

Modalités et scénarii d'interaction dans des environnements informatisés d'apprentissage

Revue des Sciences de l'Éducation, numéro thématique, XXV (1), 105-129.

Titre courant : Modalités et scénarii d'interaction

André Tricot

Maître de Conférences en Psychologie

IUFM de Bretagne

153 rue de Saint Malo

35 043 Rennes cedex / France

tel : (33) 2 99 54 64 02

fax : (33) 2 99 54 64 20

e mail : andre.tricot@bretagne.iufm.fr

Alain Rufino

Maître de Conférences en Psychologie

Responsable de la MAFPEN

Rectorat de l'Académie d'Aix-Marseille

Place Lucien Paye

13 621 Aix en Provence cedex / France

tel : (33) 4 42 93 88 00

fax : (33) 4 42 93 88 10

Modalités et scénarii d'interaction dans des environnements informatisés d'apprentissage

Résumé

Dans cet article, nous proposons 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. Nous illustrons la distinction entre ces deux niveaux. Nous montrons d'abord, à partir d'éléments de la littérature empirique, les effets que peuvent avoir des options prises à chacun de ces niveaux sur l'activité de l'utilisateur-apprenant. Puis, à partir de notre expérience de concepteurs de CD Roms, nous indiquons des exemples de solutions de conception.

1. Introduction

1.1 Qu'est-ce que l'interactivité ?

Dans l'histoire de l'informatique, le concept d'interactivité est lié, entre autres, à celui d'hypertexte, c'est à dire à l'idée qu'un document électronique ou une application informatique constitue un environnement dans lequel un certain nombre de choix possibles sont présentés à l'utilisateur à l'instant t , et que chacun de ces choix entraîne, à l'instant $t+1$, une modification différente de l'environnement. Ainsi, chaque utilisateur interagit différemment avec l'application selon ses choix, choix qui sont censés opérationnaliser ses buts, ses intérêts, ses motivations... mais aussi, plus prosaïquement, ses capacités à utiliser ce type d'application.

Le concept d'hypertexte s'est considérablement enrichi depuis la célèbre présentation de Conklin (1987). Différents degrés d'interactivité ont pu être définis, mais nous ne nous arrêterons pas là dessus. Nous renvoyons le lecteur à Balpe (1997) pour une présentation détaillée du thème "hypertexte et interactivité".

1.2 Interactivité et apprentissages

L'importation de l'idée d'interactivité dans le domaine des apprentissages a considérablement enthousiasmé un bon nombre de chercheurs, de développeurs et d'enseignants dès les années 86-87. Bruillard (1997) a récemment publié une synthèse des apports de l'interactivité, via l'hypertexte, au domaine des apprentissages. Mais, même si l'on reconnaît ces apports, on est obligé d'admettre que l'interactivité a surtout permis d'éluder (tout en permettant de faire semblant de les prendre en compte) un certain nombre de problèmes classiques de l'enseignement et de l'EAO (Enseignement Assisté par Ordinateur). Du côté de l'enseignement, l'interactivité permet de proposer un même contenu à des apprenants qui peuvent différer quant à leurs objectifs, leur motivation, leur niveau dans la discipline enseignée, leurs connaissances antérieures dans d'autres domaines, etc. Et le principe qui en découle est aussi simple qu'illusoire : puisque, dans un système interactif, chaque utilisateur fait les choix qu'il veut, alors chacun fait les choix qui lui conviennent. Du côté de l'EAO, l'interactivité permet la réalisation d'environnements "dynamiques" moins rébarbatifs que les systèmes d'enseignement programmé, moins austères que

LOGO, et auxquels on peut adjoindre de nombreux sons, couleurs, vidéos, etc. Bref, l'interactivité est avant tout attrayante et nouvelle.

Ces nouvelles possibilités offertes à l'enseignant-concepteur d'environnements d'apprentissage, ont, il faut bien de reconnaître, apporté un considérable renouveau au domaine de l'EAO, devenu pour le coup EIAO (Environnements Interactifs d'Apprentissage assistés par Ordinateur). Dans les faits, pourtant, on a pu remarquer que l'interactivité pouvait aussi générer des problèmes nouveaux (*e.g.* l'utilisateur se perd dans le système) et ne constituer qu'un gadget.

1.3 Deux niveaux d'interactivité

Selon nous, l'interactivité dans un environnement informatisé d'apprentissage se situe à deux niveaux : d'une part, au niveau des relations entre l'utilisateur et la machine ; d'autre part au niveau des relations entre l'apprenant et le contenu d'enseignement. Nous prétendons que certaines difficultés rencontrées par les utilisateurs-apprenants dans un tel environnement viennent du fait que ces deux niveaux peuvent être confondus. Il est possible qu'une mauvaise conception de l'interaction utilisateur / machine gêne la compréhension, la manipulation et donc l'acquisition des contenus d'enseignement. Il est possible aussi qu'une focalisation de la conception sur l'interaction utilisateur / machine cache une absence de conception de l'interaction apprenant / contenus.

Notre point de vue est donc que, non seulement certains problèmes rencontrés par les utilisateurs-apprenants viennent de cette confusion des deux niveaux d'interactivité, mais aussi que ces deux niveaux "interagissent" de sorte que chaque option de conception prise à l'un des niveaux a des conséquences sur l'autre niveau. Ceci a des répercussions sur l'activité mentale de l'utilisateur-apprenant, aussi bien en ce qui concerne l'utilisation de la machine que le traitement des contenus d'enseignement.

L'objectif de cet article est de décrire, à l'aide d'exemples, ces deux niveaux d'interactivité. Nous voudrions aussi évoquer les conséquences que des options prises à chacun de ces deux niveaux peuvent avoir sur l'activité mentale de l'utilisateur-apprenant.

2. Les modalités d'interaction

2.1 Définitions

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. Il s'agit de ce que l'utilisateur-apprenant va percevoir et manipuler. Nous rangeons la disposition des informations à l'écran, la typographie, les couleurs, etc., dans le registre de la perception. De façon un peu plus discutable, nous rangeons la structure du système et les outils de l'interaction (boutons, zones actives, etc.) dans le registre de la manipulation de l'environnement. Enfin, nous pensons que l'interaction entre différents médias sur un même écran (texte / image par exemple) a un effet sur la perception et sur la manipulation des informations.

2.2 La disposition des informations à l'écran

La disposition ou la répartition de l'information sur un écran (traduction approximative de *information display*) a un rôle semble-t-il important mais difficile à cerner.

La disposition de l'information concerne d'abord la disposition des "modules d'information". Les "modules d'information" sont essentiellement les modules fonctionnels (ou syntaxiques), les modules de contenu (ou sémantiques) et les modules mixtes (fonctions dépendantes du contenu). On a pu, par exemple, étudier les effets liés à la compréhension des icônes fonctionnels, à la place de la barre de menu sur l'écran, etc. (*e.g.* Cherry, Fischer, Fryer & Steckman, 1989 ; Giroux & Belleau, 1986 ; Kaltenbach, Robillard & Frasson, 1991 ; Lansdale, Simpson & Stroud, 1990 ; Waterworth, Chignell & Zhai, 1993). Ces recherches ont beau être nombreuses, on ne peut s'empêcher de penser, face à la difficulté à reproduire des résultats, que cette problématique dépend essentiellement de conventions qui, bien qu'ayant tendance à se stabiliser, évoluent dans le temps. Les utilisateurs ne "comprennent" pas mieux que tel bouton de déplacement soit à gauche ou à droite, en haut ou en bas de l'écran : ils ont l'habitude qu'il soit en bas à droite. De sorte que, en ce qui concerne la disposition des) informations à l'écran, la disposition la mieux perçue est souvent celle qui respecte les grandes conventions, les chartes ergonomiques, proposées par exemple par les grands constructeurs (Apple, IBM, etc.) ou les éditeurs de logiciels de conception.

La disposition de l'information concerne aussi la mise en forme du texte (voir la synthèse de Caro et Bétrancourt, sous presse). Certains aspects de cette mise en forme sont mieux perçus que

d'autres, et l'on peut dire qu'à part les restrictions que nous allons évoquer ci-dessous, la perception d'un texte sur écran est régie par les mêmes mécanismes et a les mêmes caractéristiques que la perception d'un texte imprimé sur une feuille de papier. La première différence réside dans le "blanc" : un écran de texte doit être plus aéré qu'une feuille de texte. Selon Coe (1996), la quantité d'espace blanc nécessaire sur un document papier serait de 25 à 40% tandis qu'elle serait de 40 à 60% sur un écran. La seconde différence réside dans l'utilisation d'icônes lorsque l'on recherche un effet de saillance : les icônes sont plus souvent utilisées et avec un bon résultat, sur écran que sur papier (Young & Wogalter, 1990). Mais, comme l'indiquent Caro et Bétrancourt, la présence de caractères spéciaux et d'icônes (co-présence des deux dimensions de saillance) amène de meilleures performances que la présence d'une seule, que ce soit sur écran ou sur papier. Enfin, les polices sans sérif (Helvetica, Geneva par exemple) sont plus adéquates à l'écran tandis que celles avec sérif (Times, New Century, Palatino par exemple) conviennent mieux au papier.

La disposition de l'information concerne enfin la couleur. L'information textuelle est mieux perçue si elle est présentée avec les mêmes couleurs que l'impression papier traditionnelle (fond blanc, tracé noir). Pour d'autres informations, ou pour mettre en valeur telle ou telle partie de l'écran, l'utilisation de la couleur requiert parcimonie et équilibre. Comme on le sait depuis bien avant l'invention de l'ordinateur, la perception est meilleure quand le nombre de couleurs est limité et quand certains contrastes malheureux sont évités (Bruce & Foster, 1982 ; Murch, 1987).

2.3 La structure du système

De très nombreuses recherches ont été conduites depuis le début des années 90 sur les effets des différentes structures que peut avoir un système interactif sur l'utilisation et la compréhension de celui-ci. Ces recherches, fondées sur quelques principes généraux (il faut que l'utilisateur comprenne la logique de la structure du système), se sont rapidement orientées vers des recherches spécifiques à des types de tâches : est-ce que pour telle tâche précise il vaut mieux disposer d'une structure linéaire, hiérarchique, réseau? Quelques résultats ont été répliqués, et l'on dispose actuellement de quelques éléments solides dans ce domaine (Rouet, 1992). Chen et Rada (1996) ainsi que de Vries et Tricot (sous presse) ont fait une synthèse de ces résultats, en mettant en évidence quelques points de convergence et de divergence :

- Une organisation *hiérarchique* (quand on la compare à un index alphabétique) permettrait aux utilisateurs de se faire une meilleure représentation de l'architecture du système, les satisferait plus, structurerait les connaissances de façon plus exacte, et faciliterait la navigation. En revanche, elle paraît moins efficace quand la tâche implique des relations entre les noeuds (Edwards & Hardman, 1989). De plus, c'est ce type d'organisation qui entraînerait le plus d'ouvertures de noeuds non pertinents (Mohageg, 1992).

- 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 (Mohageg, 1992 ; Silva, 1992). D'autres études montrent que dans certaines situations, une organisation linéaire permet de répondre rapidement et efficacement aux questions (McKnight, Dillon & Richardson, 1990). Cependant, le nombre de mots lus est plus important qu'avec un même texte organisé en réseau hypertextuel (Foss, 1989). Cette organisation semble particulièrement bien adaptée à une première utilisation (Oren, Salomon, Kreitman & Don, 1990). Une étude de Gray (1990) 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 noeuds, l'utilisation de ce type d'organisation s'est révélée plus rapide dans l'étude de Wright et Lickorish (1990), mais pas dans celle de Mohageg (1992). Par ailleurs, l'organisation en réseau favoriseraient le phénomène de *looping* (Foss, 1989, désigne ainsi le fait de repasser plus de trois fois par le même noeud), et serait spécifiquement inadéquat aux utilisateurs novices du système ou du domaine (Silva, 1992). Ainsi, un véritable hypertexte est difficile mais des améliorations sont possibles, dans la définition même des mots clés ou dans l'élaboration de bon mécanismes d'interrogation (Nielsen, 1990). Enfin, Tricot (1995) a montré que, 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 noeud, cf. Fig. 1) et de 4 pour le niveau de profondeur (la profondeur est le nombre de noeuds que l'on peut ouvrir "à la suite" sans retour en arrière, cf. Fig. 2).

Insérer ici les figures 1 et 2 .

- Une organisation *combinée* (hiérarchique / réseau) paraît particulièrement pertinente. On trouve par exemple chez Girill et Luk (1992), la description d'une base de donnée hypertextuelle à organisation mixte : l'organisation est globalement hypertextuelle, mais quand l'utilisateur découvre une information importante pour lui, une arborescence se fige autour de la fenêtre concernée. Ces auteurs ne disposent pas vraiment de résultats expérimentaux solides sur l'utilisation de cette organisation.

La principale limite de ces études a été mise en évidence par Dillon (1991), qui a par la suite publié une synthèse sur cette question (Dillon, 1996). Dillon a montré l'importance de la structure rhétorique du document, quelle que soit la structure formelle de celui-ci (c'est exactement le "scénario d'interaction", au sens où nous l'entendons que Dillon désigne par "structure rhétorique du document"). Il montre que le lecteur-utilisateur interagit avec une structure rhétorique, qui, quand il la connaît, lui permet de localiser les informations recherchées. Par exemple, dans un article scientifique, je sais que je vais 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 toutes façons je sais que si je veux trouver l'hypothèse principale de l'auteur il faut que je cherche dans l'introduction. A 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 du LRDC de Pittsburgh (voir par exemple Britt, Rouet & Perfetti, 1996) a montré que l'on retrouvait cet effet aussi 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 argumentative 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 Rouet ont donc permis que les aspects structuraux des systèmes interactifs soient envisagés à deux niveaux : au niveau concret, ils déterminent l'espace de

navigation, c'est à dire l'ensemble des choix ou des manipulations possibles dans le système à un moment donné ; au niveau du contenu, ils déterminent 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.

2.4 Les outils de l'interaction

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-Lucas, 1996 ; Holt, 1992 ; Holt & Howell, 1992 ; Reader & Hammond, 1994 ; Tricot, 1993). Quelques résultats ont été répliqués :

- 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 (Edwards & Hardman, 1989).

- Le double-traitement simultané d'informations générales et d'informations de détail est difficile. C'est pourquoi les *pop up windows* sont tellement intéressantes : c'est l'utilisateur qui choisit à quel moment il veut ajouter tel ou tel média à l'écran qu'il est en train de traiter (Bétrancourt, 1992). Le lecteur en prend connaissance en cliquant sur une icône ou des mots soulignés. 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. La *pop up window* est un dispositif qui permet de diminuer la densité de texte présente de façon permanente à l'écran en affichant, si besoin, des informations complémentaires sans quitter son environnement de travail. Des nombreuses études expérimentales sur l'effet de ce dispositif sur le traitement cognitif du texte ont été répertoriées par Bétrancourt et Caro (sous presse). Ces auteurs montrent que l'utilisation des *pop up windows* 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 *pop up windows* ne seront pas ou peu ouvertes car les lecteurs connaissent déjà les définitions et informations explicatives concernant leur activité. Par contre les lecteurs inexpérimentés pourront consulter les *pop up windows* pour apprendre les

connaissances dont ils ont besoin pour la tâche à effectuer. On peut aussi utiliser des *pop up windows* quand il est nécessaire de trouver rapidement des informations. Une fois que les utilisateurs ont appris à utiliser ce système de fenêtrage ils sont capable de retrouver de l'information plus rapidement (Caro, 1995). Les *pop up windows* facilitent le traitement cognitif d'un document texte-figure et ne perturbent pas l'apprentissage par rapport à une présentation où les deux sources d'information sont présentes en permanence sur l'écran. De ce fait, les *pop up windows* peuvent être préconisés 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.

- 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 (Wright, 1991 ; Wright & Lickorish, 1990, 1994). Ces auteurs ont montré qu'il y a une double raison à cela : (a) l'ajout de fonctionnalités surcharge l'écran, rendant impossible la perception de toutes les fonctionnalités, notamment en début de consultation du système ; (b) l'ajout de fonctionnalités surcharge l'apprentissage, car l'utilisateur doit découvrir et apprendre le fonctionnement de chacune de ces fonctionnalités.

2.5 L'interaction entre différents médias sur un même écran

Enfin, des recherches de plus en plus nombreuses sont consacrées aux effets de l'utilisation simultanée de différents médias sur un même support : texte, images fixes, images animées, son (Levonen, 1996 ; Merlet & Gaonac'h, 1996 ; Katz & Lesgold, 1996). Ces recherches ont certes de nombreux prédécesseurs, comme les études consacrées à la bande dessinée, au cinéma, aux images vidéo, etc. Merlet (sous presse) a établi une synthèse de ces différents travaux. Elle souligne que depuis environ deux décennies, de nombreuses recherches s'attachent à démontrer 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 des textes expositifs ou procéduraux présentés par écrit et la méthodologie la plus courante consiste à comparer deux modes de présentation du matériel (texte seul vs. texte imagé) quant aux

performances à des épreuves de rappel ou des questionnaires de compréhension (Levie & Lentz, 1982; Levin, Anglin & Carney, 1987). Ainsi, Levie et Lentz (1982) montrent, à travers l'examen de 48 recherches, une supériorité très nette des conditions imagées par rapport aux conditions sans image. Sur l'ensemble des études mentionnées, les conditions imagées conduisent à des performances de 36 % supérieures en moyenne. La synthèse plus récente de Levin *et al.* (1987) rapportent des effets facilitateurs qui dépassent encore ceux recensés par Levie et Lentz.

Ces synthèses de travaux permettent d'attester de la robustesse des effets observés dans la mesure où elles recensent des travaux mettant 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 texte, 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.

C'est pourquoi, depuis une dizaine d'années, les recherches prennent une nouvelle orientation : on s'attache désormais, non pas simplement à démontrer 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 (Glenberg & Langston, 1992; Gyselinck, 1996; Schnotz & Kulhavy, 1994; Schnotz, Picard & Hron, 1993).

Enfin, 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 (1996) 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 détriments des détails ou des informations stables.

2.6 Un exemple : la conception des CD Roms "Itinéraire pour un métier"

Nous sommes auteurs d'une série de 21 CD Roms, pour l'information sur les études et les métiers, destinés aux élèves de fin de collège (13-15 ans) et édités par l'ONISEP (Office National d'Information Sur les Études et les Professions). Dix personnes engagées dans un travail de conception durant cinq ans, deux ans de tests de maquettes et les deux thèses que nous avons consacré au sujet nous ont permis, souvent par tâtonnement, de prendre quelques options sur les modalités d'interaction qui semblent convenir aux élèves (Rufino & Tricot, 1995 ; Tricot et Rufino, 1996).

La structure est hypertextuelle avec une limite à 3 en niveau de profondeur et à 5 en niveau de largeur. L'hypertexte est muni d'un index et de deux tables de contenus actives : l'une graphique (entrée par les métiers), l'autre textuelle (entrée par les formations). La police de caractères utilisée est le Helvetica 14 gras. Chaque texte (à gauche de l'écran) est illustré par une image (à droite de l'écran). Les lignes de texte comportent 40 signes en moyenne. Les icônes sont au nombre de 8, disposés en ligne en base de l'écran, et leur fonction s'affiche en bas de l'écran chaque fois que la souris passe sur eux. Le fond d'écran n'est pas blanc mais bleu afin d'obtenir un meilleur contraste avec les mots-boutons verts et rouges.

Insérer ici la figure 3.

3. Le scénario d'interaction

3.1 Définitions

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 (par exemple le CD Rom). Ainsi, le dialogue socratique est un scénario d'interaction entre un apprenant et des connaissances. Le commentaire de texte dans l'enseignement au Moyen-Age est un scénario d'interaction entre un apprenant et des connaissances, etc.

Du côté de l'enseignement programmé, les scénarii skinneriens définissaient la nature de l'interaction entre l'utilisateur-apprenant et les connaissances comme (à peu de choses près) un conditionnement (Skinner, 1963). La théorie béhavioriste de l'apprentissage fournissait donc le cadre de ce type de scénario d'interaction. Avec LOGO, les scénarii imaginés par Papert définissaient l'interaction comme une construction de connaissances à partir de la manipulation d'objets rudimentaires, laissant une grande part au tâtonnement (Papert, 1980). La théorie constructiviste piagétienne de l'apprentissage fournissait donc le cadre de ce scénario d'interaction.

Mais, à la différence des deux exemples que nous venons de citer, il n'y a pas de théorie de l'apprentissage préexistante aux environnements interactifs informatisés d'apprentissage. Plus précisément, comme le montre Rhéaume (1991), la seule théorie de l'apprentissage sous-jacente (Nelson, 1970) est non seulement "idéaliste" ou "farfelue", mais complètement guidée par le développement technologique. Il ne s'agissait pas, pour Nelson, d'élaborer une théorie de l'apprentissage mais de plaquer sur ses idées de développement technologique une théorie de l'apprentissage *ad hoc*. Rhéaume (1991, p. 45) paraphrase ainsi Nelson :

"Laissons à l'étudiant le choix de son objet d'étude, laissons-le décider s'il souhaite se soumettre à une évaluation, donnons-lui une bonne variété de matériel intéressant, fournissons lui un environnement stimulant. Dans ce cas, l'étudiant se trouvera motivé, intéressé à en faire un peu plus que dans le cadre d'enseignement traditionnel. L'étudiant placé assez tôt dans un tel environnement atteindra l'âge adulte avec un esprit vif, marqué par l'enthousiasme et l'intérêt. Toujours anxieux d'en apprendre davantage, il surpassera de beaucoup les gens ordinaires".

A peu de choses près donc, les scénarii d'interaction pédagogiques dans les environnements interactifs sont postérieurs à l'invention de ces environnements. Dans la partie suivante, nous allons tenter d'en décrire quelques uns.

3.2 Des scénarii respectant les principes des hypertextes aux visites de musées

Un des chercheurs les plus fidèles aux idées originelles des inventeurs de l'interactivité est probablement David Jonassen, directeur de la revue de référence dans le domaine : le *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. Pour Jonassen, l'hypermédia est une structure de

connaissances que l'apprenant peut acquérir "telle quelle", par l'acte même de naviguer au sein d'elle. Ainsi, quand on implémente les connaissances d'un expert dans un hypermédia éducatif, les apprenants peuvent acquérir les connaissances de l'expert au cours de la navigation dans l'hypermédia. Mais, comme le reconnaît Jonassen, les choses semblent un peu plus complexes que cela... dès que l'on passe à l'expérimentation et que l'on évalue précisément les connaissances réellement acquises (Jonassen & Wang, 1993). On peut même considérer que, pour l'instant, ce type de tentative conduit à un constat d'échec.

Dans le même ordre d'idées, un certain nombre d'auteurs ont envisagé des scénarii d'interaction pédagogiques proches de la visite de musée. Ainsi Silva (1992) a élaboré un musée virtuel et s'est demandé quelle était l'influence de degré de liberté de navigation sur l'apprentissage. Pour cela, il a proposé quatre scénarii d'interaction avec son musée : séquentiel, libre sans plan, libre avec plan, libre avec plan interactif. Dans la version séquentielle, il n'y a qu'une seule fonction : "continuer". Dans la version libre sans plan, il y a six fonctions : aller en face, tourner à gauche, à droite, tourner à 180°, monter ou descendre les escaliers. L'utilisateur peut avancer ou reculer. Dans la version libre avec plan, l'utilisateur peut appeler un plan général du musée, où son emplacement lui est signalé. Dans la version libre avec plan interactif, l'utilisateur peut cliquer sur n'importe quelle partie du plan, et il se retrouve à l'endroit correspondant dans le musée. Quand l'utilisateur estime avoir fini sa visite, l'expérimentateur lui demande de répondre à un questionnaire comprenant des questions relatives au contenu (global, précis) ou à localisation spatiale des contenus. 40 enfant de 11-13 ans ont participé cette expérience (10 par condition). Les résultats obtenus montrent l'intérêt du plan par rapport aux autres conditions, et du plan interactif en particulier. La condition libre sans plan est de loin la moins favorable à la compréhension et à la localisation.

Ce type de scénario se retrouve aujourd'hui dans les CD Roms culturels, où apprendre est assimilé à "accéder à des bases de documents et s'y promener" (Bruillard & de La Passardière, sous presse). Ce type d'apprentissage peut être rangé dans la catégorie des apprentissages par la découverte ou apprentissages par exploration, mais, à notre connaissance, il n'existe pas de recherches empiriques rigoureuses qui permettrait de dire dans quelles situations d'apprentissage ces applications peuvent être réellement utiles. Et l'on peut suivre Beaufils (sous presse) qui souligne la

fréquente inadéquation des modalités d'interaction de ces produits dans des situations d'apprentissage.

L'ensemble des scénarii pédagogiques les plus fidèles aux idées des pionniers (Bush, 1945, et Nelson, 1965), donc fondés sur le principe de libre navigation dans un corpus de connaissances, n'ocultent malheureusement pas une évidence : s'il suffisait de "lâcher" des apprenants dans une bibliothèque ou dans un musée pour qu'ils apprennent, cela ferait longtemps que cette pratique très économe de l'enseignement serait répandue.

3.3 Des scénarii pédagogiques classiques dans des environnements interactifs

Ce constat d'échec a conduit certains chercheurs à développer des applications hypermédias au service d'un scénario d'interaction plus conventionnel et mieux défini. Par exemple, lors des 3èmes Journées "Hypermédias et Apprentissages" (Bruillard, Baldner & Baron, 1996), un vidéodisque interactif destiné à la formation des élèves de l'école des métiers de la table de Paris a été présenté (Sauvage, 1996). Les images et les sons étaient d'une qualité exceptionnelle. Le scénario d'interaction était clairement béhavioriste, et semblait reproduire les modalités d'enseignement de l'école qui avait conçu ce produit : stimulus, réponse, gratification, sanction. Une autre application, Modélisa (Viens, 1996), proposait un scénario d'interaction d'inspiration constructiviste, destiné aux apprentissages collaboratifs. Nous ne connaissons malheureusement pas de résultats expérimentaux qui viendraient étayer l'intérêt de ces démarches.

De très nombreux travaux ont envisagé l'importation du scénario pédagogique classique "cours / exercices" dans les environnements interactifs informatisés. Il s'agit de rendre l'apprenant actif en lui faisant produire des solutions à des problèmes, ou plus vaguement, en lui faisant produire des textes, des structures de textes, des parcours, etc. Par exemple, l'environnement Correl... (Coste, 1996), dédié à l'enseignement de la physique à l'université, possède deux niveaux : celui du cours (base de connaissances hypermédia) et celui des exercices (problèmes, mesures, simulations à paramétrer). Localement, chaque exercice possède des liens vers une ou plusieurs parties de la base de connaissances, qui peut elle même être explorée indépendamment des exercices. Les deux niveaux sont clairement distingués (codes couleurs, taille de l'écran, etc.). Mais c'est surtout l'évolution de ce projet depuis 6 ou 7 ans qui est intéressante : conçu au départ comme un

environnement pour l'apprentissage par exploration (Coste, 1991), le produit propose aujourd'hui une articulation entre apprentissage par l'action et apprentissage par instruction. Cette évolution est simplement due à un certain constat d'échec de la première version, qui n'intéressait pas les étudiants. L'EIAO Roboteach (Leroux, 1996) est aussi un bon exemple d'environnement d'apprentissage à deux niveaux (par l'action et par instruction), destiné à l'articulation théorie / pratique dans le domaine de l'enseignement de la technologie. De nombreuses publications en attestent (voir la revue de littérature de Tricot, 1995) : il semble que ce type de scénario soit efficace pédagogiquement dans les environnements interactifs informatisés, dès lors que les modalités d'interaction permettent à l'utilisateur de s'y retrouver. Mais, comme le remarquent Bruillard et de La Passardière (sous presse), il reste à définir l'intérêt d'outils qui ne font que reproduire ce que l'on fait déjà en classe.

Tricot et Bastien (1996), s'inspirant des réflexions d'Inhelder et Cellérier (1992), argumentent d'un point de vue psychologique sur cette question. 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 (voir par exemple Myles-Worsley, Johnston & Simons, 1988, et Norman, Brooks, Coblenz & Babcook, 1992), 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. L'hypermédia constitue un bon environnement de contextualisation de connaissances, et présente l'avantage sur les autres environnements d'apprentissage de laisser à l'apprenant l'initiative du choix du contexte. Cette contextualisation passe par des phases d'exploration et de compréhension d'un corpus de connaissance, ainsi que par la fonctionnalisation de connaissances lors d'exercices. Pour ces auteurs (voir aussi Bastien, 1997), la difficulté de la conception d'environnements interactifs d'apprentissage réside dans la différence des formats de connaissances, selon qu'il s'agit d'un corpus de connaissance à explorer (connaissances rationnellement organisés), à transformer (exercices) ou à réutiliser en situation (connaissances fonctionnelles).

3.4 La conception des CD Roms "Itinéraire pour un métier"

L'objectif pédagogique des CD Roms "Itinéraire pour un métier" est d'informer les élèves des lycées et des collèges sur les métiers et les études. La démarche proposée consiste à permettre à l'élève de "s'auto-informer" : trouver les informations qu'il cherche, explorer des voies qu'il ne connaît pas bien, affiner progressivement ses choix, corriger ses *a priori*, ses erreurs, et surtout, comprendre ce qu'il lit, pour ressortir vraiment informé de la consultation d'un document. Pour l'élaboration de cet outil, nous avons conduit des recherches de terrain, auprès d'élèves des lycées et des collèges (Rufino, 1981 ; Rufino & Tricot 1994, 1995 ; Tricot, 1995 ; Tricot & Rufino, 1996). Nous avons identifié deux priorités pour la conception ce système de "pédagogie de l'information" : (a) il ne faut pas diffuser des documents contenant beaucoup d'informations mais concevoir de véritables documents pédagogiques adaptés aux questions, au niveau de langue, au fonctionnement des élèves ; (b) il faut à la fois proposer le plus large choix dans l'accès à l'information, dans les délais les plus courts, tout en aidant l'élève à s'y retrouver, à disposer d'informations compréhensibles et utiles pour fonder son choix d'orientation.

Cette conception est passée par la réponse à quatre questions :

Question 1. Quelles représentations les élèves se font-ils des professions et des études sur lesquelles nous devons les informer?

Réponse 1. Nous avons conduit une enquête de terrain, auprès de plus de 2000 enfants, sur les 350 métiers présentés dans les CD Itinéraires. Les détails de cette démarche et les résultats sont présentés dans l'article de Rufino et Tricot (1994). Nous avons, pour chaque métier, une réponse aux sous-questions suivantes :

- Étant donné l'objectif d'information d'un conseiller d'orientation sur telle profession, quelle est la proportion, le "champ couvert" par les élèves des lycées et des collèges en termes de connaissances? Quelles sont aussi les aspects abordés par les élèves et qui ne concernent pas cette "représentation utile" de la profession?

- Comment est structurée cette représentation des élèves : comment leur connaissance de tel ou tel métier est-elle découpée en thèmes? Quels sont les systèmes de classification utilisés, les principaux ancrages, les réseaux de concepts qui constituent la ou les représentations produites?

- Comment cette représentation est-elle susceptible d'évoluer : quelles sont les réactions du réseau de concepts que constitue la représentation à des apports d'éléments nouveaux ou à des contradictions?

Question 2. Quelles caractéristiques doit avoir un texte pour être compris des élèves?

Réponse 2. Il faut adopter un niveau de langue simple, ou adapté aux élèves, pour rédiger les documents (une dizaine de règles de choix lexicaux et syntaxiques ont été conçues), et présenter l'information selon une structure simple, repérable et invariante.

Question 3. Comment aider les élèves à trouver les informations qu'ils cherchent?

Réponse 3. En connaissant mieux le fonctionnement de l'élève en situation d'auto-information. Deux types de stratégies complémentaires (qui alternent) sont utilisées par les élèves : l'approfondissement détaillé d'un aspect déjà connu, et l'exploration globale, balayage rapide, d'un domaine peu connu. Le plus surprenant (au premier abord) est que, spontanément, l'élève va vers les aspects qu'il connaît déjà. En fait, dans ce type de situation, l'élève a besoin d'une phase de repérage du contenu et de l'organisation du document, phase qui, si elle n'est pas "réussie", altère gravement la prise d'information. L'alternance que nous avons proposée, entre des questionnaires d'évaluation et des textes d'information, est spontanément intégrée par les élèves dans la consultation du document.

Il faut aussi connaître les questions qu'il se pose : les questions que se pose l'élève en situation d'auto-information sur un métier concernent (par ordre décroissant de fréquence) les études, la nature du travail, les qualités requises, les conditions de travail, l'accès à l'emploi et possibilités de carrière.

Il faut fournir des aides pédagogiques à la stratégie de questionnement. La simplicité de la structure de présentation des métiers permet à l'élève de s'approprier rapidement une structure globale pertinente pour gérer son questionnement. L'auto-évaluation des manques n'est pas totalement satisfaisante, en particulier pour ce qui est des erreurs dont on a rarement conscience. C'est pourquoi le CD Itinéraire propose à chaque utilisation de passer un questionnaire rapide qui permettra à l'élève de bien localiser ses connaissances et ses manques, ceci afin d'organiser de la manière la plus pertinente et la plus économique, sa recherche d'information.

Il faut détecter et corriger ses erreurs. Les connaissances sont l'objet d'élaborations pour lesquelles les aspects organisationnels apparaissent déterminants, amenant à considérer les représentations comme des réseaux sémantiques à la fois complexes, interconnectés et dynamiques, sur lesquels intervient le processus d'information. La correction des erreurs dans cette organisation ne peut plus apparaître comme la simple substitution d'éléments erronés par des éléments exacts dans une logique où ceux-ci seraient indépendants les uns des autres : la correction d'une erreur (que l'on peut considérer comme un des aspects du processus d'information) consiste en une reconstruction, même localisée, d'éléments et de relations ; la correction d'une erreur locale entraîne parfois des "réactions en chaîne" dans les réseaux constitués, et aboutit parfois à générer des erreurs ou des incertitudes là où il n'y en avait pas auparavant ; on assiste à une plus ou moins grande "résistance" des noyaux erronés à la correction, en fonction de leur aspect plus ou moins central dans la représentation (nombre d'éléments et de relations concernés dans le réseau sémantique) ; on rencontre un butoir quantitatif à la correction des erreurs en une seule séance, que l'on peut expliquer par la difficulté à maîtriser le processus de réélaboration, dès lors qu'un trop grand nombre d'éléments et de relations entrent en jeu.

L'ensemble de ces remarques conduit à l'idée qu'il est nécessaire de prévoir une aide à la correction des erreurs dans tout dispositif pédagogique d'auto-information.

Enfin, l'aspect conjoncturel et "vivant" des représentations nous a incité à concevoir la pédagogie de l'information comme un processus étalé dans le temps afin de permettre, au moins aux éléments principaux de la représentation, de se stabiliser sur des formes pertinentes et efficaces, c'est à dire de devenir des connaissances.

Question 4. Comment concevoir un système interactif permettant des démarches individuelles, centrées sur la problématique de l'élève?

Réponse 4. Après de nombreuses expérimentations et évaluations des différentes maquettes, nous avons choisi : une structure stable, strictement similaire d'un métier à un autre, fondée sur 5 accès correspondant aux 5 questions que les élèves se posent le plus souvent à propos d'un métier (cf. supra, réponse 3) ; une structure simple ; des paragraphes de textes courts, un seul paragraphe par écran, expliquant chacun une notion et une seule ; environ 25 paragraphes de textes par métier ;

un questionnaire et correction des erreurs, systématiquement sur chacune des 25 notions présentées dans le document : une erreur détectée contraint l'élève à ouvrir l'écran "corrigeant" cette erreur ; un guide de consultation dynamique indiquant non seulement la structure du document mais aussi l'état de la consultation de l'élève, chaque fois que celui-ci le demande.

4. Discussion : quelle interaction entre les modalités et le scénario ?

La rencontre avec des dizaines d'équipes de concepteurs d'environnements interactifs d'apprentissage nous conduit à penser, sans que cela ait la moindre valeur scientifique, que les enseignants-concepteurs s'intéressent plus à l'élaboration du scénario pédagogique qu'à la définition de modalités d'interaction convenables... quand ils ne tombent pas dans la "gadgetisation" (syndrome très répandu au début des années HyperCard). Il semble difficile à certains d'entre eux d'admettre que la réussite de leurs bonnes idées pédagogiques passe par un long travail de conception de modalités d'interaction. Ainsi, il n'y a aucune raison pour qu'en ce domaine les choses diffèrent des autres domaines de l'informatique : il ne suffit pas de connaître et d'appliquer quelques règles de base de l'ergonomie des interfaces pour concevoir de bonnes modalités d'interaction. Chaque interface est particulière aux contenus et aux objectifs du système. On peut procéder, lors du travail de conception, comme nous avons procédé dans cet article : en séparant les modalités d'interaction du scénario d'interaction. En conception classique, on considère même que le scénario d'interaction doit être défini avant d'aborder les modalités d'interaction (Nanard & Nanard, 1995). Mais séparer dans le temps ces deux aspects de la conception ne signifie pas qu'ils sont indépendants. Au contraire, ils sont strictement dépendants l'un de l'autre. Cette dépendance est hiérarchique et linéaire en conception classique (Nanard & Nanard, 1995) et rétroactive en conception opportuniste (Fraïssé, Nanard & Nanard, 1996) : pour ces auteurs, la relation entre la conception du scénario et celle des modalités d'interaction peut être fondée sur des boucles courtes de feed-back expérimental.

La conception d'un scénario d'enseignement destiné à un environnement informatisé interactif n'est pas simple. Les idées de Bush ou de Nelson ne sont pas des théories de l'apprentissage, ni même de la conception d'environnements d'apprentissage. La solution qui

consiste à réimporter de vieilles théories de l'apprentissage, voire des manuels d'enseignement (Wentland Forte, 1996), apparaît comme limitée. Car l'interactivité permet d'envisager des environnements d'apprentissages où autonomie, individualisation et action sont potentiellement accessibles comme dans aucune situation d'apprentissage auparavant. Selon nous, les scénarii d'interaction dans les environnements interactifs d'apprentissage sont à inventer.

La présentation succincte de notre travail de concepteurs a peut être permis au lecteur de repérer des traces d'idées piagétienne ou du courant de la cognition sociale, mais aussi beaucoup de tâtonnements et d'opportunisme... pour aboutir à un scénario d'interaction simpliste et strictement particulier à la situation d'auto-information sur les métiers et les études. Comme nous débutons dans ce genre d'activité, nous avons entièrement conçu le scénario d'interaction avant d'envisager le moindre détail en terme de modalités d'interaction. Nous avons confié cet aspect à des spécialistes (la société Systèmes Média Services) et avons évalué empiriquement différentes options.

Outre ces considérations pratiques, c'est aussi la "faiblesse" des théories psychologiques des apprentissages qui nous conduit à penser que tout est encore à inventer en matière de scénarii d'interaction en environnement informatisé d'apprentissage. Le dernier ouvrage de Bastien (1997) fait bien le tour des limites des approches constructivistes et cognitivistes classiques en matière de théorie de l'apprentissage. Les approches plus récentes du néo-béhaviorisme connexionniste, d'un côté, aussi bien que les conceptions de la cognition située ou de la psychologie culturelle, d'un autre côté, ne fournissent aucun cadre qui soit à la fois suffisamment concret, robuste et général (au sens où la théorie de Piaget a pu fournir ce cadre à Papert). L'idée même qu'il puisse exister une théorie générale des apprentissages semble aujourd'hui dépassée. Les rapports entre la conception d'environnements interactifs d'apprentissage et les théories de l'apprentissage sont donc très ouverts. Et, comme l'indiquait Anderson (1987) il y a dix ans, les environnement informatisés constituent sans doute l'un des meilleurs moyens d'étudier les apprentissages et d'en tester des théories.

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé d'envisager à deux niveaux l'interaction entre un apprenant et un système interactif d'apprentissage : le niveau des modalités et le niveau du scénario. Ces deux niveaux sont strictement dépendants l'un de l'autre lors de la conception. La réussite de l'un passe par la réussite de l'autre. Mais l'élaboration de scénarii semble souvent privilégiée au détriment des modalités d'interaction. Si la littérature empirique est riche du côté de l'analyse des effets des modalités d'interaction, elle est extrêmement pauvre du côté de l'analyse des effets des scénarii d'interaction. Et la dépendance entre ces deux niveaux empêche de considérer les résultats expérimentaux sur les effets des modalités d'interaction comme pouvant fournir des solutions toutes faites et universelles pour la conception. Nous avons défendu le point de vu selon lequel les scénarii d'interaction sont à inventer, de façon particulière à chaque situation d'apprentissage. Nous avons prétendu que les théories de l'apprentissage ne fournissent pas des solutions toutes faites et universelles en matière de conception de scénarii, mais qu'au contraire, les environnements interactifs d'apprentissage fournissent un bon cadre pour l'étude des apprentissages.

6. Références bibliographiques

- Anderson, J.R. (1987). Methodologies for studying human knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 467-505.
- Balpe, J.-P. (1997). Hypertexte et interactivité. *Hypertextes et Hypermédias*, 1 (1), 11-22.
- Bastien, C. (1997). *Les connaissances, de l'enfant à l'adulte*. Paris : Armand Colin.
- Beaufils, A. (sous presse). Aide à l'exploitation des bases hypermédias. *Hypertextes et Hypermédias*, 2 (1).
- Bétrancourt, M. (1992). Interaction texte / figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage. *Rapport de Recherche INRIA n°1781*, Grenoble.
- Bétrancourt, M., & Caro, S. (sous presse). Intégrer des informations en escamots dans les textes techniques : quels effets sur les processus cognitifs ? *Hypertextes et Hypermédias*, 2 (1).
- Britt, M. A., Rouet, J.-F. & Perfetti, C. A. (1996). Using hypertext to study and reason about historical evidence. In J.-F. Rouet, J.J. Levonen, A. Dillon & R.J. Spiro, (Eds.) *Hypertext and Cognition* (pp. 43-72). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.

- Bruce M., & Foster J.J. (1982). The visibility of colored characters on colored backgrounds, viewdata displays. *Visible Language*, 16 (4), 382-390.
- Bruillard, E. (1997). *Des machines à enseigner*. Paris : Hermès.
- Bruillard, E., Baldner, J.-M., & Baron, G.-L. (Eds.), (1996). *Hypermédiat et Apprentissages 3*. Paris : INRP
- Bruillard, E., & de La Passardière, B. (sous presse). Hypermédiat et apprentissages : État de la question. *Hypertextes et Hypermédiat*, 2 (1).
- Bush, V. (1945). As we may think. Reprinted in J.M. Nyce & P. Kahn (Eds.), (1991). *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the mind's machine* (pp. 85-110). Boston : Academic Press.
- Caro, S. (1995). *Rôle des organisateurs para-linguistiques dans la consultation des documents électroniques*. Thèse en Sciences de l'Information et de la Communication, Université de Grenoble.
- Caro, S., & Bétrancourt, M. (sous presse). Ergonomie de la présentation des documents sur écran : guide pratique. *Hypertextes et Hypermédiat*, 2 (1).
- Chen, C., & Rada, R. (1996). Interacting with hypertext : A meta-analysis of experimental studies. *Human-Computer Interaction*, 11 (1), 125-156.
- Cherry, J.M., Fischer, M.J., Fryer, B.M., & Steckman, M.J. (1989). Modes of presentation for on-line help : full screen, split screen and windowed formats. *Behaviour & Information Technology*, 8 (6), 405-416.
- Coe M., (1996). Sensation perception and user documentation. *Intercom*, 02/96, 13-15.
- Conklin J. (1987), Hypertext, an introduction and survey. *IEEE Computer*, 20 (9), 17-41.
- Coste, J.-P. (1991). Gestion de stratégie d'accès à l'information. *2èmes Journées EIAO de Cachan*. ENS de Cachan.
- Coste, J.-P. (1996). *Modèle d'accréditation des compétences. Développement d'un système appliqué aux sciences physiques*. Département AutoFormation et Hypermédiat, Université de Provence.

- De Vries, E., & Tricot, A. (sous presse). Étude des relations entre le but d'une activité et les caractéristiques de l'utilisation d'un hypermédia. *Hypertextes et Hypermédiats*, 2 (1).
- Dee-Lucas, D. (1996). 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* (pp. 73-107). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- 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. (1996). 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* (pp. 25-42). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum.
- Edwards, D.M., & Hardman, L. (1989). 'Lost in hyperspace' : cognitive mapping and navigation in a hypertext environment. In R. McAleese (Ed.), *Hypertext : Theory into practice* (pp. 105-125). Oxford : Intellect Ltd.
- Foss C. L. (1989), Detecting lost users, Empirical studies on browsing hypertext. *Rapport de recherche INRIA*, n°972, Sophia Antipolis.
- Fraïssé, S., Nanard, J., & Nanard, M. (1996). Generating hypermedia from specifications by sketching multimedia templates. *Multimedia'96 Proceedings* (pp. 120-124). Boston. ACM Press
- Girill T.R. et Luk C.H. (1992), Hierarchical search support for hypertext on-line documentation. *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 571-585.
- Giroux, L., & Belleau, R. (1986). What's on the menu? The influence of the menu content on the selection process. *Behaviour & Information Technology*, 5 (2),169-172.
- Glenberg, A. M., & Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated text : Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151.
- Gray, S.H. (1990). Using protocol analyses and drawing to study mental model construction during hypertext navigation. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2 (4), 359-377.

- Gyselinck, V. (1996). Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'Année Psychologique*, 96 (3), 195-516.
- Holt, P.O. (1992). User-centred design and writing tools : designing with writers, not for writers. *Intelligent Tutoring Media*, 3 (2/3), 53-63.
- Holt, P.O., & Howell, G. (1992). Making connections : the logical structuring of hypertext documents. *Instructional Science*, 21, 169-181.
- Inhelder, B., & Cellérier, G. (Eds.), (1992). *Le cheminement des découvertes de l'enfant*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- Jonassen, D., H., & Wang, S. (1993). Acquiring structural knowledge from semantically structured hypertext. *Journal of Computer-Based Interaction*, 20 (1), 1-8.
- Kaltenbach, M., Robillard, F., & Frasson, C. (1991). Screen management in hypertext systems with rubber sheet layouts. *Hypertext'91 Proceedings*, (pp. 91-105). San Antonio. ACM Press.
- Katz, S., & Lesgold, A. (1996). Students' use of textual and graphical advising resources in a coached practice environment for electronic troubleshooting. *UCIS'96 Conference*, Poitiers.
- Lansdale, M.W., Simpson, M., & Stroud, T.R., (1990). A comparison of words and icons as external memory aids in an information retrieval task. *Behaviour & Information Technology*, 29 (2), 111-131.
- Leroux, P. (1996). Intégration du contrôle d'objets réels dans un hypermédia. Un exemple d'implantation dans le système ROBOTTEACH. In E. Bruillard, J.-M. Baldner & G.L. Baron (Eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 3* (pp. 237-244). Paris : INRP.
- Levie, W. H., & Lentz, R. (1982). Effect of text illustrations : A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30, 195-232.
- Levin, J. R., Anglin, G. J., & Carney, R. N. (1987). On empirically validating functions of pictures in prose. In D. M. Willows & H. A. Houghton (Eds.), *The Psychology of illustration : Vol. 1. Basic research*. New York : Springer-Verlag.
- Levonen, J.J. (1996). The complexities of newspaper graphs. *UCIS'96 Conference*, Poitiers.
- Lowe, R. (1996). Interactive animated diagrams : what information is extracted? *UCIS'96 Conference*, Poitiers.

- McKnight, C., Dillon, A., & Richardson, J. (1990). A comparison of linear and hypertext formats in information retrieval. In R. Mc Aleese & C. Green (Eds.), *Hypertext : State of the Art* (pp. 10-19). Oxford : Intellect Ltd.
- Merlet, S. (sous presse). Niveaux de traitement et intégration des informations multimédia. L'exemple de la compréhension orale en langue étrangère. *Hypertextes et Hypermédiâs*, 2 (1).
- Merlet, S., & Gaonac'h, D. (1996). Pictures and listening in a foreign language : analysis in terms of cognitive load. *UCIS'96 Conference*, Poitiers.
- Mohageg, M.H. (1992). The influence of hypertext linking structures on the efficiency of information retrieval. *Human Factors*, 34 (3), 351-367.
- Murch G.M. (1987). Colour graphics - blessing or ballyhoo ? In R.M. Baeker & W.A.S. Boxtton (Eds.), *Human-Computer Interaction - A Multidisciplinary Approach* (pp. 333-341).
- Myles-Worsley, M., Johnston, W.A., & Simons, M.A. (1988). The influence of expertise on X-Ray image processing. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory and Cognition*, 14 (3), 553-557.
- Nanard, J., & Nanard, M. (1995). Hypertext design environments and the hypertext design process. *Communications of the ACM*, 38 (8), special issue "Designing hypermedia applications", 49-56.
- Nelson, T. (1970). No more teachers' dirty looks. *Computer Decisions*, Sept., 16-23.
- Nelson, T.H. (1965). A file structure for the complex, the changing and the indeterminate. *Proceedings of the 20th ACM National Conference* (pp. 84-100). ACM Press.
- Nielsen J. (1990), *Hypertext and hypermedia*. Boston : Academic Press.
- Norman, G.R, Brooks, L., Coblenz, C.L., & Babcook, C.J. (1992). The correlation of feature identification and category judgments in diagnostic radiology. *Memory & Cognition*, 20 (4), 344-355.
- Oren T., Salomon G., Kreitman K. et Don A. (1990). Guides, characterizing the interface. In B. Laurel (Ed.), *The art of HCI design* (pp. 367-382). Reading : Addison Wesley.
- Papert, S. (1980). *Jaillissement de l'esprit*. Paris : Flammarion.

- Reader, W., & Hammond, N. (1994). Computer-based tools to support learning from hypertext : concept mapping tools and beyond. *Computers Education*, 22 (1/2), 99-106.
- Rhéaume, J. (1991). Hypermédias et stratégies pédagogiques. In B. de la Passardière & G.-L. Baron (Eds.), *Hypermédias et apprentissages* (pp. 45-58). Paris : INRP.
- Rouet, J.-F. (1992). Cognitive processing of hyperdocuments : when does nonlinearity help? In D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard & P. Paolini (Eds.), *ECHT'92, Proceedings of the 4th ACM Conference on Hypertext* (pp. 131-140). Milano. ACM Press.
- Rufino, A. (1981). *Les représentations du monde social et professionnel chez des enfants d'âge scolaire*. Thèse en Sciences de l'Éducation, Université de Lyon.
- Rufino, A. & Tricot, A. (1994). Les représentations professionnelles des collégiens et des lycéens. Étude préparatoire à la mise au point d'un logiciel d'autodocumentation assisté par ordinateur. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 23 (2), 215-231.
- Rufino, A. & Tricot, A. (1995). Présentation psychopédagogique du CD Rom autodocumentation "CD Itinéraire". *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 24 (4), 463-480.
- Sauvage, C. (1996). Vidéo Interactive Pédagogique, ADMT / EPMT. *3èmes Journées Hypermédias et Apprentissages*. Chatenay Malabry.
- Schnotz, W., & Kulhavy, R. W. (1994). *Comprehension of graphics*. Amsterdam : Elsevier.
- Schnotz, W., Picard, E., & Hron, A. (1993). How do successful and unsuccessful learners use texts and graphics ? In W. Schnotz (Ed.), *Comprehension of graphics in texts*. Oxford : Pergamon Press.
- 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* (pp. 145-156). Berlin : Springer Verlag.
- Skinner, B.H. (1963). L'avenir des machines à enseigner. *Psychologie Française*, 8 (3), 170-180.
- Tricot, A. (1993). Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif. In G.L. Baron, J. Baudé & B. de la Passardière (Eds.), *Hypermédias & Apprentissages 2*. Paris : INRP.

- Tricot, A. (1995). *Modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation dans les hypermédias*. Thèse en Psychologie Cognitive, Université de Provence.
- 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* (pp. 57-72). Paris : INRP.
- Tricot, A., & Rufino, A. (1996). La recherche d'information dans un système d'auto-documentation informatisé. *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, 25 (4), 557-587.
- Viens, J. (1996). Modélisa, un environnement d'apprentissage collaboratif enrichi d'outils cognitifs. *3èmes Journées Hypermédias et Apprentissages*. Chatenay Malabry.
- Waterworth, J.A., Chignell, M.H., & Zhai, S.M. (1993). From icons to interface models : designing hypermedia from the bottom up. *International Journal of Man-Machine Studies*, 39, 453-472.
- Wentland Forte, 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* (pp. 47-53). Paris : INRP.
- Wright, P. (1991). Cognitive overheads and prostheses : some issues in evaluating hypertexts. *Hypertext'91 Proceedings*, (pp. 1-12). San Antonio. ACM Press.
- Wright, P., & Lickorish, A. (1990). An empirical comparison of two navigation systems for two hypertexts. In R. McAleese & C. Green (Eds.), *Hypertext : State of the Art* (pp. 84-93). Oxford : Intellect Ltd.
- Wright, P., & Lickorish, A. (1994). Menus and memory load : navigation strategies in interactive search tasks. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, 965-1008.
- Young, S.L., & Wogalter, M.S. (1990). Comprehension and memory of instruction manual warnings : conspicuous print and pictorial icons, *Human Factors*, 32 (6), 637-649.

Figure 1. *Le niveau de largeur 4.*

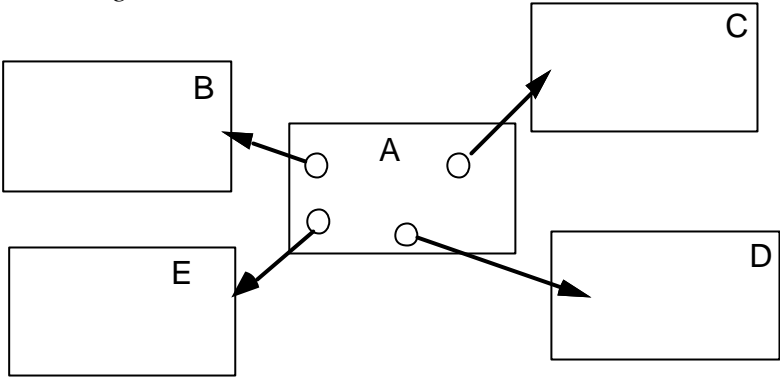


Figure 2. *Le niveau de profondeur 4.*

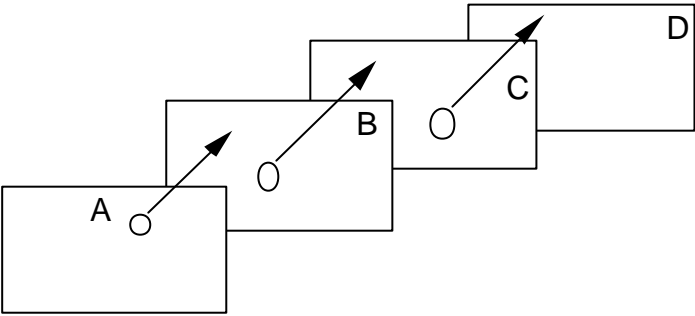


Figure 3. Un exemple d'écran d'un des CD Itinéraire.

