCTION DES TYPES D'APPRENTISSAGES DANS DES ENVIRONNEMENTS HYPERMÉDIAS

André TRICOT*[#], Corinne PIERRE-DEMARCY,
Rachid EL BOUSSARGHINI***

* IUFM de Bretagne - 153 rue de Saint Malo - 35043 Rennes cedex
andre.tricot@bretagne.iufm.fr ; elboussarghini@bretagne.iufm.fr

** IUFM de Bretagne - Centre Georges-Michel Thomas
corinne.demarcy@bretagne.iufm.fr

[#] Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication
CRPCC (E.A. 1285) - Université de Haute Bretagne - Rennes 2

Résumé : Dans ce papier, nous proposons d'envisager la définition d'aides aux apprenants dans des environnements hypermédias en fonction de la situation d'apprentissage. Nous fondons notre argumentation sur une critique du trop grand niveau de généralité des aides à l'utilisateur dans ce domaine, aides centrées sur l'interaction homme - machine. Puis nous décrivons rapidement trois grands types de situations d'apprentissage (par l'action, par instruction, et par exploration), et les principaux processus cognitifs impliqués dans ces trois situations. Cette description nous permet d'envisager des aides spécifiques aux apprentissages. Nous concluons l'article en indiquant quelques voies envisageables dans le domaine de la conception ou de l'évaluation d'applications hypermédia éducatives.

Mots clés : aide, guidage, évaluation, ergonomie, conception, pédagogie.

Abstract : In this paper we examine the problem of help devices to learners in hypermedia environments as a function of the learning situation. Our argument is based on a criticism of the great level of generality of traditional help systems, which are mostly concerned with user-system interaction. Then we describe three main types of learning situations (by action, by instruction, by exploration) and the main cognitive processes involved in these three situations. Such a description enables us to propose specific types of help devices. In conclusion we suggest some perspectives in the domain of design or evaluation of educational hypermedia applications.

Key words : help, guidance, evaluation, ergonomics, design, pedagogy.

INTRODUCTION

La conception d'aides aux apprenants est un objectif « incontournable » pour le concepteur d'applications hypermédia éducatives. Dans les faits, cela consiste à concevoir un dispositif d'aide, souvent focalisé sur l'utilisation de l'application, et parfois sur l'apprentissage. Mais la question de l'aide est aussi au cœur d'un mouvement de fond dans le domaine de l'informatique pédagogique. Il est en effet probable que les applications éducatives soient de moins en moins conçues comme des tutoriels ou des outils d'enseignement, et de plus en plus conçues comme des environnements de travail dans lesquels on aide un apprenant à faire quelque chose, cette activité étant censée déboucher sur un apprentissage.

A priori, la conception d'une aide est techniquement assez aisée, car l'on dispose d'un ensemble important d'outils de présentation de contenus, d'aide au repérage, d'aide à la recherche, etc., ces outils étant « prêts à l'emploi » pour le concepteur. L'on dispose aussi d'une littérature très fournie où ces outils sont présentés et analysés (comme les actes des colloques CHI de l'ACM ; par exemple : <http://www.acm.org/sigchi/chi97/proceedings>). Mais, quand ces outils d'aide sont implantés dans des environnements hypermédias d'apprentissage, on constate parfois que leur effet est paradoxal, l'aide pouvant s'avérer gênante, ou difficile à comprendre. De nombreuses recherches, comme celle présentée par Van Oostendorp dans ce colloque, montrent aussi que certains dispositifs d'aide à la compréhension ou au repérage d'informations ont un effet plutôt négatif : par exemple, la représentation des relations entre des contenus peut rendre le contenu plus difficile à comprendre que la non-représentation de ces relations.

Dans ce papier, nous prétendons qu'un des problèmes soulevés par les aides relève du grand niveau de généralité auxquelles elles sont définies (utilisation d'outils et de fonctions « toutes faites ») et au fait qu'elles concernent l'interface homme-machine. Nous défendons le point de vue selon lequel les aides doivent d'abord assister l'apprenant dans son activité... d'apprentissage (interaction apprenant-contenu) de façon spécifique à l'apprentissage en cours. Dans ce papier nous prétendons seulement défendre un point de vue « théorique » sur un principe général de conception ou d'évaluation. Notre objectif est d'étayer empiriquement ce point de vue lors de nos futures recherches.

Un premier embryon de réflexion sur l'aide à l'apprenant a été proposé, par Tricot et Bastien (1996), lors des dernières journées Hypermédias et Apprentissages. Mais la question de l'aide dans un hypermédia d'apprentissage était abordée de façon relativement générale.

Dans le présent papier nous partons d'un constat différent en ce qui concerne ce dernier point, et nous essayons d'indiquer ce que des aides « spécifiques à l'apprentissage en cours » pourraient être. Les hypermédias d'apprentissage ne supportent pas souvent à la fois des apprentissages par l'action et des apprentissages par instruction ; on peut même affirmer que de nombreux produits hypermédias actuellement utilisés dans des situations d'apprentissages ne supportent ni apprentissages par l'action ni apprentissages par instruction mais plutôt des sortes d'apprentissages très exploratoires. Puis nous montrons les conséquences de ce constat sur la définition des aides (guidage, feedback, etc.) pour les hypermédias d'apprentissage.

QUELS APPRENTISSAGES DANS LES HYPERMÉDIAS ?

Bruillard et de La Passardière (1998) ont donc décrit trois catégories d'usages pour les hypermédias éducatifs :

- a) accéder à des bases de documents et s'y promener ;
- b) créer, baliser, structurer des bases de documents ;
- c) utiliser des environnements d'apprentissage intégrant l'hypertexte.

Cette catégorisation ne correspond (évidemment) pas aux types d'apprentissages habituellement décrits en psychologie cognitive, où l'on distingue :

- d) 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) ;
- e) 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).

Or il apparaît que, si l'on excepte les situations où l'apprenant fait des exercices/résout des problèmes dans des environnements hypermédias, et celles où l'apprenant suit un cours/comprend un document, les apprenants ont, dans les environnements hypermédias d'apprentissage, des activités qui ne sont habituellement pas décrites en psychologie cognitive des apprentissages. En effet, dans les environnements hypermédias d'apprentissage, les utilisateurs sont surtout censés explorer, à partir d'une consigne plus ou moins opérationnelle, une base de documents, faire des liens (mentaux ou physiques) entre ces documents, élaborer une représentation plus ou moins synthétique de ce qui a été vu et jugé pertinent, pour enfin produire un document ou un sous-document privé ou public, destiné à être évalué ou non.

Nous voulons suggérer que dans de nombreuses situations d'utilisation d'hypermédias pour l'apprentissage, les sujets ont une activité qui est à la fois une activité de résolution de problème, dans laquelle l'espace-problème à explorer est surtout documentaire, et une activité de compréhension de texte (et d'images), dans laquelle une large partie des sources potentiellement disponibles ne sont pas traitées. Pour cela, le sujet doit élaborer une représentation du but et une stratégie d'exploration-sélection de l'information. Remarquons au passage que cette situation d'apprentissage est exactement celle que l'on propose depuis bien longtemps aux apprenants (élèves ou étudiants) quand on leur demande de préparer un exposé, à ceci près que l'espace de navigation documentaire est une bibliothèque (nous évoquerons plus bas l'analogie avec une autre situation d'apprentissage, pratiquée dans certains TP).

Au premier abord donc, les situations d'apprentissage par exploration empruntent, *sans s'y réduire*, un certain nombre de processus aux apprentissages par l'action et par exploration.

La conception et l'utilisation d'aides à l'apprenant/utilisateur peuvent, au premier abord, être envisagées comme la somme des aides à apporter dans les situations d'apprentissage par l'action et par instruction. Nous allons tenter de montrer la nécessité d'envisager les aides qu'implique l'interaction entre ces deux types d'apprentissage. Nous désignons les situations d'apprentissage par exploration comme des situations « où l'apprenant doit résoudre un problème de sélection d'information dans un espace documentaire et comprendre les documents sélectionnés, pour élaborer une représentation synthétique du contenu de ces documents sélectionnés ».

Dans la partie suivante, nous tentons de recenser les catégories d'aides qui existent à l'heure actuelle dans les environnements hypermédias. Ceci nous permettra, par la suite, d'analyser en quoi ces aides peuvent être pertinentes dans les trois situations d'apprentissages envisagées.

L'AIDE DANS LES HYPERMÉDIAS

Un des intérêts identifiés, à la fin des années 80, de l'utilisation des hypermédias dans les situations d'apprentissages était qu'ils permettaient (apparemment) d'éviter les questions de l'aide, du guidage et du feedback, questions dont on sait qu'elles occupaient de plus en plus le domaine de l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur). On crut un moment que la liberté de choix de l'utilisateur/apprenant lui permettrait de traiter les contenus qui lui convenaient, à l'intérieur d'un espace de navigation déterminé par ses choix, justement. On se rendit vite compte qu'en réalité l'utilisateur/apprenant peut facilement se perdre dans cet espace de navigation (Conklin, 1987 ; Foss, 1989). À partir de ce constat, et du précédent, on put envisager plusieurs options, qui constituent autant de courant de recherches.

Concevoir des bases « où l'on navigue aisément parce qu'elles sont bien organisées »

Une direction de recherche est fondée sur le postulat que l'intérêt des hypermédias réside justement dans l'absence d'aide, ou en tous cas, dans l'absence de guidage. Pour que l'utilisateur ne se perde pas, « il suffit » de bien concevoir l'espace de navigation. Ceci s'est traduit par :

- a) la définition de contraintes sur la structure de la base (Tricot, 1995), en termes de « niveau de largeur » et de « niveau de profondeur », contraintes qui ne semblent valables que pour des tâches de compréhension exhaustive du document ;
- b) la définition de principes d'organisation rationnelle de la base, où le sujet doit pouvoir comprendre l'organisation des contenus indépendamment de sa compréhension des contenus eux-mêmes (Tricot & Bastien, 1996) ;
- c) la structuration par l'usage, où les liens sont définis en fonction de la fréquence de leur activation (Holt, Howell, 1992 ; Bollen, Heylighen, 1997) ;
- d) et plus largement par la définition de méthodes d'analyse de la documentation à implémenter (voir par exemple les méthodes très « naturelles » de Stanton & Barber, 1992 ou de Wentland, 1996, mais aussi Nanard, 1993, et les centaines de publications sur ce thème).

Concevoir des outils de navigation et de guidage

Un autre courant consiste à définir des outils d'aide au repérage et à la découverte de l'espace documentaire.

Par exemple, l'historique en un mécanisme d'enregistrement chronologique linéaire des nœuds ou des adresses consultés lors d'une session. Il est enregistrable. On peut à tout moment le « remonter » de façon linéaire ou aller à un endroit précis. Il présente l'avantage de permettre à l'utilisateur de s'y retrouver quand il est perdu ou de faire chemin arrière quand il se rend compte qu'il n'ouvre plus rien de pertinent pour lui. L'historique présente l'inconvénient d'être linéaire alors que la structure des documents consultés n'est pas souvent linéaire mais hiérarchique. C'est pourquoi il existe des outils de « structuration graphique » de l'historique comme MosaicG (*cf.* § suivant).

La visite guidée et les tourne-pages constituent un moyen privilégié de découvrir un hypermédia, en suivant une linéarisation de la structure imposée par l'auteur, ou calculée par un algorithme de recherche en fonction de la requête de l'utilisateur. Ce n'est évidemment pas un moyen d'exploration qui dépasse le stade de la prise de contact avec l'outil.

Les algorithmes de recherche permettent de sélectionner un certain nombre de nœuds en fonction de l'appariement entre des mots / descripteurs recherchés par l'utilisateur et leur présence dans des documents.

Ces derniers outils, faut-il le répéter, consistent simplement à transformer les hypermédias (en livre pour le premier, en base de données pour le second) pour offrir des accès différents aux utilisateurs. Mais l'utilisation de ces outils ne concerne pas, à notre sens, l'utilisation d'hypermédias.

Concevoir des outils de visualisation de l'espace

Les outils de visualisation de l'espace sont nombreux et variés. Leur conception repose sur une idée simple : puisque l'utilisateur se perd dans l'hyperdocument, donnons lui en une carte. Cette carte pourrait être un simple sommaire, voire un sommaire interactif, et se révéler un outil efficace (Silva, 1992). Mais les techniques de visualisation permettant des présentations beaucoup plus sophistiquées, des outils de spacialisation de l'ensemble des contenus ont été proposés (cartes de concepts, avec niveaux de focale variables, etc.). Par exemple, la structuration graphique de l'historique MosaicG pour NCSA Mosaic 2.5 (Ayers & Stasko, 1997) permet de représenter le parcours de l'utilisateur non pas de façon linéaire mais en respectant la structure (hiérarchique, arborescente par exemple) du document d'origine. « Malheureusement » les recherches expérimentales de Neville Stanton et ses collègues (Stanton, Taylor & Tweedie, 1992 ; Stanton 1994) montrent qu'il n'y a en général pas de meilleurs résultats en apprentissage ou d'orientation dans l'hyperdocument quand le système dispose d'une « carte des contenus » que quand il n'en dispose pas. Dillon et ses collègues (1993) ont expliqué ce résultat (maintes fois répliqué) en disant que l'espace de navigation n'est pas un espace physique dans lequel on s'oriente mais un espace sémantique dans lequel on traite des contenus.

Concevoir de bonnes interfaces

Avoir de bons principes de conception : selon Bastien (1992), le premier principe en conception d'interfaces est de ne pas séparer cet aspect des autres aspects de la conception. Une interface définit une compatibilité entre d'une part la représentation que l'utilisateur se fait de la tâche à effectuer ainsi que des connaissances à mobiliser, et d'autre part la formalisation que le concepteur a effectué des tâches et des connaissances manipulées par le système. Les travaux de Sébillotte et Scapin à l'INRIA (voir notamment Gamboa Rodriguez & Scapin, 1997) décrivent un peu plus précisément en quoi l'analyse de la tâche peut fonder la conception d'une interface.

Bien disposer les informations à l'écran : dans une revue de la littérature, Caro et Bétrancourt (1998) montrent que de nombreux résultats expérimentaux fournissent des indications utiles pour la disposition des informations à l'écran, notamment en ce qui concerne l'espace et la densité informative, les caractères spéciaux, la couleur, la typographie, la ponctuation, les attributs vidéo, le multi-fenêtrage du texte, les relations entre texte et figure, le format de présentation, la disposition spatiale et temporelle des schémas.

Gérer efficacement les différents niveaux d'informations : pour Bétrancourt et Caro (1998), un des problèmes impliqués par les interfaces pour les documents est le traitement du double niveau de discours, aussi bien dans les configurations texte/ texte que dans les configurations texte/image. Ces auteurs montrent que la mise en escamot (*pop up windows*) ne perturbe pas, voire améliore, la mémorisation d'informations, qu'elles soient textuelles ou multimédia. L'escamot est efficace pour la recherche d'information dans du texte, après un premier temps d'habitation au dispositif. L'escamot permet de mettre au premier plan l'une des sources d'information et donc de donner une hiérarchie d'étude au document, ce qui faciliterait son traitement dans des tâches de recherche d'information. L'insertion en escamot permet aussi d'intégrer les différents types d'informations en coréférence, ce qui facilite leur intégration cognitive (Sweller & Chandler, 1990). Ainsi, l'escamot permet de réaliser des fonctions de distinction et d'intégration des informations, tout en évitant la surcharge cognitive observée pour les organisateurs « papier », comme le traitement du marquage de l'importance (Gaonac'h, 1990), ou la séparation spatiale des informations (Sweller & Chandler, 1990).

Concevoir de bons scénarii d'interaction

Pour Tricot et Rufino (1998), la meilleure aide que l'on puisse apporter à un apprenant est de concevoir un bon scénario pédagogique. Ces auteurs proposent de distinguer deux niveaux dans la conception d'un outil pédagogique multimédia interactif : le niveau des modalités d'interaction et celui du scénario d'interaction. Les modalités d'interaction concernent les aspects concrets et matériels de l'interaction de l'utilisateur-apprenant avec la machine, et n'ont *a priori* rien de spécifique au domaine des apprentissages. Le scénario d'interaction concerne les aspects pédagogiques de l'interaction de l'utilisateur-apprenant avec un contenu d'enseignement, et n'ont *a priori* rien de spécifique au support utilisé. Pour ces auteurs les scénarii pédagogiques pour les hypermédias d'apprentissage sont à inventer, de façon particulière à chaque situation d'apprentissage et ils soulignent

les théories de l'apprentissage ne fournissent pas des scénarii pédagogiques « tout faits » et universels.

Concevoir un bon feedback

Enfin, pour un courant de l'EIAO (Environnements Interactifs d'Apprentissages Assistés par Ordinateur), l'aide réside surtout dans la conception de feedback pertinents vers l'apprenant. Cette approche, largement inspirée des travaux de l'Intelligence Artificielle, et plus particulièrement de ceux sur les systèmes experts, est fondée sur l'élaboration d'un modèle de l'apprenant, qui permet au système d'interpréter les réponses de l'élève, et de lui proposer des corrections, des solutions, des pistes de réflexions, du guidage, etc. (voir en France par exemple les travaux de Dominique Py, Dominique Guin, etc. cette dernière utilisant largement les travaux du psychologue John Anderson). Les travaux de l'EIAO mettent en évidence l'extraordinaire complexité du problème posé par l'interprétation des actions de l'élève, et force est de constater que souvent, les tuteurs intelligents proposés sont circonscrits à un nombre très limité de situations d'apprentissage par l'action.

Discussion

Selon nous, les courants de recherche évoqués ci-dessus fournissent des indications intéressantes, non-exclusives entre elles, mais générales, en ce qui concerne la définition des aides aux apprenants en situation d'utilisation d'hypermédia. Il faudrait, nous semble-t-il, adapter l'aide à l'activité en cours (au type d'apprentissage), car, comme nous l'avons souligné précédemment, les activités mentales impliquées par les différents types d'apprentissages sont très sensiblement différentes entre elles d'une situation à l'autre.

DÉFINITION D'AIDES EN FONCTION DES SITUATIONS D'APPRENTISSAGES

Les apprentissages par l'action

Nous considérerons ici l'apprentissage par l'action dans le cadre d'« exercices application » (mathématiques par exemple...) et dans le cadre habituel de la résolution de problèmes à changement d'états, bien définis.

Définition

Nous rappellerons avant tout (peut-être inutilement) que cet apprentissage s'inscrit dans une perspective d'acquisition de connaissances ; des connaissances procédurales (des savoir-faire) mais aussi des connaissances déclaratives (des savoirs).

L'apprentissage par l'action intervient lors de la réalisation d'une activité cognitive finalisée, c'est-à-dire la réalisation de tâches orientées par un/des objectifs et reposant sur une représentation de la situation. Cet apprentissage a lieu lorsque l'apprenant ne dispose pas *a priori* de la réponse appropriée et qu'il doit donc trouver une solution (par rapport à l'objectif qu'il s'est fixé).

Une caractéristique fondamentale de cet apprentissage est la *répétition* : il y a apprentissage lors de tentatives successives de résolution d'un même problème ou lors de la résolution d'une suite de problèmes relevant du même domaine.

Cet apprentissage dépend fondamentalement des observations que le sujet peut faire sur ses propres actions, compte tenu des feedbacks délivrés par l'environnement et des inférences qu'il en tire, qui pourront donner lieu à la construction de connaissances (Nguyen-Xuan & Richard, 1986). Le feedback est l'ensemble des informations en retour qui sont engendrées par les diverses conséquences de l'activité du sujet. Ce feedback est un élément fondamental de l'apprentissage car il permet au sujet d'évaluer sa performance, de savoir si le but à atteindre est - ou non - réalisé. Les modalités élémentaires du feedback proviennent de la saisie d'informations extéroceptives sur le résultat de l'activité, codé sous forme de réussite ou échec ou d'écart au but. Les modalités plus complexes mettent en jeu des comparaisons, des anticipations, des inférences et se manifestent notamment par la détection de contradictions.

Les processus cognitifs impliqués

Une première étape consiste à *comprendre* le problème, c'est-à-dire faire une interprétation appropriée de la consigne et à partir de celle-ci de la situation, ce qui consiste à élaborer une *représentation* du problème, comprenant les objectifs à réaliser. Lors de l'élaboration de la représentation, le sujet *catégorise* le problème en identifiant des propriétés critiques de la situation.

Lorsqu'il s'agit par exemple d'exercices d'applications, une première modalité de cet apprentissage consiste à mobiliser des processus de transfert analogique : l'apprenant tente d'élaborer une solution par analogie avec une solution connue qui a réussi pour un problème qui lui semble ressemblant. Il s'agit donc d'accéder à des connaissances stockées en mémoire qui semblent pertinentes en fonction de la représentation élaborée et de la catégorisation effectuée. La solution connue, adaptée par tâtonnements et inférences à partir du feedback fourni par la situation peut permettre de résoudre le problème. Lorsque l'analogie échoue (c'est-à-dire que les procédures transférées ne sont pas adaptées), l'apprenant doit alors modifier sa représentation du problème, à partir du feedback obtenu lors de la tentative de résolution analogique. Sur la base de cette nouvelle représentation, l'apprenant va alors engendrer et tester des hypothèses.

La seconde modalité de l'apprentissage intervient lorsque le problème ne ressemble à rien de connu ; lorsque la catégorisation ne fait pas entrer le problème dans une catégorie connue et que l'apprenant ne dispose pas des connaissances nécessaires à l'action, ou encore que les connaissances ne sont pas directement opérationnelles. L'apprenant se livre alors à une *exploration* active de la situation qui va lui permettre, à partir des feedbacks fournis par l'environnement, de modifier sa représentation du problème et/ou d'élaborer une ou plusieurs hypothèses (Pierre, 1995). L'apprenant va alors *tester ses hypothèses*. Ces hypothèses peuvent être strictement procédurales (de type, « si je fais ça, puis ça puis ça, je devrais y arriver ») ou relever de l'élaboration d'un modèle mental de la situation (« cette situation consiste à... et pour arriver à faire fonctionner ce dispositif, il faut utiliser... ») (Pierre, 1995).

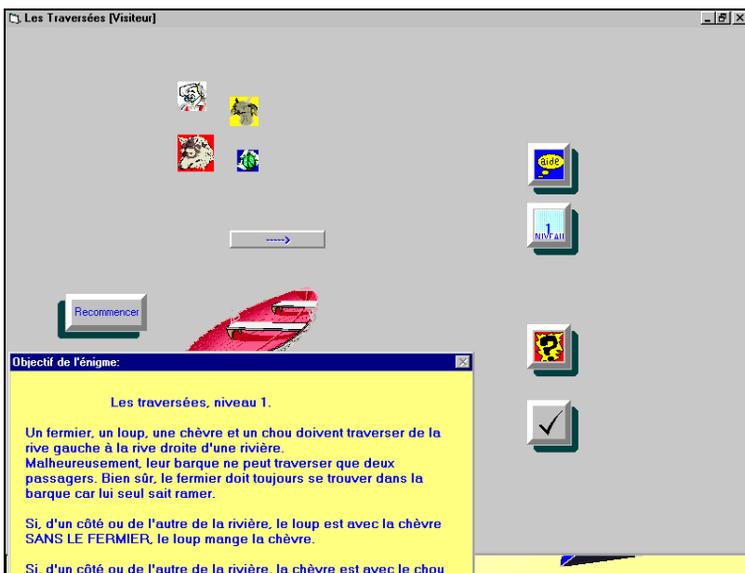
Les hypothèses ne concernent pas forcément l'ensemble de la situation car lors de l'élaboration de la représentation, le sujet peut aussi créer des buts intermédiaires sur la base des constats réalisés à partir des résultats de l'action : il peut créer des buts négatifs par exemple (Richard, 1990), de la forme « éviter de se trouver dans tel état », il peut créer des sous-buts et même ordonner des sous-buts en une planification de l'action.

L'évaluation des hypothèses se fait grâce au feedback fourni par la situation, soit en terme de réussite, soit en terme d'échec, ce qui implique alors de recommencer en élaborant une nouvelle hypothèse à partir de l'analyse de la situation actuelle, ou en testant directement une hypothèse alternative.

Description d'une application type utilisée dans cette situation

« Les douze travaux d'Enigmatix » est une application qui utilise les « grands standards » de l'apprentissage par l'action, comme la Tour de Hanoï, le problème des missionnaires et cannibales, etc. Chaque problème est présenté avec un certain nombre de niveau de difficultés : par exemple, Tour de Hanoï à 3, 4, 5 ou 6 disques. Quand l'utilisateur a choisi le problème qu'il voulait résoudre ainsi que son niveau de difficulté, la situation lui est présentée, ainsi que la consigne (celle-ci peut être directement présente ou activée par le bouton aide). L'utilisateur manipule alors les objets. Deux niveaux de feedback lui sont fournis :

- a) un feedback immédiat : par exemple, dans l'écran ci-dessous, quand le sujet commence par emmener le chou sur la barque, un message lui indique que ce n'est pas une bonne façon de commencer, car alors la loup va manger la chèvre.
- b) un feedback de fin, qui indique au sujet, quand il a validé sa session, si il a réussi ou échoué ; cette réussite à ce niveau et à cet exercice est mémorisée.



Un écran des « Douze travaux d'Enigmatix ».

Quelles aides ?

L'élaboration de la consigne est critique dans la mesure où celle-ci guide l'élaboration de la représentation et peut induire l'élaboration d'une représentation inadéquate, par exemple par l'adoption de fausses contraintes dans les procédures de résolution (de très nombreuses études ont été conduites sur le thème). De simples définitions de mots difficiles ou ambigus pourraient aussi aider le sujet, ainsi qu'une représentation imagée de la situation à traiter.

Une aide ponctuelle à l'élaboration d'une représentation opérationnelle peut intervenir sous la forme d'un pointage des propriétés critiques de la situation, ce qui permettrait de bien catégoriser le problème. Des situations analogues pourraient être proposées, permettant un transfert analogique lorsque celui-ci est possible, c'est-à-dire lorsque l'apprenant a des connaissances antérieures qui le permettent.

Le feedback étant l'élément essentiel de cet apprentissage, il doit exister (peut être seulement à la demande) à toutes les étapes et non pas uniquement de façon différée, en final, sous la forme d'une réussite ou d'un échec. Il peut s'agir par exemple d'informations explicites en terme d'écart au but, de buts négatifs à éviter, de sous-but, d'hypothèses alternatives...

Les apprentissages par instruction

Définition

Cet apprentissage est caractérisé par le fait qu'un tuteur ou expert a pour fonction de transmettre à des novices des connaissances qu'ils n'avaient pas au préalable. Ces connaissances sont déterminées *a priori* : liste d'objectifs, programmes spécifiant les concepts et savoir-faire à enseigner. L'expert planifie la succession des informations, des activités et des contrôles qu'il présente à l'élève. Le rôle du tuteur est double : transmettre des informations et aider les élèves à se les approprier pour en faire des connaissances.

Processus cognitifs impliqués

Comme nous l'indiquons plus haut, les apprentissages par instruction sont fondés sur une activité de compréhension. Cette activité a pour but l'élaboration d'un modèle de situation, soit une représentation mentale, qui est élaborée, dans cette situation, à partir de trois composantes : les informations symboliques constituant le texte (énoncés, dessins, schémas, expression symboliques), la tâche à réaliser (les objectifs poursuivis), les connaissances dont dispose le sujet (Denhière & Baudet, 1992). Ce traitement du discours et cette élaboration d'un modèle de situation vont se traduire par un éventuelle acquisition de connaissances lexicales, de connaissances sur le thème qui est abordé, et plus généralement de connaissances sur le monde.

À un premier niveau donc, le traitement des informations symboliques est un traitement lexical et syntaxique : pour coder le sens d'une phrase, le sujet doit coder le sens des mots et de la structure syntaxique de la phrase. Ce traitement n'est possible que si le sujet connaît le lexique et la syntaxe utilisés dans la phrase, au

moins en partie. Les éléments nouveaux pour lui pourront constituer une gêne, mais aussi être acquis.

À un second niveau, le sujet traite la structure argumentative du discours, *i.e.* l'organisation générale de ce discours, la nature des relations entre les arguments. À ce niveau aussi, d'innombrables expériences montrent que la connaissance préalable de la structure argumentative facilite le traitement tandis que la méconnaissance de cette structure gêne ou empêche le traitement. La connaissance de ces structures s'acquiert manifestement sur le long terme, par la pratique du traitement du type de discours. Il semble par exemple que les enfants maîtrisent la structure de la narration avant les structures de l'argumentation. La connaissance de la structure des articles scientifiques doit être acquise plus tard encore, et par certains sujets seulement (les étudiants, les scientifiques), mais elle joue un rôle prépondérant dans la compréhension des articles scientifiques et dans le repérage des informations à l'intérieur de ceux-ci (Dillon, 1991). Tout ceci a conduit certains chercheurs à avancer qu'allait émerger peu à peu une structure argumentative des hyperdocuments (Andersen 1990), que les sujets allaient acquérir (Bernstein et al., 1991), et que cela faciliterait le traitement de celle-ci.

À un troisième niveau, le sujet élabore un modèle de la situation décrite, à partir du traitement effectué aux deux niveaux précédents et de ses connaissances propres. Autrement dit, les connaissances qu'il a sur le thème abordé et sur la situation décrite (son « niveau dans la discipline » par exemple) vont jouer le rôle de cadre interprétatif au traitement du discours. Ces connaissances peuvent « enrichir » le discours, en y apportant des compléments, plus ou moins pertinents. Et l'absence de connaissances relatives au thème abordé ou à la situation décrite va rendre très difficile ou « faux » le traitement du discours. En retour, les éléments du discours peuvent aboutir à enrichir la connaissance que le sujet avait du thème abordé ou de la situation décrite : cet enrichissement constitue l'apprentissage. Dans cette situation d'apprentissage, on insiste donc classiquement sur le rôle des connaissances antérieures, qui constitueraient un cadre assimilateur pour les informations (voir la notion de champs conceptuels de Vergnaud, 1985). L'acquisition d'une notion ne se fait pas indépendamment des notions qui lui sont liées et il faut considérer dans un apprentissage l'ensemble des notions qui constituent son champ conceptuel. Par exemple, en mathématiques les structures additives, multiplicatives. Dans le cadre de la théorie des schémas, Rumelhart et Norman (1978) distinguent trois formes d'apprentissage, l'apprentissage consistant alors à intégrer de nouvelles informations aux représentations/organisations de connaissances existantes. Ceci nécessite des activités d'élaboration de l'information consistant à produire des inférences :

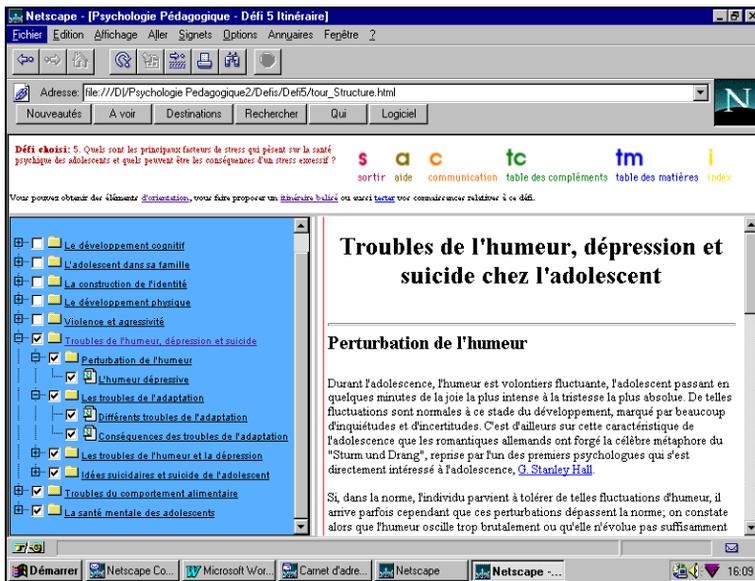
- a) l'enrichissement des schémas existant par adjonction de nouveaux éléments ;
- b) la modification du schéma existant par des réajustements ou des raffinements qui ne touchent pas la structure du schéma ;
- c) la restructuration de schémas et création de nouveaux schémas.
- d) nous ajouterons la suppression.

Enfin, le « cadre problématique » du sujet, *i.e.* l'objectif qui est le sien quand il traite ce discours, va aussi avoir un effet important sur la compréhension et sur la

mémorisation. Ainsi, dans l'exemple qui est donné ci-dessous, les auteurs du cédérom sur la psychologie des adolescents ont envisagé de répondre à des objectifs non exclusifs entre eux, de « traitement exhaustif d'un corpus de connaissances », de « lectures thématiques » autour de défis, et de « lecture dans le but de répondre à des QCM ».

Description d'une application type utilisée dans cette situation

Le cédérom d'enseignement de la Psychologie de l'Adolescent développé à l'Université de Fribourg par Gurtner et ses collègues (Gurtner, 1998) illustre ce que peut être un hypertexte pour l'apprentissage par instruction. À partir d'un contenu organisé de cours, validé par un examen en fin de semestre, les étudiants se voient proposer des accès différents : linéaire, par objectifs (défis), par itinéraire balisé, mais aussi par exploration libre. Des QCM sont proposés, qui permettent à l'étudiant de faire le point sur ses connaissances, notamment par rapport à un objectif (défi).



Un écran correspondant à un défi du cédérom sur la psychologie de l'adolescent

Quelles aides ?

Le premier niveau d'aide dans le domaine des apprentissages par instruction nous semble devoir être lexical et syntaxique : le vocabulaire et les structures syntaxiques utilisés doivent être adaptés aux apprenants, les mots difficiles doivent être définis. Caro et Bétrancourt (1998) montrent par exemple qu'un simple dispositif de fenêtre escamotable est efficace pour les définitions.

Le second niveau d'aide concerne le niveau de la structure argumentative : les arguments doivent être reliés entre eux selon des schémas que connaissent les sujets. Il est probable que de ce côté là, la psycholinguistique développementale

apporte des éléments de réflexions utiles aux concepteurs (voir en France les travaux de Pierre Coirier, de Anne Gombert, etc.).

Le troisième niveau d'aide concerne les connaissances préalables des sujets sur le thème abordé ou sur la situation décrite : il doit y avoir un dispositif de sélection ou de hiérarchisation de l'information en fonction de réponses à un questionnaire d'entrée. Le système doit proposer des représentations graphiques des situations décrites. Le dispositif d'intégration texte/graphique doit permettre une gestion aisée du traitement de la co-référence texte/image (voir Bétrancourt et Caro, 1998). Un feedback doit être fourni sur l'acquisition des connaissances.

Enfin, à un dernier niveau, le système doit permettre de prendre en compte différents types d'objectifs des apprenants. Il doit y avoir une sélection des informations et/ou une structuration de celles-ci en fonction de l'objectif, notamment quand cet objectif est une procéduralisation (transformation d'une connaissance acquise sous forme déclarative en savoir-faire). Comme il existe des différences interindividuelles dans la production d'inférences, il est important d'apporter une aide aux sujets (Vézin, 1986), susceptible de provoquer des élaborations du texte (prise de notes, rédaction de résumés en cours d'apprentissage).

Les apprentissages par exploration

Définition

Dans cet apprentissage le sujet élabore lui-même son objectif, à partir d'un objectif plus large défini par un tuteur, par exemple lors de la demande d'exposé. L'élaboration d'un plan d'action s'avère ici absolument nécessaire dans la mesure où seule une décomposition en sous-buts peut permettre de réaliser l'objectif. Cette étape est critique car complexe. En effet, élaborer un plan nécessite d'évoquer et de sélectionner des procédures, de les décomposer, mais surtout d'évaluer les résultats intermédiaires obtenus grâce à ces procédures. Un autre aspect critique réside dans le recueil des données : identifier les éléments pertinents par rapport au but.

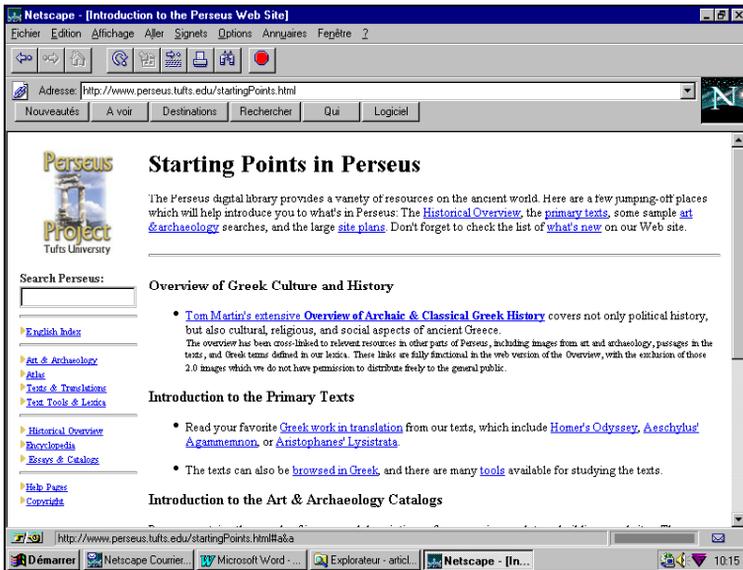
Processus cognitifs impliqués

Il n'y a pas à notre connaissance de théorie des apprentissages par exploration. Rouet et Tricot s'emploient depuis trois ans à élaborer un cadre de description pour cette activité (le modèle ESP, Rouet & Tricot 1995, 1996, 1998), mais ce cadre est très loin pour l'instant de constituer une théorie de l'apprentissage. Tout juste pouvons nous indiquer donc, que les aspects liés à la gestion de la tâche (élaboration d'une représentation du but, évolution de celle-ci en fonction des documents traités), à l'élaboration et à la gestion d'une stratégie de recherche d'information, et enfin au traitement de contenus, doivent être des composants importants de l'activité des sujets. Nous ajouterons que trois mécanismes de gestion cognitive sont mis en oeuvre : la planification, le contrôle, et la régulation.

Description d'une application type utilisée dans cette situation

Le fameux hypermédia Perseus nous semble être un bon exemple de support pouvant être utilisé dans les situations d'apprentissage par exploration. Cette somme

de textes et d'images à propos de la civilisation grecque peut en effet permettre à un enseignant de demander à ses élèves de préparer un exposé sur un thème assez général ayant trait à l'antiquité. Ces élèves seront forcés d'élaborer une stratégie de recherche d'informations dans l'hypertexte, confronter les documents sélectionnés, en élaborer une synthèse puis une présentation, tout cela sans « sortir » de la situation d'utilisation de l'ordinateur. Mais comme l'a bien montré Beaufile (1998) sur une autre application traitant du même thème, la réussite des élèves dépendra fortement de la façon dont ils mettront en œuvre la consigne de départ et de leur degré d'expertise dans l'utilisation des outils de sélection d'informations.



Un accès à Perseus

L'expérience de Pennell et Deane (1995) illustre bien l'analogie entre ce que nous appelons les apprentissages par exploration et une situation bien connue de certaines disciplines expérimentales : les Travaux Pratiques (nous parlons ici des véritables TP, ceux où l'apprenant doit construire un dispositif expérimental, recueillir des résultats, les comparer, et en rendre compte - et non pas des simples « TP de mesure »). Le projet de Pennell et Deane s'inscrit dans un enseignement de Biologie pour des étudiants de Licence en Sciences Appliquées en Australie. L'objectif est d'initier ces étudiants à la méthode expérimentale. Les auteurs sont partis du constat que les modèles de résolution de problèmes ne pouvaient convenir à la description de l'activité de leurs étudiants dans la discipline étudiée (la biologie) avec l'objectif visé (la méthode expérimentale), cette situation ayant une partie exploratoire très importante qui n'est pas prise en compte par les théories de l'apprentissage par l'action². Pennell et Deane ont aussi dû prendre en compte le fait que la phase exploratoire est difficilement réalisable en laboratoire pour une

2 Cette évidence semble d'ailleurs loin d'être envisageable dans l'enseignement de nombreuses disciplines expérimentales, que l'on confond souvent en sciences humaines avec l'enseignement de la statistique, et qui reste fondé sur des cours magistraux et quelques exercices d'applications.

simple raison de coût (des centaines d'étudiants, pendant 6 mois...). Ils ont ainsi proposé un « espace d'exploration thématique » informatisé, où les étudiants ont accès à des théories, à des protocoles expérimentaux, et à des références. À partir de cet espace d'exploration, les étudiants doivent produire une discussion sur un thème donné.

Ce n'est donc pas tant l'intérêt de l'EXAO (Expérimentation Assistée par Ordinateur) que nous voulons souligner ici, mais le caractère « nécessairement exploratoire en termes de documents » de certains apprentissages, qui pourrait bien être présent dans de nombreuses disciplines, et qui pourrait légitimer la conception d'applications éducatives pour les apprentissages par exploration... (bien plus que la mode des cédéroms et de l'Internet ?).

Quelles aides ?

Selon nous, trois niveaux d'aide doivent être proposés pour les apprentissages par exploration : les aides à la gestion de la tâche, les aides à la sélection d'information et les aides à la compréhension.

- a) Les aides à la gestion de la tâche : il s'agit essentiellement d'aider le sujet à se représenter de façon opérationnelle le but qu'il poursuit ; dans certains cas, il faudra aider le sujet à faire évoluer cette représentation, tandis que dans d'autres, il faut l'aider à maintenir cette représentation stable (on sait que le phénomène de désorientation dans l'hyperdocument est souvent dû à un problème de maintien en MDT de la représentation du but). Peut être qu'un affichage du but sous forme de bandeau ou de fenêtre escamotable pourrait aider les sujets sur cet aspect (voir les nombreux travaux de Rouet à ce propos).
- b) Les aides à la sélection d'information doivent à notre sens concerner deux aspects principaux : l'identification claire des catégories d'informations à l'intérieur desquelles le sujet fait un choix et la définition de menus d'accès simples, peu profonds. Comme il est probable que l'on puisse décrire l'activité de choix d'une catégorie comme un calcul de proximité entre la représentation du but et le titre de la catégorie, alors on peut penser que des marqueurs de pertinence, peut être quantitatifs, de ces catégories peuvent être proposés aux sujets.
- c) Les aides à la compréhension ne diffèrent pas, à un premier niveau, des aides à la compréhension que nous avons évoqué plus haut. Mais la compréhension des liens semble être un problème particulièrement sensible dans le contexte des apprentissages par instruction.

DISCUSSION : SITUATIONS DE CLASSE, SITUATIONS D'APPRENTISSAGES ET DÉFINITIONS D'AIDES

La brève analyse que nous avons proposé ci-dessus nous permet d'envisager des pistes de travail pour la conception ou l'évaluation des systèmes hypermédias d'apprentissage qui seraient centrées sur les aides, et qui dépendraient du type d'apprentissage visé par l'application.

Il nous semble aussi possible d'envisager que ces aides soient centrées sur les activités cognitives, comme la répétition, la compréhension et l'exploration, qui sont impliquées à des titres différents dans les trois situations d'apprentissages évoquées.

Les aides à la répétition pourrait consister à fournir une aide à la compréhension de la consigne (visualisation de la situation, définition de mots, etc.), fournir un feedback sur l'interprétation et les contraintes qui pèsent sur les procédures de résolution, mettre en exergue les propriétés critiques de la situation, proposer des situations analogues, fournir un feedback à toutes les étapes (informations explicites en terme d'écart au but, de buts négatifs à éviter, de sous-but, d'hypothèses alternatives...), fournir une analyse du résultat, notamment de l'erreur.

Les aides à la compréhension pourraient consister, entre autres, à adapter le vocabulaire utilisé aux apprenants, définir les mots difficiles, adapter les structures syntaxiques aux apprenants, relier les arguments entre eux selon des schémas que connaissent les sujets, fournir un dispositif de sélection ou de hiérarchisation de l'information en fonction de réponses à un questionnaire d'entrée, proposer des représentations graphiques des situations décrites, permettre, avec le dispositif d'intégration texte/graphique, un gestion aisée du traitement de la co-référence texte/image, fournir un feedback sur l'acquisition des connaissances, permettre une prise en compte de différents types d'objectifs des apprenants, permettre une sélection des informations et/ou une structuration de celles-ci en fonction de l'objectif, fournir une aide susceptible de provoquer des élaborations du texte.

L'ensemble des propositions pour les aides à la répétition et à la compréhension est probablement pertinent pour les aides à l'exploration. Nous suggérons de rajouter qu'il faut aider le sujet dans son élaboration d'une représentation opérationnelle du but, l'aider à faire évoluer cette représentation et à maintenir cette représentation stable, mais aussi faire des menus d'accès simples, peu profonds, identifier clairement les catégories d'informations, fournir des marqueurs de pertinence de ces catégories, aider le sujet à comprendre les liens entre les contenus.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ayers E. Z., & Stasko J. T. (1997). « Using graphic history in browsing the WWW », *International Journal of Human Computers Studies*, 47 (1).
- Bastien C. (1992). « Ergonomics for hypermedia courseware », in A. Oliveira (Ed.), *Hypermedia courseware : structures of communication and intelligent help*, Berlin : Springer Verlag.
- Beaufils A. (1998). « Aide à l'exploitation des bases hypermédias », in A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Approches cognitives et ergonomiques des hypermédias. Hypertextes et Hypermédias*, 2 (1).
- Bernstein M. (1993). « Enactment in informations farming », *Hypertext'93 Proceedings*, Seattle, New York, NY : ACM Press.
- Bernstein M., Brown P. J., Frisse M., Glushko R. J., Landow G., & Zellweger P. (1991). « Structure, navigation and hypertext : the status of the navigation problem », *Hypertext'91 Proceedings*, San Antonio, New York, NY : ACM Press.

- Bétrancourt M. & Caro S. (1998). « Intégrer des informations en escamots dans les textes techniques : quels effets sur les processus cognitifs ? », in A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Approches cognitives et ergonomiques des hypermédias. Hypertextes et Hypermédias, 2 (1)*.
- Bollen J. & Heylighen F. (1997). Dynamic and adaptative structuring of the WWW based on user navigation patterns, <http://pespmc1.vub.ac.br:/FlexHT/Bollen97.html>.
- Bruillard E. & de La Passardièrre D. (1998). « Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage », in A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Approches cognitives et ergonomiques des hypermédias, Hypertextes et Hypermédias, 2 (1)*.
- Caro S. & Bétrancourt M. (1998). « Ergonomie des documents techniques informatisés : expériences et recommandations sur l'utilisation des organisateurs para-linguistiques », in A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Approches cognitives et ergonomiques des hypermédias, Hypertextes et Hypermédias, 2 (1)*.
- Conklin J. (1987). « Hypertext : an introduction and survey », *IEEE Computer*, 20 (9), 17-41.
- Denhière G. & Baudet S. (1992), *Lecture, compréhension de texte et science cognitive*, Paris : PUF.
- Dillon A. (1991). « Reader's models of text structures : the cases of academic articles », *International Journal of Man-Machine Studies*, 35, 913-925.
- Dillon A., McKnight C. & Richardson J. (1993). « Space - the final chapter or Why physical representations are not semantic intentions », in C. McKnight, A. Dillon & J. Richardson (Eds.), *Hypertext, a psychological perspective* (p. 169-192), Chicester : Ellis Horwood.
- Foss C. L. (1989). « Detecting lost users : Empirical studies on browsing hypertext », *Rapport de Recherche INRIA n° 972*, Sophia Antipolis.
- Gamboa Rodriguez F., & Scapin D. L. (1997). « Editing MAD* task description for specifying interfaces, at both semantic and presentation level », in M.D. Harrison & J.C. Torres (Eds.) *Design, specification and verification of interactive systems '97* (p. 193-208), New York : Springer WienNewYork.
- Gurtner J.-L. (1998). *Psychologie pédagogique : l'adolescent (cédérom)*, Fribourg : Centre NTE / Université de Fribourg.
- Holt P. O. & Howell G. (1992). « Making connections : the logical structuring of hypertext documents », *Instructional Science*, 21, 169-181.
- Nanard J. & Nanard M. (1993). « Should anchors be typed too ? An experiment with MacWeb », *Hypertext '93 Proceedings*, Seattle. New York, NY : ACM Press.
- N'guyen-Xuan A. & Richard J.-F. (1986). « L'apprentissage par l'action : l'intérêt des systèmes de production pour formaliser le niveau de contrôle et l'infraction avec l'environnement », in C. Bonnet, J.-M. Hoc & G. Tiberghien (Eds.), *Intelligence artificielle, automatique et psychologique*, Bruxelles : Mardaga.
- Pennel R. & Deane E. M. (1995). « Use of a Web browser for developing investigate skills », *AusWeb '95, First Australian WWW Conference*.
- Pierre C. (1995). *Apprentissage par l'action. Perspective développementale*, Thèse de doctorat, Université Paris V.

- Richard J.-F. (1990). *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*, Paris : Amand Colin.
- Rouet J.-F. & Tricot A. (1995). « Recherche d'informations dans les systèmes hypertextes : des représentations de la tâche à un modèle de l'activité cognitive », *Sciences et Techniques Éducatives*, 2 (3), 307-331.
- Rouet J.-F. & Tricot A. (1998). « Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs », in A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.), *Approches cognitives et ergonomiques des hypermédias, Hypertextes et Hypermédias*, 2 (1).
- Rumelhart D. E. & Norman D. A. (1978). « Accretion, tuning and restructuring : three modes of learning », in R. C. Anderson, J. W. Cotton & R. Klatzky (Eds.), *Semantics factors in cognition*, Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Silva A. P. (1992). « Hypermedia, influence of interactive freedom degree in learning processes », in A. Oliveira (Ed.), *Hypermedia courseware, structures of communication and intelligent help* (p. 145-156), Berlin : Springer Verlag.
- Stanton N.A. (1994). « Exploration into hypertext : spacial metaphor considered harmful », *ETTI*, 31 (4), 276-294.
- Stanton N. A. & Barber C. (1992). « An investigation of styles and strategies in self-directed learning », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1 (2), 147-167.
- Stanton N. A., Taylor R. G. & Tweedie L. A. (1992). « Maps as navigational aids in hypertext environments : an empirical evaluation », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1 (4), 431-444.
- Sweller J., Chandler P., Tierney P. & Cooper M. (1990). « Cognitive load as a factor in the structuring of technical material », *Journal of Experimental Psychology*, 119 (2), 176-192.
- Tricot A. (1995). *Modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation dans les hypermédias*, Thèse de l'Université de Provence, spécialité Psychologie Cognitive. Janvier (294 p.).
- Tricot A. & Bastien C. (1996). « La conception d'hypermédias pour l'apprentissage : structurer des connaissances rationnellement ou fonctionnellement ? », in E. Bruillard, J.-M. Baldner & G.-L. Baron (Eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris : INRP/EPI, p. 57-72.
- Tricot A. & Rufino A. (1998). « L'interactivité au service des apprentissages : effets des modalités d'interaction vs effets du scénario d'interaction », in C. Meunier et G. Jacquinot, (Eds.), « L'interactivité au service de l'apprentissage », *Revue des Sciences de l'Éducation* (Canada), numéro spécial, nov. 98.
- Vergnaud G. (1995). « Concepts et schémas dans une théorie opératoire de la représentation », *Psychologie Française*, 3, 245-252.
- Vézin L. (1986). *Communication des connaissances et activité de l'élève*, Saint-Denis : Presses Universitaires de Vincennes.
- Wentland M. (1996). « Outils d'aide à la génération automatique d'hypertextes pédagogiques », in E. Bruillard, J.-M. Baldner., & G.-L. Baron (Eds.), *Hypermédias et Apprentissages 3*, Paris : INRP/EPI, p. 47-53.