

UN POINT SUR L'ERGONOMIE DES INTERFACES HYPERMEDIA

par A. TRICOT*

SUMMARY

Ergonomics for hypermedia interfaces : state of the art

Hypermedia is a new data processing tool, widely diffused since 1987. It allows a set of document units (text, picture, sound) to be structured in a non-linear way. This non-linearity allows the author to define different access routes and contexts for the same knowledge unit, and, more generally, to represent knowledge without logic or set constraints. In practice, users can freely choose their path during document processing. Therefore they can perform fuzzy goal tasks, like browsing activity in information retrieval tasks, but also learning, solving problems, searching, collaborating, etc.

On the technical side, hypermedia is usually supported by a quite simple object-oriented language. It is easy to design, and profoundly changes CAL, DBMS, and electronic museums. More generally, the concept of document non-linearity is becoming integrated in any data processing system, any time it is (or seems) relevant.

Unfortunately, even if this kind of tool is easy to use, users get lost in hypermedia documents. And, since the end of the 80's, different academic disciplines have focused on a new research trend : the study of navigation in hypermedia. I will try, in this paper to take stock of this research. I argue that it could be a good way to define some aspects of an ergonomic designing of hypermedia.

After a brief description of hypermedia, its advantages and applications (part II), I will draw up a list of hypermedia ergonomic problems (part III) : getting lost seems to be the consequence of user's difficulties to manage simultaneously two cognitive activities : processing and locating. Other problems are analysed as false problems generated by many "hypermedia illusions". Then I try in part IV, to answer the following questions : What are the technical solutions? What are the cognitive aspects of the problem, from the points of view of AI and cognitive psychology? What results have been obtained? When is hypermedia really useful? It is noted that different academic disciplines work on different problems formulated in different ways. But it is also possible to identify an almost coherent set of works which results are relevant for cognitive ergonomics : domain modelling, design activity, user modelling. The lack of work on task modelling is emphasized. Finally (part V), I will rough out a cognitive ergonomics frame for hypermedia systems : domain modelling, user modelling, and task modelling interface are conceived as components of interface and system designing. This frame should be completed by research and collaborations with AI, cognitive psychology, and application domains.

Key words : *hypermedia, navigation, learning, information retrieval, interface.*

* Centre de Recherche en Psychologie Cognitive (CREPCO - URA CNRS n°182), Université de Provence, 29, av. Robert Schuman, 13 621 Aix en Provence Cedex. e-mail : tricot@fmop22.cnusc.fr

I - INTRODUCTION

Les hypermédias se développent amplement depuis la fin des années 80. Ce succès doit beaucoup au marketing (diffusion gratuite d'HyperCard sur Macintosh), et à l'ergonomie : les outils hypermédia sont faciles à concevoir et à utiliser. Ils ont permis de développer des applications dans des domaines où l'opérateur ne peut pas définir clairement son but par avance : par exemple, dans de nombreuses situations de recherche d'information, le but peut évoluer, et n'être cerné que progressivement. En EAO les hypermédias ont induit, en proposant la définition de plusieurs contextes pour chaque connaissance, des situations où le choix du sujet à un rôle central : ce choix est censé être pertinent par rapport au but à atteindre ou peut aider à cerner ce but.

Mais, bien évidemment, les facilités évoquées plus haut ne garantissent ni la qualité du système, ni la réalisation de la tâche envisagée par l'utilisateur. Dans un article de référence, Conklin (1987) identifie le principal problème de ces systèmes comme étant celui de la "désorientation de l'utilisateur". Le but du présent article est de faire le point sur ce problème d'utilisation en termes ergonomiques. Nous commencerons par définir les outils hypermédia (chapitre II), puis nous décrirons les principaux problèmes d'utilisation (chapitre III). Le chapitre IV présente les solutions proposées à ces différents problèmes, ainsi que des travaux qui apportent des éléments de réponse. Enfin, dans le chapitre V, nous proposons un cadre général pour la conception ergonomique des interfaces hypermédia.

II - QU'EST-CE QU'UN HYPERMEDIA?

Définition

Un hypermédia est un ensemble de documents stockés sur support informatique, sous la forme de noeuds connectés par des liens. Il consiste à mettre en relation deux niveaux (Fig. 1), le niveau des documents et le niveau de la base de données, le second niveau "organisant" le premier. Les noeuds sont constitués de textes, et/ou d'images, et/ou de sons, et/ou d'animations (vidéo par exemple). Chaque lien part d'un ancrage (mot, morceau d'image, zone d'écran, icône) dans le noeud d'origine, cet ancrage étant manifesté par un bouton (mot en gras, surligné, partie encadrée, icône). Le niveau "base de données" a un ensemble de caractéristiques, dont la plus importante est peut-être l'absence potentielle de contrainte :

- a) sur les liens, il n'y a pas, a priori, de contrainte logique, ni sémantique, ni ensembliste,
- b) sur les noeuds il n'y a pas, a priori, de contrainte de contenu, ni de taille.

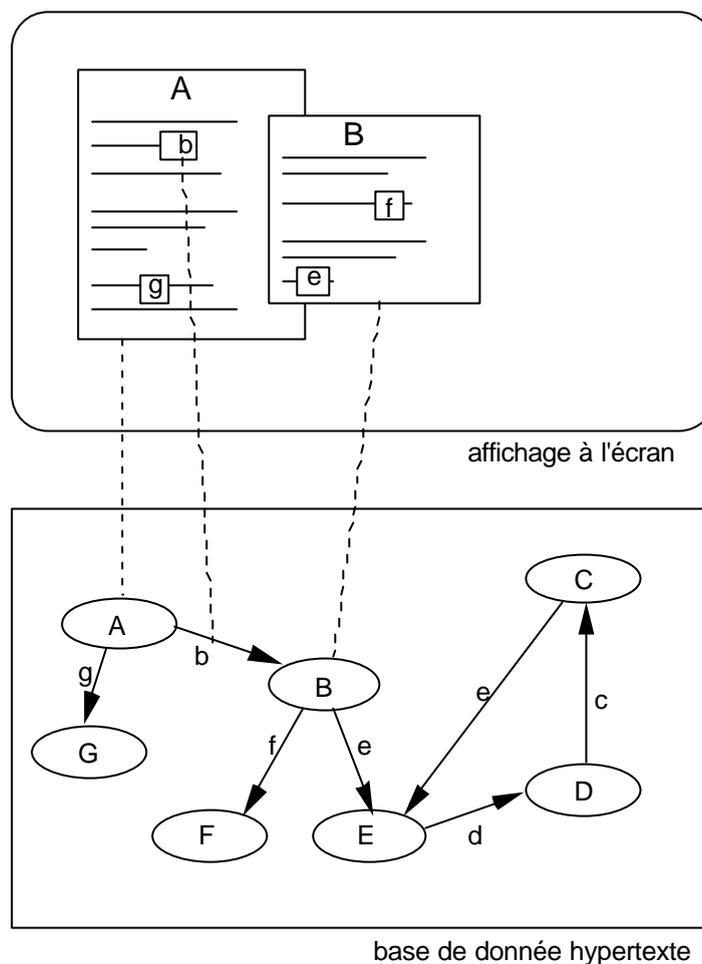


Fig. 1. - L'hypertexte, d'après Conklin (1987, p.18) *The hypertext : a set of nodes connected by links to manage full text units*

C'est l'utilisateur qui choisit son trajet parmi les données : ce type de système constitue un ensemble de configurations virtuelles.

Idées de départ

La "philosophie" des hypermédias est la libre association entre les éléments de connaissance (Bush, 1945) et la possibilité pour l'utilisateur de faire des ajouts personnels, voire de stocker l'ensemble des connaissances humaines (Nelson, 1981). Dans l'absolu, avec un système qui "constitue un ensemble de configurations virtuelles", les notions d'auteur et de lecteur devraient disparaître au profit de la notion d'utilisateur (Nelson, 1981) : le lecteur devient l'auteur de sa propre configuration du document.

D'un point de vue cognitif, l'argument des pionniers dans le domaine tient en un mot : l'utilisation est plus "naturelle" ou "intuitive". Pour ces non-psychologues, "naturel" semble concrètement vouloir dire :

- limitation du nombre de procédures, ou,
- intégration des procédures, comme dans les modèles des schémas (Norman et Rumelhart, 1975),
- fonctionnement de la mémoire sur un mode associatif "peu logique", comme dans le modèle de mémoire sémantique de Collins et Loftus (1975).

On peut associer cette "philosophie des hypermédias" à l'apparition des ordinateurs personnels et des interfaces conviviales (modules d'information, menus déroulants) et à la "philosophie Macintosh" : les chercheurs sont les mêmes (Engelbart, Kay, Nelson), leur problématique de départ aussi (rendre l'ordinateur non pas plus puissant mais plus utilisable).

La lecture des textes de ces pionniers du domaine montre deux choses :

- leurs bonnes idées étaient le produit d'intuitions plus que de démarches scientifiques ; si les langages objets ou les hypermédias ont des qualités ergonomiques ou même une légitimité psychologique, ce n'est qu'a posteriori. L'exception notable dans le domaine est Frank Halasz, qui s'est lancé dans la conception de son générateur d'hypermédias NoteCards juste après avoir fini sa thèse en psychologie cognitive, en 1983.
- l'utilisation du graphisme n'a jamais été un principe directeur dans leur façon de concevoir une interface. L'aspect graphique des interfaces n'est qu'un aspect secondaire. Nelson (1990) dit même en substance que les gens de chez Apple n'ont rien compris... aux raisons du succès du Macintosh qui ne doit pas grand chose aux icônes.

Les avantages des hypermédias

Facilité d'utilisation et de conception : l'utilisateur n'a pas à apprendre un langage d'interaction avec le système, ni les différentes fonctionnalités de celui-ci, pour l'utiliser. Par exemple, cette facilité permet de faire une recherche d'information sans passer par un langage de requête. Du côté de la conception, les hypermédias sont simplement des (pseudo-)langages objets¹ faciles à programmer, avec, par exemple dans HyperCard, une interface graphique intégrée : ainsi le concepteur voit "au fur et à mesure" ce qu'il fait et peut modifier localement ou globalement n'importe quel aspect de son système (programme ou interface).

Liberté de choix : à chaque étape de l'utilisation le sujet effectue le choix du prochain noeud à voir. Ce choix peut être "sémantique" : l'utilisateur clique sur un bouton en fonction de sa signification. Ce choix peut aussi être "syntaxique" : l'utilisateur clique sur un bouton en fonction de sa fonction (noeud suivant, précédent, retour au départ, chapitre suivant, ...). Ainsi les hypermédias permettent de définir un contexte et des accès différents pour une même connaissance. Plus largement, ces systèmes permettent de représenter des connaissances sans contrainte logique, ni hiérarchique, ni ensembliste.

Buts flous : la grande nouveauté des hypermédias comme "outils cognitifs" c'est de permettre aux utilisateurs d'avoir des buts mal définis. Dans l'activité de *browsing* (to browse = explorer, butiner, en quelque sorte "flâner parmi les données"), c'est en fonction des réponses du système que le sujet va cerner progressivement son problème.

Les hypermédias sont susceptibles d'être intégrés dans des situations de travail où la tâche de l'opérateur est "occasionnelle", mal connue ou mal définie par celui-ci, où le but peut être cerné par approximations successives : aide, recherche d'information, prise de décision, apprentissage, collaboration,

¹ Il n'y a pas de véritable "nature informatique" des hypermédias : certains sont supportés par des langages objets, d'autres par de simples générateurs de liens, d'autres encore par des "boîtes à outils".

etc. Un des problèmes des hypermédias est bien que l'on ne peut faire, pour le moment, qu'une description relativement générale et abstraite des situations où ces outils apportent quelque chose de nouveau et d'utile.

Applications

Certains produits sont conçus selon une "logique hypermédia" : bases de données, systèmes d'EAO, musées électroniques. Pour les systèmes d'EAO, l'argument classique est qu'un hypermédia n'impose pas de parcours : ainsi l'apprenant pourra naviguer librement parmi les données, choisissant ce qui l'intéresse, ce qui lui semble pertinent, en utilisant le "mode d'apprentissage" qui lui convient. Cet argument est séduisant, mais très vague. On peut trouver, sur des points très précis comme l'acquisition d'un schéma² de résolution d'un problème donné, des études comme celle de Pierce, Duncan, Gholsn, Ray et Kambi (1993), qui ont montré qu'une exploration relativement libre de l'espace problème, sans contrainte de cheminement vers le but, produit un schéma de meilleure qualité qu'une exploration contrainte (cheminement dirigé vers le but).

Pour les bases de données, les interfaces hypermédias facilitent une démarche de "browsing" qui présente trois avantages principaux (Thomson et Croft, 1989 : il n'est pas besoin de formuler précisément par avance une recherche, la procédure d'interrogation est plus facile, il y a un "feed-back" direct de l'interrogateur sur ses sélections (selon la pertinence ou non des sélections).

D'autres produits incluent l'hypermédia localement, notamment au niveau de l'interface ; la non-linéarité s'introduit peu à peu dans n'importe quelle sorte de système informatique, chaque fois que l'on estime cela pertinent. Par exemple, tout un courant de recherches est consacré à l'utilisation de l'hypertexte comme interface : pour une base de données objet, pour un poste de commande, etc. En France, les travaux d'Andonoff (Andonoff, Canillac, Mendiboure et Zurfluh, 1992 ; Andonoff, Mendiboure, Morin, Rougier et Zurfluh, 1993) sont bien représentatifs de ce courant. Un autre courant important est consacré à l'interface requête de l'utilisateur / base de connaissances dans le cadre d'une recherche d'information. Le problème consiste à identifier les noeuds reliés à la requête de l'utilisateur (Croft et Turtle, 1989 ; Frisse et Cousins, 1989). On trouve aussi chez Guinan et Smeaton (1992) ou Dunne et Verbruggen (1993), l'utilisation des liens typés comme aides à la présentation : ces auteurs ont conçu un système qui, à partir de l'analyse de la requête de l'utilisateur, détermine un ensemble réduit de noeuds et propose une visite guidée de cet ensemble, selon un ordre déterminé par la signification des liens entre noeuds et par la proximité des noeuds aux concepts principaux évoqués dans la requête.

Enfin, en représentation des connaissances, on peut développer des modèles hypermédia, dans la lignée des modèles objets. Ces dernières applications concernent surtout l'aide à la structuration des connaissances. Voir par exemple MacWeb (Nanard et Nanard, 1991) ou Aquanet (Marshall, Halasz, Roger et Jansen, 1991 ; Marshall et Rogers, 1992).

Un exemple : le système Autodoc (Rufino et Tricot, 1993) est un hypertexte à la frontière entre EAO et base de données (Fig. 2). Il permet à des élèves de collège et de lycées de rechercher des informations

² Un schéma est un type de connaissance complexe acquise par le sujet, qui lui permettra de traiter une situation nouvelle à partir de sa connaissance "schématique" de ce type de situation.

sur les métiers et les études. Le niveau de détail de ces informations est choisi, à chaque étape, par l'élève lui-même. Nous avons représenté l'état du réseau quand un élève a choisi de consulter la rubrique "nature du travail" du métier de "psychiatre" qu'il a trouvé dans "les métiers de la médecine", ou par ordre alphabétique, ou à partir de la rubrique "activités de soins". Il va cliquer sur "problèmes mentaux des enfants" pour en avoir une définition. Il peut, à partir de là, obtenir la définition de "toxicomanie", dans laquelle il trouvera des boutons (mots soulignés) consacrés à certains types de soins, etc. En cliquant sur "médecin généraliste" ou "neurologue", il va "sortir" du métier de psychiatre. Les autres rubriques du métier de psychiatre sont accessibles par la barre de menu. Il est possible de faire dérouler linéairement l'ensemble des noeuds décrivant le métier de psychiatre.

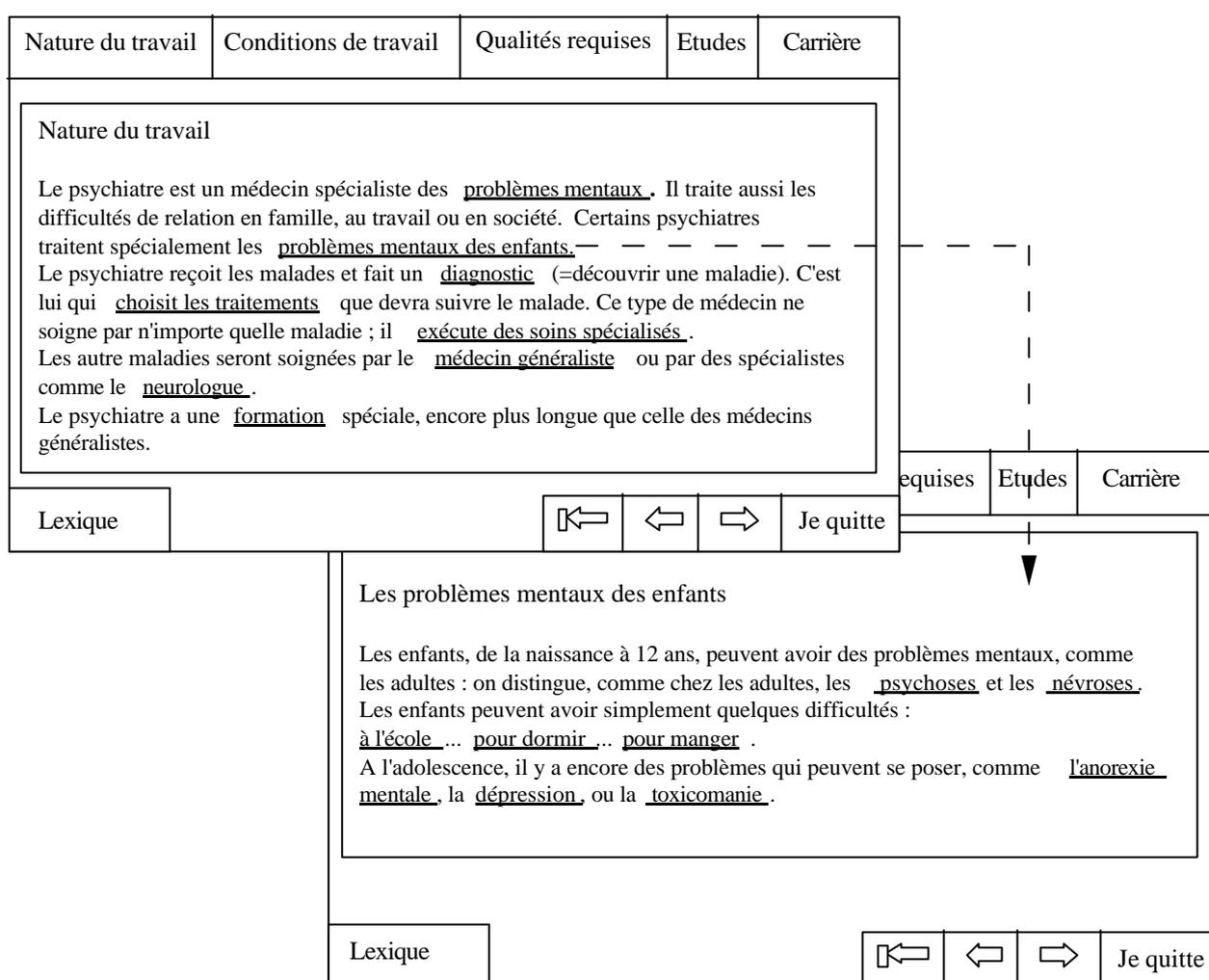


Fig. 2. - Autodoc : un exemple d'hypertexte

Autodoc : a hypertext tool for vocational guidance

En résumé, les outils hypermédia, fondés au départ sur quelques bonnes intuitions, sont considérés comme un progrès ergonomique. Ils sont bien diffusés, vont l'être de plus en plus (ne serait-ce que pour les facilités de conception qu'ils offrent), et s'intègrent localement, notamment au niveau de l'interface, dans la

conception d'autres produits informatiques. Cependant les buts que peuvent remplir ces systèmes, les tâches pour lesquelles ils aident vraiment l'opérateur, ainsi que les stratégies qu'ils peuvent supporter, restent à préciser.

III - LES PROBLEMES ERGONOMIQUES DES HYPERMEDIAS

Quelques "faux problèmes"

Une première catégorie de problèmes ergonomiques des hypermédias vient simplement d'une double illusion :

a) on considère la navigation dans un hypermédia comme adaptée au consultant "puisque'il est libre de naviguer comme il veut",

b) on considère que les hypermédias peuvent supporter toutes les activités et résoudre tous les problèmes.

Certains ont pensé que l'on avait enfin trouvé le moyen de présenter n'importe quel type de texte à l'écran. Dillon (1993) cite un passage de Jonassen (1982) : "dans 10 ans le livre tel que nous le connaissons aujourd'hui sera obsolète". Or :

c) dans un hypermédia on n'a la liberté de choisir que les liens que le concepteur a décidé de créer (alors que, comparativement, dans un livre on peut aller de n'importe quel mot à n'importe quel autre mot de n'importe quelle page),

d) la liberté de navigation ne garantit absolument pas la réalisation d'une tâche, ni même l'adaptation à l'utilisateur,

e) les hypermédias ne peuvent aider l'opérateur que dans les situations où il est important d'avoir des accès ou des contextes différents pour une même connaissance et où les buts peuvent être mal définis. D'un autre côté, ils peuvent être utiles au niveau de l'interface en limitant le temps d'apprentissage de l'utilisateur.

Cependant, on voit bien que ces "réponses" précisent plus ce que l'on ne peut pas faire que ce que l'on peut faire. Le point (e) est encore trop vague pour guider la conception ergonomique d'un système.

Les "vrais" problèmes ergonomiques des hypermédias

Il n'est pas rare qu'un utilisateur se perde dans un hypermédia, par rapport à ses buts et à la façon de les atteindre (Conklin, 1987). Foss (1988) a identifié deux dimensions à ce problème :

- *localisation* : ne pas savoir où l'on est, ou ne pas savoir comment accéder à quelque chose que l'on croit exister, arriver à un endroit et ne plus savoir pourquoi on est là, se perdre en digressions, ne pas savoir s'il reste des documents pertinents dans le système,

- *traitements* : quand on voit trop d'informations, sans outil pour les traiter, on ne retient rien : on a oublié quelles sélections on a fait précédemment, on n'est pas capable de se représenter une vue d'ensemble ou un résumé cohérent. Sur l'exemple présenté dans la figure 1, on peut imaginer qu'un utilisateur fasse le parcours suivant :

A - B - E - C - D - E

Il est possible, qu'arrivé à E, plus rien ne soit intéressant pour lui et qu'il ait oublié d'où il vient et/ou comment l'on y retourne.

Les problèmes de localisation et de traitement sont partiellement dus à un fait (dont on ne sait absolument pas comment il va évoluer) : dans chaque hypertexte, la structure globale de relation et la signification de chaque relation sont particulières (il n'y a pas de convention, pas de code).

En résumé, quand on navigue dans un hypertexte, on doit à chaque instant prendre des décisions, ce qui, normalement, doit être supporté par un bon contrôle de l'activité et de la compréhension (Rouet, 1992a). Le problème concerne la mise en place de traitements et de localisations en fonction d'un but à atteindre, les deux types d'activité étant contrôlées localement (sous-buts non définis à l'avance) et globalement (but).

Un exemple : les problèmes des applications à l'enseignement

1° niveau : certains arguments ergonomiques peuvent amener à penser que les environnements hypermédia en général et la consultation libre en particulier sont inadéquats à l'apprentissage "d'une tâche complexe et abstraite" (Dufresne, 1992). Amigues (1992) remarque aussi que ce type d'environnement est incompatible avec une démarche d'EAO, qu'il décrit comme un guidage précis et une évaluation presque pas à pas.

D'autres récusent ces arguments (Tricot, 1993a) :

- en ce qui concerne la complexité de la tâche, les échecs recensés semblent beaucoup plus dus à une mauvaise analyse de la tâche de la part des concepteurs, ainsi qu'à une mauvaise modélisation des processus d'apprentissages en jeu. Par exemple, un tutoriel consacré à Excel (soit un outil dédié à l'enseignement d'un ensemble de procédures), n'a aucune raison d'être hypermédia : une procédure est une suite pré-définie d'actions, alors que le principe hypermédia est de ne pas pré-définir de séquences. En revanche, un système d'aide consacré à Excel, par les différents accès qu'il propose et par son adaptation aux différents contextes, a tout lieu d'être partiellement hypertextuel (mais on comprend bien que dans cette situation, le problème fondamental consiste à indexer les réponses du système d'aide).
- en ce qui concerne le guidage, un "guidage intelligent" est tout à fait réalisable dans un environnement hypermédia, qui peut notamment accroître le rôle du sujet dans l'apprentissage (voir par exemple les travaux de M. Bastien, 1992).

2° niveau : Gaonac'h et Rouet (1992), par exemple, récusent l'idée de guidage pour poser le problème à un niveau plus profond : ils font très justement remarquer qu'il n'y a pas de raison spéciale pour que l'utilisateur fasse les choix de navigation en harmonie avec son "style d'apprentissage" ou avec ses objectifs. Leur argument est le suivant : il y a deux niveaux de contraintes sur chaque utilisation : (a) les contraintes statiques (objectifs, connaissances de l'utilisateur sur le domaine), et (b) les contraintes dynamiques, qui concernent la progression de l'utilisateur ; cet utilisateur fait des choix en fonction des informations fournies par le concepteur à l'étape en cours et de la nature des étapes par lesquelles l'utilisateur est passé (et donc des informations fournies par le concepteur aux étapes précédentes) : la

liberté et la pertinence des choix de l'utilisateur est donc complètement dépendante du travail du concepteur.

Le principal problème cognitif en jeu ici (le traitement de documents non-linéaires) concerne un traitement "double" : traitement du contenu des documents / traitement des relations entre ces contenus. En enseignement encore plus que dans d'autres domaines, le traitement des relations ne doit pas altérer le traitement des contenus. Les travaux de Sweller (1988 ; Sweller, Chandler, Tierney et Cooper, 1990) montrent bien l'importance de ce double niveau dans la compréhension des énoncés de problèmes, dans la résolution de problèmes... et les répercussions que cela peut avoir sur l'apprentissage de la résolution de problèmes. Sweller a par exemple étudié le rôle de la présentation matérielle d'un support destiné à l'apprentissage de schémas de résolution. Selon lui, il ne faut pas que ce support intègre des sources disparates d'information mutuellement référées. Il a notamment montré l'efficacité des "présentations intégrées" : par exemple, pour une équation, l'écriture de l'équation, la courbe et les commentaires sur les points importants sont sur le même graphique.

On aura remarqué que ce double niveau de traitement est celui-là même qui est impliqué dans la compréhension de textes. Or, des aspects spécifiques des environnements hypermédia (le rôle joué par le sujet dans le choix des parcours, l'absence de nombreux repères habituels des textes linéaires, notamment l'ordre) rendent le problème différent. Ce n'est que sur un nombre limité de points que l'on peut espérer bénéficier des apports de la recherche en compréhension de textes.

En résumé, on se perd facilement dans un système hypermédia. Ce phénomène, identifié comme l'un des principaux problèmes à résoudre dans le domaine, semble être dû à la difficulté de gérer cognitivement un double niveau de traitement (niveau des contenus / niveau des relations). Le niveau des relations est de plus impliqué dans le problème de la localisation des données, ce qui rend le traitement de ce type de documents différent d'autres types de traitements mieux connus. Le chapitre IV est consacré aux différentes "solutions" envisagées, ces solutions portant sur un des aspects représentés dans la figure 3. Nous y avons simplement représenté de façon synthétique les différents points évoqués plus haut.

IV - LE POINT SUR LES TRAVAUX

Les chercheurs dans ce domaine proposent un certain nombre de "solutions" aux problèmes de navigation, provenant d'approches très diverses : informatique, intelligence artificielle, psychologie cognitive. L'intérêt de ces auteurs pour l'ergonomie des interfaces hypermédiées est, selon le cas, plus ou moins évident. Nous présentons ces travaux à partir des points abordés dans la figure 3 : les outils pour l'interface, la structuration de la base, la modélisation de l'activité du sujet et de la tâche. Nous rapportons aussi des travaux consacrés à l'influence de certains aspects de l'interface ou de la base de données sur l'utilisation. En revanche, nous ne rapportons pas de démarche générale sur la conception d'interfaces hypermédia, puisque ce genre de travail n'existe pas (pour un état détaillé, voir Tricot, 1994). Cette partie intégrera des sources très différentes, de niveau technique ou expérimental, dans différentes disciplines.

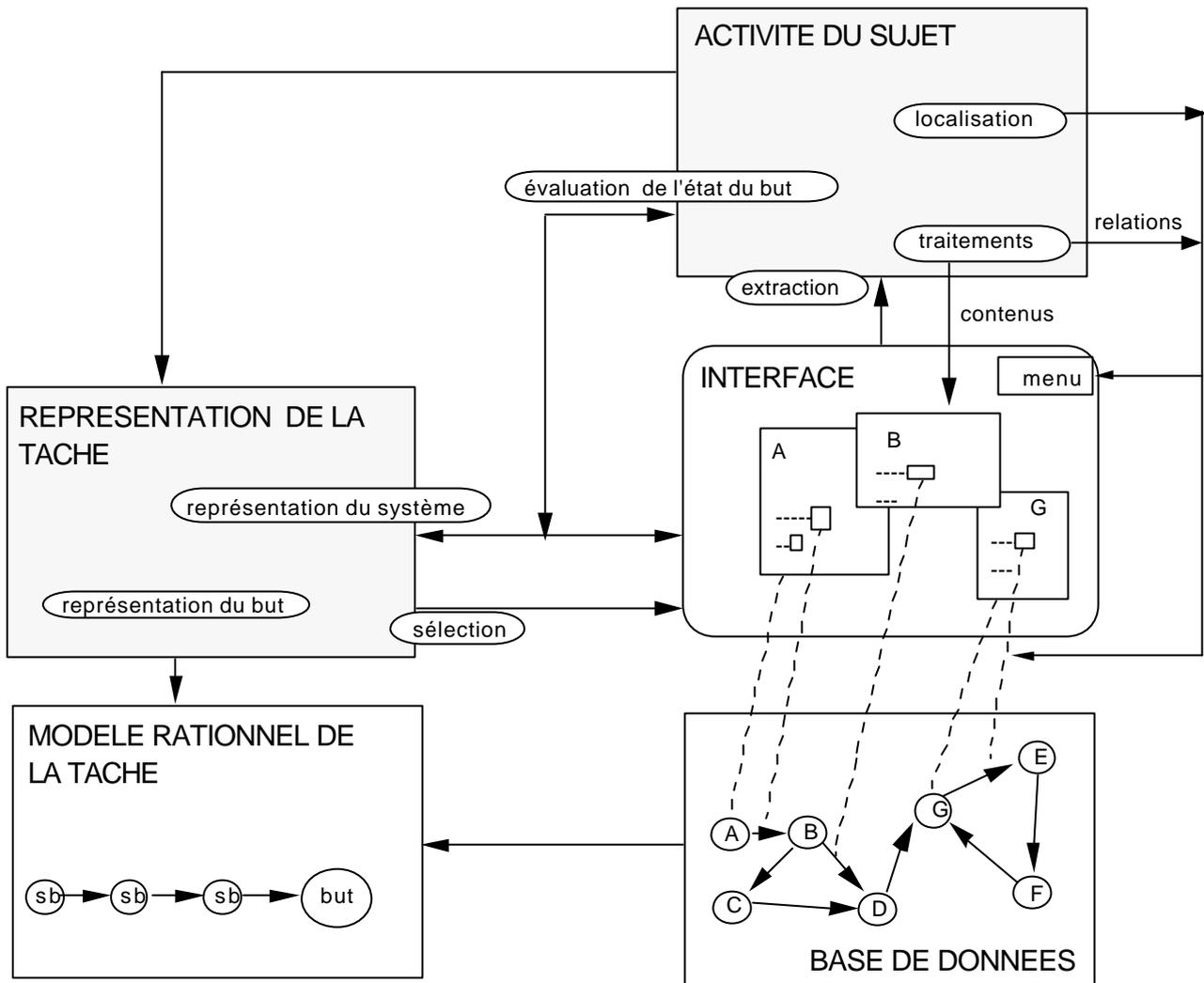


Fig. 3. - Modèle de la situation d'utilisation d'un hypermédia

A model of hypermedia utilization :

we have tried to represent the complex relationships between "locating" and "processing", and "task representation" as matching "goal representation" and "system representation"

Il faut préciser que pour certains auteurs ces problèmes ergonomiques sont tout simplement "temporels" : pour Brown (in Bernstein, Brown, Frisse, Glushko, Landow et Zellweger, 1991), les progrès des langages de programmation vont rendre possible ce que l'utilisateur a vraiment envie de faire ; à l'heure actuelle, dès que le système est un peu complexe, les limites de programmation sont évidentes et les difficultés sans nom. Concernant les utilisateurs, de nombreuses études, et pas seulement dans le domaine des hypermédias, montrent qu'un des facteurs principaux favorisant l'utilisabilité d'un système est la familiarité (avec le système, avec les ordinateurs, et avec le sujet traité) : ainsi, les questions relatives à la qualité de l'interface sont partiellement caduques, cette "qualité" évoluant dans le temps. Baird et Percival (1989) ont montré que la satisfaction des utilisateurs dépend beaucoup de la familiarité avec l'environnement informatique.

Les outils pour l'interface (ergonomie de surface)

Nielsen (1990) a recensé les outils d'aide à l'utilisateur face à la désorientation :

- les backtracks (retours en arrière) sont difficiles à gérer cognitivement, notamment quand plusieurs mécanismes permettent ce retour ; ils ont aussi été critiqués par Bernstein (1991),
- les guided tours (visites guidées) rendent l'utilisation très aisée, requièrent la manipulation d'une seule touche (noeud suivant), mais trahissent le principe de l'hypertexte (qui devient linéaire!). Guinan et Smeaton (1992) ont proposé une version dynamique des visites guidées, basées sur la requête de l'utilisateur.
- l'historique donne la liste des noeuds consultés et le temps passé par noeud,
- les bookmarks (marques) permettent à l'utilisateur de cocher les écrans qui l'ont intéressé ; il peut alors y retourner directement ; l'utilisateur peut aussi cocher l'endroit où il a arrêté sa consultation, pour la reprendre à cet endroit,
- les cartes-sommaires présentent un sommaire sous forme de diagramme en trois dimensions,
- les fish-eye views présentent sommaire avec niveau de détail variable ; cette fonctionnalité n'est possible avec un hypertexte structuré hiérarchiquement,
- l'utilisateur peut placer des repères dans le sommaire,
- pas de bouton dans le système (Irlor et Barbieri, 1990) : c'est l'utilisateur qui sélectionne la zone qu'il veut approfondir, en surlignant des passages, et utilise des touches claviers ayant une fonction définie qui s'applique au passage sélectionné.

Le défaut de ces "solutions" est qu'elles n'ont pas fait l'objet d'évaluations probantes du point de vue expérimental. Si bien que l'on ne sait pas si telle idée est utile ou non (comme on le verra par la suite l'approche séquentielle -i.e. visite guidée- peut être utile pour des situations "difficiles" : première utilisation, mauvaise connaissance du contenu, ...),

Des auteurs comme Bernstein (1991) ou Nelson (1990) soulignent que le recours aux gadgets informatiques, aux outils d'aide à la navigation (y compris le retour vers un noeud déjà lu), entraîne une surcharge cognitive : dans certains systèmes, plus de la moitié de l'écran est occupée par ces outils. Ce qui ne veut pas dire qu'il faille absolument "vider l'écran" : Wright (1991) a en partie montré que la mémorisation se faisait plus facilement avec un écran sur lequel il y avait à la fois des informations de niveau général et de détails, qu'avec un écran sur lequel il fallait cliquer pour avoir des détails (étude malheureusement peu fiable statistiquement, d'après l'auteur elle-même). Et dans une autre publication (Wright et Lickorish, 1990) elle précise que cela dépend du type de tâche effectuée par le sujet.

La structuration de la base de données

Cette démarche, conduite par des spécialistes d'IA, part de l'hypothèse selon laquelle la désorientation de l'utilisateur peut être due à une structure de relation dans la base de données de l'hypermédia, qui reste opaque à l'utilisateur. Le travail des chercheurs consiste alors à élaborer des aides au concepteur dans son activité de représentation des connaissances, dans le but de faciliter la structuration des connaissances dans

la base hypermédia : élaborer un "modèle du domaine". Soit, pour Marshall *et al.* (1991), rendre l'auteur capable :

- d'identifier les éléments de la base et comment ils sont connectés,
- de modifier et d'étendre la base selon l'évolution de sa propre compréhension de la tâche,
- d'identifier ce que les autres (auteurs / lecteurs) ont fait,
- de spécifier différentes représentations graphiques du contenu général,
- de lier, de composer, différents schèmes de structuration des connaissances,
- de discuter de la structuration des connaissances avec les autres (auteurs / lecteurs).

Ce courant de recherche est plus ou moins proche, selon les auteurs, du formalisme des "objets" avec des outils comme gIBIS (Conklin et Begeman, 1988), SEPIA (Streitz, Haake, Hanneman, Lemke, Schuler, Schutt, et Thuring, 1992), IDE (Jordan et Russel, 1989), Aquanet (Marshall *et al.*, 1991) ou MacWeb (Nanard et Nanard, 1991).

Nanard et Nanard (1991) posent le problème de façon originale et convaincante. Ils distinguent les connaissances (ce qui est manipulé par le système : la base de données) et les informations (ce qui est susceptible d'intéresser un être humain : les documents). Or, notamment lors de transformations de texte linéaire en hypertexte, on ne prend généralement en compte que le niveau lexical, oubliant deux niveaux fondamentaux du texte : le niveau sémantique et le niveau rhétorique. Ainsi, dans l'écriture de type "transformation", on ne se consacre qu'à l'information, oubliant les connaissances. Avec leur système MacWeb, le concepteur, comme dans les environnements objets, peut définir des relations entre "types", notamment des relations d'héritage, et définir des "méthodes" (dans les modèles objets, une méthode est une opération associée à une classe qui manipule ou retourne l'état d'un objet ou d'une partie d'un objet de la classe (Gardarin et Valduriez, 1990)). L'originalité de MacWeb est que ces définitions peuvent être faites directement au niveau de l'interface, où les classes peuvent être manipulées comme des objets.

Aquanet (Marshall *et al.*, 1991), fondé globalement sur la même démarche, propose une navigation basée sur une représentation graphique de l'ensemble du réseau (repérage global), alors que la plupart des hypermédiats proposent une navigation basée sur les noeuds (repérage local). Dans un compte rendu d'évaluation d'Aquanet, Marshall et Rogers (1992) reconnaissent la difficulté d'utilisation de tels outils. Ils pensent que ce type de modélisation est surtout utile pour le développement de bases de données "collaboratives" : l'utilisateur peut y manipuler les contenus et la structure.

D'autres auteurs s'intéressent plus à la structuration automatique de la base de données qu'à l'élaboration d'un modèle du domaine. Les modèles connexionnistes de Furuta et Stotts (1989 ; 1990 ; Stotts et Furuta, 1991 ; Stotts, Furuta et Ruiz 1992), en sont un bon exemple. Cette approche présente un grand intérêt dans le cadre de l'interrogation d'une grande base de données hypertextuelle. L'utilisateur a une demande à formuler, avec des priorités, des "éventuellement", "on peut voir aussi", etc. Biener, Guirvach et Pinon (1990) décrivent un formalisme dans lequel, chaque noeud dans la base a une valeur qui spécifie son degré de spécialisation ; chaque demande est caractérisée par un certain nombre de noeuds avec un degré de spécialisation espéré. Le but est de circonscrire un ensemble de noeuds en fonction de la demande de l'utilisateur, cet ensemble s'adaptant de façon dynamique selon la réponse de l'utilisateur. De

plus, ce type de formalisme permet une adaptation à long terme de la base en identifiant des "points les plus importants" et des "relations les plus pertinentes" à partir d'un ensemble d'utilisation.

A partir d'une approche non connexionniste, Holt et Howell (1992) arrivent à la même idée. Les auteurs ont testé la capacité des utilisateurs à décrire la "logique" de la structure d'un hypertexte. Ils montrent que cette "logique" est très difficile à percevoir, notamment parce qu'elle n'est souvent pas claire chez le concepteur. Ils proposent un système dans lequel l'utilisateur a la possibilité de créer lui-même des liens. Ils pensent que l'enregistrement de l'activité de l'utilisateur, et notamment la comptabilité des liens créés par lui, pourrait permettre de concevoir une "armature" de l'hypertexte, qui serait un appariement des modèles mentaux du concepteur et des utilisateurs.

Les modélisations de l'activité de l'utilisateur

Quelques travaux posent explicitement la question : comment fonctionne l'utilisateur? On a vu sur la figure 3 que différentes activités sont impliquées. On remarque par exemple les relations complexes entre les activités de traitement des contenus et la localisation. Les différents systèmes impliquent différentes activités des sujets, qui sont sous-tendues par des processus cognitifs différents. Les activités de lecture et de mémorisation, par exemple, sont impliquées à différents titres selon le type de système et selon le but du sujet. Nous n'évoquons que les trois aspects du fonctionnement cognitif du sujet les plus souvent cités dans la littérature : la localisation, l'activité mentale de recherche d'information (voir, sur la figure 3, la boucle sélection - extraction - évaluation), et la charge cognitive impliquée par ce type de traitement complexe.

Localisation, orientation et élaboration de cartes cognitives

Quelques expérimentations sur des hypertextes, comme celles de Gray (1990) ou Dillon (1991) ont montré que les utilisateurs essaient de "se raccrocher" à une structure usuelle (hiérarchique, linéaire, grille) ou à une structure de texte usuelle (par exemple celle des articles scientifiques). Cette façon de poser le problème est argumentée d'un point de vue psycholinguistique par Espéret (1992).

Gray (1990), par exemple, a voulu étudier le modèle que le sujet se fait de la structure et des relations internes d'un système. Elle montre que :

- les utilisateurs comprennent que des catégories et des mots peuvent avoir d'autres sens que ceux qu'ils ont au moment de leur ouverture,
- certains utilisateurs sortent d'une recherche et vont à des endroits non appropriés croyant trouver l'information pertinente,
- certains utilisateurs explorent à fond un endroit en espérant trouver une information,
- les utilisateurs oublient ce qu'ils ont consulté et ce qu'ils n'ont pas consulté,
- ils considèrent que la navigation est illogique. L'architecture des hypertextes viole la structure classiquement hiérarchique des documents, ce qui provoque une impression étrange : "mais, pour être ici, j'aurais dû passer par là!",

- si les utilisateurs n'ont pas une idée de la taille de la base de donnée, ou d'un ensemble d'écrans, il ne seront pas sûrs de l'endroit où chercher un document ou un sous-ensemble de documents, même quand un lien les montre,

- les représentations topographiques que les utilisateurs se font du réseau correspondraient aux structures de base des documents, à savoir : linéaire, hiérarchique, grille à plusieurs dimensions, réseaux / graphes. Plus précisément, c'est cette organisation qu'ils attendraient pour s'en faire une représentation.

Lors des entretiens avec les utilisateurs et de leur verbalisation pendant la consultation, on voit une "non-structure" (cercles concentriques, tiroirs sans fin, poupées gigognes) s'organiser progressivement en structure-type. Le problème central serait la capacité / la possibilité d'établir des liens significatifs dans un environnement dont la "logique" échappe.

Certains auteurs font une analogie entre l'élaboration de cartes cognitives dans les environnements physiques et dans des environnements hypermédias (entre autres, Edwards et Hardman, 1989) : les sujets établiraient d'abord des repères, puis des relations entre ces repères, établissant des plans locaux, puis un plan général en reliant entre eux les plans locaux. L'analogie avec des modèles de textes classiques est encore plus souvent citée : paragraphes, titres, index, tables des matières... voire épaisseur du livre, types d'illustration, types d'informations techniques (Lai et Manber, 1991) sont autant d'"outils de traitement d'un texte" qui devraient être utilisés dans les environnements hypertextes. Les auteurs concluent généralement à la nécessité de simplifier les structures des bases de données hypermédias (van Dike Parunak, 1989).

Dillon (1991) montre lui aussi qu'il faut utiliser les outils habituels des textes linéaires, pour leur efficacité et pour la familiarité des utilisateurs... L'auteur insiste notamment sur cet aspect lorsque le but est de transformer un texte linéaire en hypertexte. Dillon souligne le fait que ce type d'activation de schéma est performant pour retrouver des informations globales mais non pour des détails. Il montre que les lecteurs familiers de revues scientifiques sont plus performants dans la lecture d'un article de ce type sous hypertexte que les lecteurs novices. Ces lecteurs "experts" maîtriseraient une logique inhérente à la "lecture d'articles scientifiques" leur permettant d'anticiper ou de retrouver la place des divers arguments de ces textes (introduction, méthode, résultats et discussion). Ainsi, Dillon pose une distinction entre la "rhétorique" du texte et sa structure, la structure pouvant être modifiée quand la rhétorique est maîtrisée par le lecteur.

D'un autre côté, Dillon, McKnight et Richardson, 1993) montrent qu'il ne faut pas tomber dans le piège d'une analogie trop forte avec la navigation dans un espace physique. Ces auteurs disent simplement qu'on ne navigue pas à travers un espace sémantique. La navigation n'est qu'une métaphore, une représentation, du traitement du niveau sémantique. Au mieux, le lecteur peut se représenter les raisons pour lesquelles l'auteur a physiquement représenté de telle ou telle manière tel aspect sémantique.

D'autres travaux enfin sont consacrés à l'orientation elle-même : Rouet (1990) montre que l'orientation globale (soit les choix effectués en fonction des buts généraux à atteindre) dépend surtout du marquage des relations dans le système, et qu'elle ne dépend pas d'un apprentissage à court terme. L'orientation locale (soit le traitement de l'information au niveau d'un écran : noeud(s), liens, barre de menu) dépend de la structure des relations, de l'expression linguistique de ces relations, de l'expérience et du développement psycholinguistique du sujet. Une pagination groupée (plusieurs noeuds par écran) fait apparaître la structure et le "déroulement" de l'hypertexte, mais aurait tendance à créer une désorientation chez l'utilisateur

inexpérimenté. La présence simultanée de textes et du menu devrait faciliter le processus de sélection. Pourtant Rouet préconise, notamment chez les jeunes utilisateurs de moins de 12-13 ans, de procéder en deux temps : d'abord s'assurer de la compréhension d'unités thématiques, puis passer au menu : les données locales désorientent les consultants du point de vue global, et réciproquement. Il faudrait dissocier, à l'écran, les données locales et les données sur les relations.

Modèles de l'activité de recherche d'information

La recherche d'information est une activité peut étudiée. Nous disposons de descriptions très générales comme celle des cinq stratégies de Canter, Rivers et Storrs (1985) : *scanning* : couvrir une aire large sans profondeur, *browsing* : suivre un chemin jusqu'à ce que le but soit atteint, *searching* : s'efforcer de trouver un but explicite, *exploring* : se rendre compte de l'étendue de l'information donnée, *wandering* : ballade sans intention ni structure. Le problème est que, dès que la tâche et le système sont un peu complexes, chaque consultation d'un système requiert l'utilisation consécutive de plusieurs stratégies.

Une première ébauche de modélisation de l'activité cognitive du sujet en situation de recherche d'information (horaires d'avion, feuille de paie) a été proposée par Guthrie (1988) : (a) formation d'un but cognitif ; (b) sélection d'une catégorie d'information ; (c) extraction d'information ; (d) intégration à l'information préalablement extraite ; (e) recommencer jusqu'à ce que le but soit atteint.

Là où la situation devient différente grâce aux hypermédias c'est surtout au niveau de (b) : le système fait des suggestions, les critères ne sont plus seulement croisés. Les relations entre thèmes et items ne sont plus strictement hiérarchiques.

Rouet (1992a) a repris le modèle de Guthrie et l'a adapté aux hypermédias : la phase (a) du modèle de Guthrie correspond au traitement de la question : pour que le processus de recherche puisse être initié, il faut qu'une représentation cognitive de l'objectif ait été construite. A ce niveau intervient la complexité des questions, qui rend plus ou moins difficile la construction de cette représentation.

La phase (b) correspond à la sélection d'un thème. La formulation des questions affecte le déroulement de cette phase (...). Cependant, comme le montre l'évolution des résultats avec l'entraînement, il faut à nos sujets une certaine expertise pour différencier leurs stratégies de sélection selon le type de question.

L'extraction de l'information (c) est ici un processus plus complexe que dans les documents utilisés par Guthrie. Dans un cas il s'agit de localiser une valeur dans une table, alors que dans l'hypertexte il s'agit de construire une représentation sémantique d'un passage de texte. Rouet (1990) suggère que l'exécution de cette phase requiert une transition entre différents niveaux de processus : la compréhension d'un passage spécifique suppose un ensemble de processus locaux, alors que les autres phases de la recherche requièrent une approche "globale" de la tâche.

Les phases (d) et (e) correspondent respectivement à la mise en relation de plusieurs passages, et à la décision de prolonger ou de cesser la recherche. Ces phases ne concernent en principe que les questions complexes, qui demandent plus d'une sélection. Cependant le sujet est amené à recycler dès lors que le premier passage sélectionné ne contient pas d'information utile (sélection d'un thème non-cible), ou bien s'il considère ne pas avoir obtenu assez d'information pour répondre à la question. Evaluer si le but est atteint

pose parfois un problème : il se peut notamment que le sujet oublie en cours de recherche l'objectif défini initialement.

La figure 4 représente une modélisation de l'activité de recherche d'information dans un support non-linéaire, où nous avons distingué la phase (b) de Rouet (sélection d'un thème) de la phase (b) de Guthrie (sélection d'une catégorie d'information : exemple, information de niveau supérieur, information de niveau inférieur, information de même niveau).

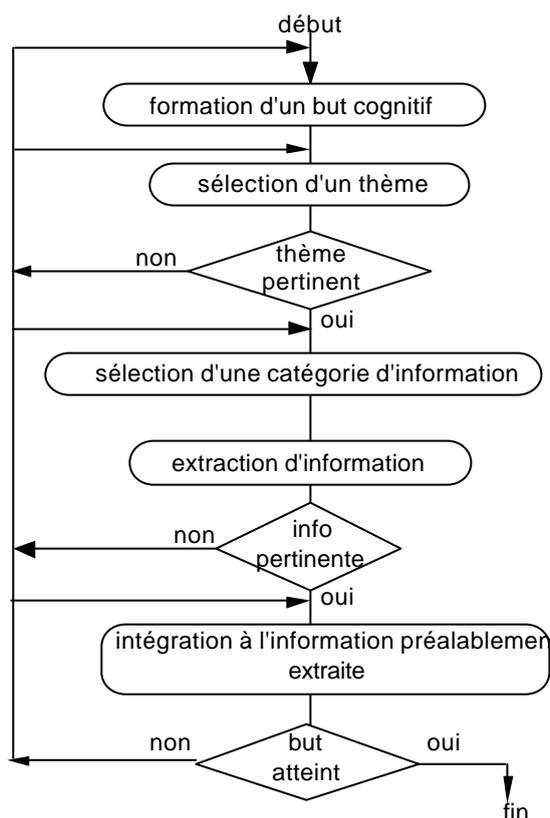


Fig. 4. - Un modèle de l'activité de recherche d'information dans un support non-linéaire

*Activity model of information retrieval in non-linear documents :
the user makes a choice at any level of detail*

La charge cognitive

Pour de nombreux auteurs, comme Foss (1988) ou Wright (1991), la désorientation de l'utilisateur est liée à la trop lourde charge cognitive impliquée par le double niveau de traitement des relations et des contenus. Cette façon de voir les choses est issue de la psychologie cognitive, où l'on a montré (Miller, 1956) que les sujets humains ne peuvent pas traiter simultanément un nombre infini d'informations (dit autrement, notre mémoire à court terme a une capacité de traitement limitée à 7 ± 2 "unités d'information"). Mais deux questions se posent, sans réponse dans la littérature sur les hypermédias : comment évalue-t-on

la charge cognitive? quels aspects des hypermédias influent sur la charge cognitive du sujet entrain de traiter un tel document?

Les modèles de la tâche

On a vu, au début de cet article, à quel point était abstraite la description des tâches pour lesquelles un hypermédia pouvait être utile. Pourtant ce n'est qu'en affinant la description de la tâche que l'on peut définir des variables dépendantes pertinentes, donc conduire des expérimentations et des évaluations valides. On a pu remarquer plus haut que dans le domaine des hypermédias on ne sait pas toujours très bien ce qu'il faut chercher dans le comportement du sujet.

Rouet (1992b) a consacré une recension aux avantages éventuels de la non-linéarisation de documents. La constatation est qu'il n'y a aucune preuve des avantages de la non-linéarité sur la linéarité. L'efficacité de la non-linéarité varie selon (a) l'expertise des sujets (b) les caractéristiques de l'interface (c) ce que requiert la tâche. Cet auteur rapporte des travaux qui mettent en évidence l'influence du choix des "mots-bouton" sur la compréhension du texte par les sujets (Lachman, 1989). D'autres études montrent qu'une aide de ce genre est plus efficace quand (a) les lecteurs sont "mâtures", (b) les mots-bouton importants, (c) les mots bien signalés et directement accessibles. Enfin, un travail de Gordon, Gustavel, Moore et Hankey (1988) souligne que l'hypertexte est beaucoup plus adapté à un tâche d'apprentissage qu'à une tâche de "lecture libre". Rouet ajoute qu'un entraînement est nécessaire pour pouvoir bénéficier des avantages de la non-linéarité.

Si l'on sait à peu près dans quelles situations les hypermédias peuvent être utiles (accès et contextes différents pour une même connaissance, buts flous, pas de langage pour l'utilisation), on ne sait pas décrire précisément les tâches pour lesquelles l'hypermédia est adéquat. Une telle description permettrait de déterminer des variables dépendantes pour des expérimentations, de décrire des stratégies de navigation et des environnements particulièrement adéquats à tel ou tel type de tâche.

Wright (1990) a ébauché une telle description. Elle distingue :

- la recherche d'une cible simple et totalement connue,
- la recherche d'une cible simple et partiellement connue,
- la recherche d'une cible complexe et totalement connue,
- la recherche progressive d'une cible à partir des retours de l'ordinateur,
- la recherche d'une cible simple et mais non spécifiable pour un ordinateur,
- la recherche d'une cible où l'on ne peut pas définir une fin de la recherche d'informations.

L'influence de certains aspects de l'interface ou de la base de données sur l'utilisation

Le rôle de l'information sur le contenu et la structure

Silva (1992) se demande quelle est l'influence du degré de liberté de navigation sur l'apprentissage. Pour cela, il a élaboré un système "visite de musée" à quatre versions : séquentielle, libre sans plan, libre avec plan, libre avec plan interactif.

On interroge les sujets une fois qu'ils estiment avoir fini leur visite. 10 sujets (11-13 ans) par condition. On distingue des questions relatives au contenu (global, précis) ou à la situation géographique des contenus.

L'information sur la structure aide les utilisateurs à traiter des contenus (Tableau 1). Mais les utilisateurs "en difficulté" (niveau scolaire, connaissance du contenu, première utilisation du système) sont avantagés par une visite séquentielle guidée. On remarque aussi que, quelle que soit la condition expérimentale, la localisation est de faible niveau.

	Séquentiel	Libre	Libre Plan	Libre Plan interactif
1. Information Globale	m	- -	m	++
2. Information Spatiale	- -	- -	m	m
3. Contenus précis	(+)	-	++	++
Manifestes	"	m	++	++
Non-manifestes	"	- -	m	+

m = moyenne, - en dessous, + en dessus.

Tableau 1. - Contenus mémorisés en fonction du mode d'interaction avec le système,
d'après Silva (1992)

*Memorized contents depending on the interaction mode with the system :
freedom and interactivity are both factors of better memorization*

La tentation structurelle

L'argument de bien des chercheurs se résume ainsi : ce n'est qu'en limitant le nombre de liens et en étant capable de transmettre une idée de la structure du système que l'on pourra rendre son hypertexte utilisable. De manière un peu plus détaillée, les auteurs argumentent en trois points :

- Structurer : il y a deux arguments en faveur de la structuration de certains hypertextes (ceux où l'on sait qu'elle est l'information que l'on cherche) : cela facilite l'élaboration d'un modèle mental (identification de blocs, de structures spécifiques) et la navigation (structure connue d'avance) (De Young, 1990).
- Agréger : on trouve chez Botafogo et Shneiderman (1991) un formalisme qui permet de calculer certains points de convergence d'un réseau hypertextuel. Au dessus d'un certain seuil, ces points de convergence sont désignés comme agrégats et considérés comme "unités de sens" dans le système.
- Simplifier : c'est le point de vue défendu par Glushko (1989) lors d'un travail de conversion d'une encyclopédie et d'un manuel en une seule base de données hypertextuelle. Dans l'élaboration d'un tel document, la solution serait de limiter le nombre de liens... mais aussi de les définir clairement.

Des travaux expérimentaux ont été consacrés aux diverses qualités des structures d'hypertextes : Edwards et Hardman (1989), Foss (1989), Mohageg (1992), Nielsen (1990), Silva (1992), Simpson et McKnight (1990). Il semble y avoir une convergence de résultats sur les points suivants :

- la structure "hiérarchique" 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 (par rapport à la condition "index alphabétique"). En revanche, c'est ce type de structure qui entraînerait le plus d'ouvertures non pertinentes.
- l'index permet une plus grande exhaustivité dans la consultation.
- la condition "linéaire" entraîne de faibles performances, mais peut être améliorée : par exemple avec une table des matières et un index "actifs" -i.e. sur lesquels on peut cliquer-, ou avec un "plan interactif" ; le nombre de mots lus est plus important qu'avec la condition "réseau" d'un même texte (la condition "réseau" correspond à un hypertexte "normal"). Cette solution semble particulièrement bien adaptée à une première utilisation (Oren, Salomon, Kreitman et Don, 1990). L'étude de Gray (1990) détaillée plus haut montre que les utilisateurs préfèreraient le linéaire mais comprendraient mieux avec le hiérarchique.
- les structures véritablement hypertextuelles (réseau) favoriseraient le phénomène de "looping" (l'utilisateur passe plus de trois fois au même endroit). Un véritable hypertexte est certes très difficile mais des améliorations sont possibles, dans la définition même des "mots clés", dans l'élaboration de bons mécanismes d'interrogation ; ce type de structure serait spécifiquement inadéquat aux utilisateurs "novices" (du système, du domaine).
- la condition "combinée" (hiérarchique / réseau) paraît particulièrement pertinente. On trouve par exemple chez Girill et Luk (1992) la description d'une base de donnée hypertextuelle à structure mixte : la structure est globalement hypertextuelle, mais quand l'utilisateur découvre une information importante pour lui, une structure arborescente se "fige" autour de la fenêtre concernée. On ne dispose pas vraiment de résultats sur cette structure, simplement des "encouragements".

Nielsen modère l'ensemble des études consacrées à la navigation en disant qu'il faut d'abord prendre en compte les différences individuelles et les tâches entreprises.

D'autres approches, dites "rhétoriques", veulent définir un certain nombre de syntagmes (suite de noeuds) acceptables. Andersen (1990) distingue trois types de syntagmes (constellation, subordination et interdépendance) qui correspondent à trois relations logiques (disjonction, implication, équivalence). Ainsi un syntagme devient programmable. L'auteur suggère d'attribuer une valeur au degré de contrainte que l'on fait peser sur l'hypertexte (choix de types de syntagmes), cette valeur pouvant changer selon les envies de l'utilisateur. Il pense aussi que la rhétorique cinématographique est à étudier de la même manière qu'il a lui-même esquissé une rhétorique du discours applicable à l'hypertexte.

Enfin, il semble important de rapporter l'argument de Nelson (1990) qui porte sur la notion de virtualité. La virtualité d'une chose c'est ce qu'elle semble être (plutôt que ce qu'elle est réellement, ou techniquement). La virtualité a deux aspects : la structure conceptuelle (les idées de la chose) et la sensation (ses particularités qualitatives et sensorielles). Les concepteurs de logiciels sont concernés par ces deux registres : la structure et l'intelligibilité mais aussi le sentiment agréable qu'un produit procure ou ne procure pas. Nelson oppose cette démarche aux approches "métaphoriques" (au sens "iconique" de Macintosh), où

la métaphore devient le concept central. Pour lui, ce qui est important c'est plutôt le principe directif, autour duquel le reste va être élaboré / compris.

Synthèse

Cette revue de littérature a, croyons-nous, mis en évidence les différentes dimensions du problème de l'utilisation des hypermédias et les différents façons d'aborder ces problèmes :

- il y a beaucoup de travaux généraux de grande qualité sur des modèles du domaine effectués en I.A.,
- d'une manière générale, l'activité de conception est relativement aisée ; mais l'aide à la conception de "bons systèmes", notamment basée sur les modèles du domaine, n'a pas encore fait la preuve de toute son efficacité. Le rôle du concepteur va être de favoriser la localisation et le traitement. Il doit pouvoir donner à l'utilisateur des indications claires sur la taille, la structure et la logique globale de l'hypermédia. Il faut aussi que la signification des relations entre noeuds ne pose pas de problème : il faut que les liens soient pertinents et que leur signification soit claire. Mais, ces indications ne doivent pas gêner le traitement du contenu des noeuds.
- il y a beaucoup de techniques, voire de gadgets, disponibles pour l'interface, dont on ne connaît ni l'efficacité, ni les défauts,
- quelques travaux sur la modélisation des connaissances de l'utilisateur sont réalisés par des psychologues. Quatre niveaux semblent particulièrement importants à aborder : (a) la localisation, (b) les traitements, (c) les stratégies de recherche d'information et (d) les connaissances préalables (sur le thème abordé, sur le système particulier, sur les hypertextes, et sur les ordinateurs). Assez classiquement, on voit que l'adaptation de l'utilisateur au système (et réciproquement) est fondamentale, cette adaptation se jouant au niveau "micro" (un utilisateur et un système) et au niveau "macro" (une population d'utilisateurs et l'évolution technologique).
- aucun travail (à part celui de Wright, 1990) n'est consacré à la modélisation de la tâche. Or, les hypermédias présentent un paradoxe : ils sont réputés faciles à utiliser, conviviaux, mais bénéficient des avantages (par exemple la multiplicité des accès, la liberté de choix, l'adaptation à des "styles de navigation" différents) de la non-linéarité semble difficile. Ces outils ne sont pas adéquats à tout type de tâche. Il semble en particulier que la recherche d'éléments peu nombreux et précis, de détails, ou l'apprentissage de procédures (si l'on n'introduit pas d'exercices) ne soient pas favorisés dans ce type d'environnement. On doit pouvoir décrire les types de stratégies de navigation que la tâche est susceptible de mobiliser.
- il y a peu ou pas d'approches globales ou de collaborations prenant en compte l'ensemble des cinq champs d'études.
- enfin, le temps joue un rôle très important dans l'adaptation de l'utilisateur au système (à tous les niveaux de connaissances cités ci-dessus), et dans l'évolution des problématiques et des stratégies. A un autre niveau, il faut parfois prendre en compte l'évolution du système (apports externes, auto-évolution).

V - EBAUCHE D'UN CADRE POUR LA CONCEPTION ERGONOMIQUE DES HYPERMEDIAS

On sait que l'ergonomie cognitive se préoccupe de différents niveaux de problématique. Par exemple :

- les méthodologies de conception d'interfaces. On dit généralement "interfaces intelligentes" pour spécifier que l'on se préoccupe de l'architecture et de la fonctionnalité de l'interface homme-machine et non pas de ses aspects pratiques (ergonomie de surface), sinon dans une approche globale, en tant que ces aspects sont dépendants du "niveau profond" (C. Bastien, 1992). Selon cette démarche, on élabore simultanément le système proprement dit, un modèle des connaissances de l'utilisateur et l'interface entre les deux (qui s'efforce de définir une compatibilité). La principale leçon des travaux de ce courant serait donc que chaque interface est particulière à un système "utilisateur(s)-machine".
- des travaux généraux, dont les résultats peuvent aider des concepteurs confrontés à des situations diverses. Par exemple, les travaux sur la psychologie de la conception de texte (Psycho-Ergo à l'INRIA, CREPCO à l'Université de Provence, LPL à l'Université de Poitiers, ...).

Les travaux généraux évoqués dans les chapitres précédents sont susceptibles d'aider les concepteurs à l'élaboration d'hypermédias non seulement utilisables, mais qui permettraient vraiment à l'utilisateur de réaliser la tâche envisagée. Dans la pratique on sait que cette "aide" ne peut que passer par les ergonomes, tant sont éloignées les préoccupations des psychologues (activité du sujet) et des informaticiens (efficacité du système).

Du côté de la conception d'une interface intelligente hypermédia, on peut penser qu'elle devrait être supportée par une modélisation extrêmement précise et rigoureuse, au niveau profond, des éléments suivants (Fig. 5) :

Les données à stocker

Il semble ici particulièrement important :

- de s'appuyer sur un formalisme précis et clair (au niveau des noeuds et des liens) : voir par exemple les modèles objets de Nanard et Nanard (1991) ou de Andonoff *et al.* (1992). La démarche de ces auteurs est typiquement consacrée au "niveau profond" de l'ergonomie : définir clairement et précisément les noeuds et les liens de façon à rendre cohérent le système (niveau global) et à rendre clair les relations (niveau local).
- de s'appuyer sur un formalisme assez souple pour intégrer différents formats de connaissances : entre deux connaissances déclaratives on doit pouvoir intégrer une relation d'"analogie vague" par exemple (i.e. "voir aussi")... si l'on estime que localement cela est pertinent.

Ainsi, plutôt que de se laisser guider par une "logique du domaine", on peut envisager des "logiques" dépendantes des problématiques d'utilisateurs (et en conséquence, pour l'ergonome et le psychologue, adopter une démarche différentielle centrée sur les problématiques).

Exemples de problèmes posés par la partie "modèle du domaine" :

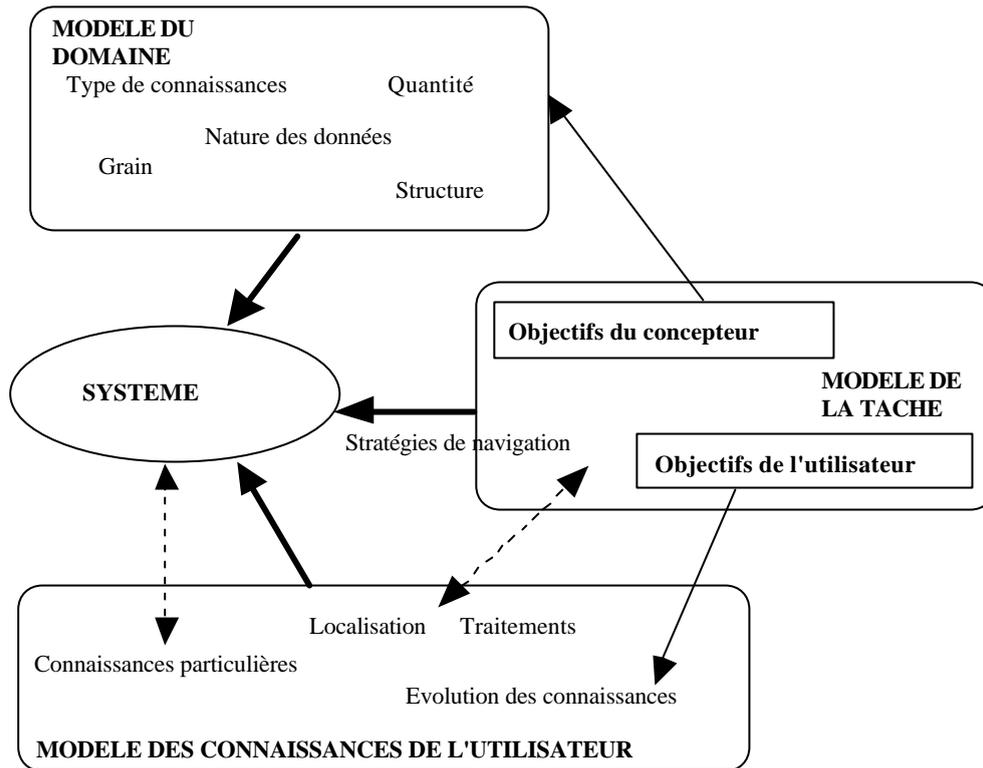


Fig. 5. - Quelques aspects à prendre en compte lors de la conception d'un hypermédia

A few aspects of hypermedia design :

designing the interface is designing the system, i. e. modelling domain, task and user

- dans "nature des données", on choisit entre image, texte et son. Si ce choix est évident pour les contenus à stocker, il doit être bien étudié en ce qui concerne l'information sur la structure : on peut imaginer que le texte convient mieux à une information locale et que l'image convient mieux à une information de type "planification générale" (C. Bastien, 1992). Les conséquences sur l'ergonomie de surface sont ici directes.
- dans "type de données" on peut distinguer des connaissances déclaratives et des connaissances procédurales. Si le système doit stocker des connaissances procédurales (par exemple on veut faire un logiciel pour enseigner un langage de programmation) alors on devra forcément intégrer des exercices, et un feed-back immédiat (on peut voir l'étude de Lee (1992) sur le problème du délai du feedback en environnement hypermédia d'enseignement, et plus généralement Anderson, Boyle, Corbett et Lewis, 1990).
- dans "grain", il faut se poser la question de la segmentation des connaissances : vaut-il mieux faire beaucoup de petites unités ou peu de grosses? Le grain des données conditionne l'affichage à l'écran.
- la question de la "structure" peut être en partie liée à la question "type de connaissances" : si les connaissances sont de type logique, s'il y a une relation "nécessaire" entre deux éléments reliés, si le domaine est "non-logique"... alors le problème est différent. La charge cognitive devrait être plus lourde dans le cas où le sujet doit gérer "l'ensemble des possibles" (du coup, il faut simplifier la structure).

Le modèle des connaissances de l'utilisateur

Dans un article consacré aux modèles de l'utilisateur, Allen (1990) remarque qu'il y a théoriquement d'innombrables dimensions à prendre en compte, et que la qualité d'un modèle s'apprécie finalement à la prise en compte de ses limites. Tout au plus pouvons-nous donc énumérer quelques aspects particulièrement importants dans un modèle des connaissances de l'utilisateur d'un hypermédia : localisation, traitements et charge cognitive, recherche d'information, connaissances antérieures (sur le domaine traité, sur les systèmes informatiques en général, sur les hypertextes, sur le système particulier...). Il faut aussi être capable de modéliser les processus de transformations des connaissances de l'utilisateur dans le temps (i.e. avoir un bon modèle de l'apprentissage).

L'interpréteur

L'"interpréteur" désigne selon C. Bastien (1992) l'ensemble des fonctionnalités qui convertissent les sorties du système en entrées pertinentes pour l'utilisateur, et vice-versa. Sa conception passe par une description point par point des compatibilités entre ces deux entités. L'interpréteur doit supporter un modèle de la tâche, soit une description précise des objectifs du concepteur (didactique, stockage, ou autre), des différents objectifs envisageables par l'utilisateur (flânerie, exploration, recherche, approfondissement, apprentissage etc.), ainsi que des stratégies correspondantes. Pour l'articulation conception de l'interface / modélisation de la tâche voir par exemple Hammouche (1993). Enfin, différentes modalités d'interaction utilisateur / système doivent être définies en fonction du temps de l'utilisation (durée et fréquence).

En résumé, l'ergonomie de l'interface d'un hypermédia peut être abordée de façon assez classique. Il est en effet très courant, sous prétexte que l'environnement est nouveau, de ne se consacrer qu'aux problèmes nouveaux. Pourtant un très banal "modèle de la tâche" n'est qu'exceptionnellement aboutit (alors qu'il existe, notamment en France, des outils de description des tâches, comme MAD (Scapin et Pierret-Golbreich, 1989) dont l'orientation objet n'est pas sans intérêt pour le domaine des hypermédiats). Des travaux très intéressants sont conduits en IA sur les modèles des connaissances. Quelques travaux sur les modèles de l'utilisateur démarrent en psychologie. C'est au niveau d'une synthèse des approches (ou plus raisonnablement de collaborations), et de références à la tâche, que les lacunes sont les plus importantes et que le rôle de l'ergonome est le plus important.

VI - CONCLUSION

Les hypermédiats sont susceptibles d'entrer dans la conception de systèmes informatiques dans lesquels il serait pertinent qu'une connaissance ait plusieurs contextes ou puisse être atteinte par différents trajets. Cela correspond à des tâches occasionnelles, où le but peut être "mal défini" et où l'utilisateur doit effectuer des choix à chaque étape de sa démarche. En tant qu'outils pour l'interface, les hypermédiats facilitent un accès direct aux données.

Ce développement est conditionné par des travaux qui devront être consacrés :

- à la description de la tâche,
- à la modélisation des processus cognitifs impliqués par la navigation (traitements, localisation, stratégies) qui conditionnent la charge cognitive,
- à la mise en relation des avancées des "modèles du domaine" avec les autres travaux, notamment l'aide à la conception.

Ces trois axes de travail requièrent la collaboration des ergonomes avec des psychologues et des spécialistes d'I.A. (travaux généraux), ainsi que des spécialistes du domaine de connaissance (applications).

D'autre part, les hypermédias en tant que supports offrent une situation nouvelle pour l'étude des apprentissages, de la compréhension de texte, de la lecture, de la résolution de problèmes... Mais surtout, ils devraient permettre le développement d'un nouveau champ, l'étude des stratégies de recherche d'information.

Ce travail est soutenu par une allocation de recherche du MRE. Nous en avons présenté oralement une version courte au colloque de prospective "Recherches pour l'ergonomie" (Tricot, 1993b), où nous avons bénéficié des remarques de J.-M. Hoc, N. Moray et J.-F. Richard. Nous remercions pour leurs commentaires sur des versions précédentes de l'article C. Bastien, J.-P. Coste, A. Pélissier, J.-F. Rouet et A. Rufino, ainsi que les experts anonymes de la revue.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen R.B. (1990), User models, theory, method, and practice, *International Journal of Man-Machine Studies*, 32, 511-543.
- Amigues R. (1992), Les technologies éducatives, entre sciences cognitives et sciences sociales, in R. Attabou et R. Chabot (Eds.), *Actes du colloque "Sciences sociales et IA"*, Aix-en-Provence, avril, Technologies Idéologies Pratiques, X (2-4), 267-278.
- Andersen P.B. (1990), Towards an aesthetics of hypertext systems, a semiotic approach, in A. Rizk, N. Streitz et J. André (Eds.), *Hypertext : Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 224-237.
- Anderson J.R., Boyle C.F., Corbett A.T. et Lewis M.W. (1990), Cognitive modeling and intelligent tutoring, *Artificial Intelligence*, 42, 7-49.
- Andonoff E., Canillac M., Mendiboure C. et Zurfluh G. (1992), OHQL, A hypertext approach for manipulating object-oriented databases, *Information Processing et Management*, 28 (5), 567-579.
- Andonoff E., Mendiboure C., Morin C., Rougier V. et Zurfluh G. (1993), OHQL, un langage graphique pour l'interrogation d'une base de données, *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 1 (2), 203-227.
- Baird P. et Percival M. (1989), Glasgow on-line, database development using Apple's HyperCard, in R. McAleese (Ed.), *Hypertext : Theory into practice*, Oxford, Intellect Ltd, p.75-92.

- Bastien C. (1992), Ergonomics for hypermedia courseware, in A. Oliveira (Ed.), *Hypermedia courseware, structures of communication and intelligent help*, Berlin, Springer Verlag, p.183-187.
- Bastien M. (1992), Cognitive ergonomics in a language learning task, in A. Oliveira (Ed.), *Hypermedia courseware, structures of communication and intelligent help*, Berlin, Springer Verlag, p. 120-128.
- Bernstein M. (1991), The navigation problem reconsidered, in E. Berk et J. Devlin (Eds.), *Hypertext / Hypermedia handbook*, New-York, McGraw Hill, p. 285-298.
- Bernstein M., Brown P.J., Frisse M., Glushko R.J., Landow G. et Zellweger P. (1991), Structure, navigation and hypertext, the status of the navigation problem, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Biener F., Guivarch M. et Pinon J.-M. (1990), Browsing in hyperdocument with the assistance of a neural network, in A. Rizk, N. Streitz et J. André (Eds.), *Hypertext : Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 288-297.
- Botafogo R.A. et Shneiderman B. (1991), Identifying aggregates in hypertext structures, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Bush V. (1945), As we may think, in J.M. Nyce et P. Kahn (1991), *From Memex to Hypertext, Vannevar Bush and the mind's machine*, Boston, Academic Press, p. 85-110.
- Canter D., Rivers R. et Storrs G. (1985), Characterizing user navigation through complex data structures, *Behaviour and Information Technology*, 4 (2), 95-102.
- Collins A.M. et Loftus E.F. (1975), A spreading activation theory of semantic processing, *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Conklin J. (1987), Hypertext, an introduction and survey, *IEEE Computer*, 20 (9), 17-41.
- Conklin J. et Begeman M. (1988), gIBIS: a hypertext tool for exploratory policy discussion, *Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, New York, ACM Press.
- Croft W.B. et Turtle H. (1989), A retrieval model incorporating hypertext links, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, November, New-York, ACM Press.
- De Young L. (1990), Linking considered armfull, in A. Rizk, N. Streitz et J. André (Eds.), *Hypertext : Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 238-249.
- 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. (1993), Linearity or non-linearity? Myths and misconception about reading and the electronic medium, *EARLI'93*, Aix en Provence, August - September.
- Dillon A., McKnight C. et Richardson J. (1993), Space - the final chapter or Why physical representation are not semantic intentions, in C. McKnight, A. Dillon et J. Richardson (Eds.), *Hypertext. A psychological perspective*, Chichester, Ellis Horwood, p. 169-191.

- Dufresne A. (1992), Ergonomie cognitive, hypermédia et apprentissages, in B. de La Passardière et G.-L. Baron (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages*, Paris, INRP, p. 121-132.
- Dunne C. et Verbruggen R. (1993), Navigation in a hypertext using dynamically constructed guided tours, in Proceeding of "*Interfaces Mondes réels / Mondes virtuels*", Montpellier, mars.
- Edwards D.M. et Hardman L. (1989), 'Lost in hyperspace', cognitive mapping and navigation in a hypertext environment, in R. McAleese (Ed.), *Hypertext : Theory into practice*, Oxford, Intellect Ltd, p. 105-125.
- Espéret E. (1992), Hypertext processing, can we forget textual psycholinguistics, in A. Oliveira (Ed.), *Hypermedia courseware, structures of communication and intelligent help*, Berlin, Springer Verlag, p. 112-119.
- Foss C. L. (1988), Effective browsing in hypertext systems, in *Proceedings of the RAIO Conference*, "User-oriented content-based text and image handling", March 21-24.
- Foss C. L. (1989), Detecting lost users, Empirical studies on browsing hypertext, *Rapport de recherche INRIA*, n°972, Sophia Antipolis.
- Frisse M.E. et Cousins S.B. (1989), Information retrieval for hypertext, update on the dynamic medical handbook project, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, november, New-York, ACM Press.
- Furuta R. et Stotts P.D. (1989), Programmable browsing semantics in Trellis, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, november, New-York, ACM Press.
- Furuta R. et Stotts P.D. (1990), Separating hypertext content from structure in Trellis, in R. McAleese et C. Green (Eds.), *Hypertext : State of the Art*, Oxford, Intellect Ltd, p. 205-213.
- Gaonac'h D. et Rouet J.F. (1992), Aspects cognitifs de la lecture des documents non-linéaires, in B. de La Passardière et G.-L. Baron (Eds.), *Hypermédiat et Apprentissages*, Paris, INRP, p. 221-224.
- Gardarin G. et Valduriez P. (1990), *SGBD avancés. Bases de données objets, déductives, réparties*, Paris, Eyrolles.
- 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.
- Glushko R.J. (1989), Design issues for multi-document hypertext, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, November, New-York, ACM Press.
- Gordon S., Gustavel J., Moore J. et Hankey J. (1988), The effect of hypertext on reader knowledge representation, *Proceedings of the 32nd Annual Meeting of the Human Factors Society*, Santa Monica, Human Factors Society.
- 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.
- Guinan C. et Smeaton A.F. (1992), Information retrieval from hypertext using dynamically planned guided tours, in D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard et P. Paolini (Eds.), *ECHT'92*, Proceedings of the 4th ACM conference on hypertext, Milano, november-december, New-York, ACM Press.

- Guthrie J.T. (1988), Locating information in documents, examination of a cognitive model, *Reading Research Quarterly*, 23 (2), 178-199.
- Hammouche H. (1993), De la modélisation des tâches à la spécification d'interfaces utilisateur, *Rapport de Recherche INRIA n°1959*, Roquencourt.
- Holt P.O. et Howell G. (1992), Making connections, the logical structuring of hypertext documents, *Instructional Science*, 21, 169-181
- Irler W.J. et Barbieri G. (1990), Non-intrusive hypertext anchors and individual colour markings, in A. Rizk, N. Streitz et J. André (Eds.), *Hypertext : Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 261-273.
- Jonassen D. (1982), *The technology of text. Vol I. Principles for structuring, designing, and displaying text*, Englewood Cliffs (NJ), Educational Technology Publications.
- Jordan D.S. et Russel D.M. (1989), Facilitating the development of representations in hypertext with IDE, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, november, New-York, ACM Press.
- Lachman R. (1989), Comprehension aids for online reading of expository text, *Human Factors*, 31 (1), 1-15.
- Lai P. et Manber U. (1991), Flying through hypertext, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Lee A.Y. (1992), Using tutoring systems to study learning, an application of HyperCard, *Behavior Research Methods, Instruments et Computers*, 24 (2), 205-212.
- Marshall C.C., Halasz F.G., Roger R.A. et Jansen W.C. (1991), Aquanet, a hypertext tool to hold your knowledge in place, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Marshall C.C. et Rogers R.A. (1992), Two years before the mist, experience with Aquanet, in D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard et P. Paolini (Eds.), *ECHT'92*, Proceedings of the 4th ACM conference on hypertext, Milano, november-december, New-York, ACM Press.
- Miller G.A. (1956), The magical number seven plus or minus two, some limits on our capacity for processing information, *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Mohageg M.H. (1992), The influence of hypertext linking structures on the efficiency of information retrieval, *Human Factors*, 34 (3), 351-367.
- Nanard J. et Nanard M. (1991), Using structured types to incorporate knowledge in hypertext, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Nelson T.H. (1981), *Literary Machines*, Swathmore, PA, Nelson (Sausalito, Mindfull Press),.
- Nelson T.H. (1990), The right way to think about software design, in B. Laurel (Ed.), *The art of HCI design*, Reading (MA), Addison Wesley, p. 235-244.
- Nielsen J. (1990), *Hypertext and hypermedia*, Boston, Academic Press.
- Norman D.A. et Rumelhart D.E. (Eds.), (1975) *Explorations in cognition*, San Francisco, Freeman.

- Oren T. (1987), The architecture of static hypertexts, in *Hypertext'87*, Proceedings of the 1st ACM conference on hypertext, Chapel Hill, november, New-York, ACM Press.
- Oren T., Salomon G., Kreitman K. et Don A. (1990), Guides, characterizing the interface, in B. Laurel (Ed.), *The art of HCI design*, Reading (MA), Addison Wesley, 367-382.
- Pierce K.A., Duncan M.K., Gholsn B., Ray G.E. et Kambi A.G. (1993), Cognitive load, schema acquisition, and procedural adaptation in nonisomorphic analogical transfer, *Journal of Educational Psychology*, 85 (1), 66-74
- Rouet J.-F. (1990), Interactive text processing in inexperienced (hyper-), readers, in A. Rizk, N. Streitz et J. André (Eds.), *Hypertext : Concepts, systems and applications*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 250-260.
- Rouet J.-F. (1992a), Apprendre à lire un hypertexte - Une étude expérimentale, *Cahiers de Linguistique Sociale*, 21, 81-92.
- Rouet J.-F. (1992b), Cognitive processing of hyperdocuments, when does nonlinearity help?, in D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard et P. Paolini (Eds.), *ECHT'92*, Proceedings of the 4th ACM conference on hypertext, Milano, november-december, New-York, ACM Press.
- Rufino A. et Tricot A. (1993), Représentation des métiers et projet personnel d'orientation, *Cahiers Pédagogiques*, 312, 58-60.
- Scapin D.L. et Pierret-Golbreich C. (1989), MAD, une méthode analytique de description de tâches, *Actes du Colloque sur l'Ingénierie des IHM*, Sophia-Antipolis, France.
- 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*, Berlin, Springer Verlag, p. 145-156.
- Simpson A. et Mcknight C. (1990), Navigation in hypertext, structural cues and mental maps, in R. McAleese et C. Green (Eds.), *Hypertext : State of the art*, Oxford, Intellect Ltd, p. 73-83.
- Stotts P.D. et Furuta R. (1991), Dynamic adaptation of hypertext structure, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.
- Stotts P.D., Furuta R. et Ruiz J.C. (1992), Hyperdocuments as automata, trace-based browsing property verification, in D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard et P. Paolini (Eds.), *ECHT'92*, Proceedings of the 4th ACM conference on hypertext, Milano, november-december, New-York, ACM Press.
- Streitz N., Haake J., Hanneman J., Lemke A., Schuler W., Schutt H., et Thuring M. (1992), SEPIA : a cooperative hypermedia authoring environment, in D. Lucarella, J. Nanard, M. Nanard et P. Paolini (Eds.), *ECHT'92*, Proceedings of the 4th ACM conference on hypertext, Milano, november-december, New-York, ACM Press.
- Sweller J. (1988), Cognitive load during problem solving, effects on learning, *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Sweller J., Chandler P., Tierney P. et Cooper M. (1990), Cognitive load as a factor in the structuring of technical material, *Journal of Experimental Psychology : General*, 119 (2), 176-192.
- Thompson R.H. et Croft W.B. (1989), Support for browsing in an intelligent text retrieval system, *International Journal of Man-Machine Studies*, 30, 639-668.

- Tricot A. (1993a), Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif, in G.L. Baron, J. Baudé et B. de la Passardière (Eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 2*, Paris, Presses de l'INRP, p. 21-37.
- Tricot A. (1993b), Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia. in *Actes du Colloque de prospective "Recherches pour l'Ergonomie"*, CNRS PIR Cognisciences, Toulouse, novembre.
- Tricot A. (1994), *La navigation dans les hypertextes et les hypermédiats. Bibliographie commentée*, CREPCO Technical Report TF9401, Aix en Provence, Université de Provence.
- van Dyke Parunak H. (1989), Hypermedia topologies and user navigation, in *Hypertext'89*, Proceedings of the 2nd ACM conference on hypertext, Pittsburgh, november, New-York, ACM Press.
- Wright P. (1990), Hypertext as an interface for learners : some human factors issues, in D.H. Jonassen et H. Mandl (Eds.), *Designing hypermedia for learning*, Heidelberg, Springer Verlag, p. 169-184.
- Wright P., et Lickorish A. (1990), An empirical comparison of two navigation systems for two hypertexts, in R. McAleese et C. Green (Eds.), *Hypertext : State of the Art*, Oxford, Intellect Ltd, p. 84-93.
- Wright P. (1991), Cognitive overheads and protheses, some issues in evaluating hypertexts, in *Hypertext'91*, Proceedings of the 3rd ACM conference on hypertext, San Antonio, december, New-York, ACM Press.

Résumé

Cette revue de question fait le point sur les problèmes posés par l'utilisation des hypermédiats et sur les solutions qui sont proposées. Ces travaux, tous très récents, sont conduits dans des disciplines différentes, et se consacrent à des problèmes différents : structuration rationnelle de la base de connaissance, modélisation de l'activité cognitive de l'utilisateur, etc. Le constat d'éparpillement de ces travaux s'accompagne d'un fait préoccupant : dans ce domaine, on ne sait pas toujours très bien ce que l'on cherche. Le but de cet article est de formuler en termes ergonomiques ces problèmes, d'évaluer l'état de leur solution, et d'ébaucher d'un cadre général pour la conception ergonomique des systèmes hypermédiats.

Mots clé : *hypermédia, navigation, apprentissages, recherche d'information, interface.*