

Chapitre 5

Navigation dans les hypertextes¹

5.1 Introduction

Un hypertexte est un type de texte qui se caractérise par le fait que ses parties sont organisées de façon non-linéaire : il existe un grand nombre de possibilités pour passer par l'ensemble des parties de l'hypertexte. On distingue donc généralement deux niveaux de l'hypertexte, celui où le texte est affiché, partie par partie, et celui, invisible, qui organise l'ensemble des relations entre les parties. Par analogie avec la navigation dans l'espace physique, l'activité qui consiste à passer d'un nœud à l'autre alors qu'il existe un grand nombre de choix à chaque passage, est appelée navigation. Ainsi, le livre imprimé de l'Éthique de Spinoza n'est pas un hypertexte : c'est un texte dont le contenu est complexe, à la fois au sein de chaque proposition, démonstration, corollaire ou scolie, mais aussi par la structure qui relie l'ensemble de ces parties ; c'est un texte où il existe des renvois entre certaines parties, mais où il n'y a pas un grand nombre de choix possibles à la fin ou en cours de lecture de chaque partie. Quand il a fini de lire la page 235, le lecteur est incité à tourner la page pour lire la 236. Il est bien entendu possible de faire un hypertexte de l'Éthique, il en existe d'ailleurs plusieurs. Les hypertextes ont d'autres caractéristiques, définies par leurs inventeurs, Vannevar Bush et Ted Nelson [NYC 92] : ce sont des documents personnels, où l'utilisateur peut ajouter des liens entre les parties, annoter les textes, ajouter des documents et enfin partager tout cela. Cependant, ces caractéristiques ne concernent pas directement l'aspect de leur utilisation qui nous intéresse ici, la navigation.

¹ Chapitre rédigé par André TRICOT et Franck AMADIEU

2 L'ergonomie au service de la vie quotidienne

Cette activité qui consiste à réaliser des choix à la fin et surtout en cours de lecture de chaque partie de l'hypertexte rend la lecture elle-même très exigeante, pour ne pas dire difficile. Les conséquences sont connues depuis longtemps : les lecteurs ne savent plus où il en sont, semblent désorientés, ne comprennent plus, ne trouvent plus ce qu'ils cherchent, parfois même ne parviennent pas à retrouver le passage qui les avaient intéressé quelques minutes auparavant [CON 87]. Pourtant, malgré ces exigences et ces difficultés, les hypertextes ont, au cours des 25 dernières années, véritablement envahi notre environnement quotidien, de travail et de loisir (par exemple dans les agences de voyage en ligne, les aides aux logiciels de bureautique ou les musées virtuels). Ils sont omniprésents sur le Web, sur les disques durs et même sur les DVD. On peut raisonnablement se demander pourquoi des objets si exigeants et difficiles ont envahi notre quotidien. Il est probable que ce soit lié à la possibilité de proposer très rapidement, voire instantanément, des cheminements différents, de personnaliser le document, de répondre à des besoins spécifiques, individuels. En bref, des documents censés nous aider de façon plus pertinente et plus adaptée dans notre quotidien, entraînent des difficultés, qu'il faut ensuite essayer de résoudre.

Les raisons de ces difficultés sont généralement analysées comme liées à la complexité de l'activité de navigation. La navigation consiste à faire des choix de lecture. Matériellement, elle se traduit par le fait de cliquer sur des liens hypertextuels. Elle implique que l'on traite le contenu des parties sélectionnées. En outre, la navigation est mise en oeuvre dans une situation où l'on réalise une activité et où l'on manque de connaissance pour mener à bien cette activité, on peut décider de rechercher de l'information dans un hypertexte pour combler ce manque, notamment si ce dernier est mal défini. Cette activité de recherche implique que l'on consulte l'hypertexte puis que l'on identifie les cibles recherchées et qu'on évalue leur pertinence [ROU 98]. Autrement dit, les difficultés liées à la navigation seraient à la fois intrinsèque à cette activité et liées au fait qu'elle est conduite simultanément à d'autres. On peut donc décrire quatre niveaux d'activité :

a) L'activité principale : la navigation est au service d'une activité principale (on utilise tel site Web de tel voyageur pour préparer un voyage, et non pour rien) qui est conduite parallèlement ou séquentiellement à la navigation.

b) L'activité de résolution du problème informationnel (parfois désignée par l'expression peut-être trop générale d'« activité de recherche d'information ») : il faut faire le choix de la partie à lire, c'est-à-dire mettre constamment en oeuvre une activité de prise de décision, alors que la lecture classique n'en implique pas ou peu. La navigation est d'abord mise en oeuvre pour permettre d'atteindre un but de recherche d'information : on ne lit généralement pas un hypertexte en entier, mais seulement des parties de celui-ci, parties qui sont censées correspondre au besoin d'information que l'on essayait de satisfaire quand on a pris la décision d'utiliser cet hypertexte. Le but de recherche que l'on poursuit dans un hypertexte est souvent

flou, voire mal défini, l'individu peut avoir le plus grand mal à l'exprimer. Le but peut évoluer au cours de la recherche. Il ne concerne pas un nœud de l'hypertexte mais plusieurs. Les buts informationnels précis ou uniques sont plutôt poursuivis sur des moteurs de recherche. Les buts de lecture intégrale sont plutôt poursuivis sur des documents linéaires. Le problème informationnel est résolu différemment selon le type de but informationnel (extraction, collecte, détection de cibles, lecture intégrale etc.) et selon le type de support (base de données, ouvrages papiers, hypertextes). Quand le but est général ou susceptible d'évoluer et que le support est un hypertexte, l'activité correspondante est la navigation.

c) L'activité de navigation : ce troisième niveau correspond à la mise en œuvre la résolution du problème informationnel, c'est l'interaction avec l'interface de l'hypertexte ; elle consiste à cliquer sur des liens pour afficher telle ou telle partie de l'hypertexte et à traiter les méta-informations présentes dans l'interface, comme la carte des contenus.

d) L'activité de traitement des contenus : il faut tenter d'élaborer une représentation de la signification de chaque lien emprunté entre deux parties. Il faut élaborer une représentation de l'ensemble des parties consultées et des liens empruntés, i.e. une représentation de la structure de tout ou partie de l'hypertexte. Tout cela pendant que l'on traite le contenu de chaque partie consultée.

L'objectif de ce chapitre est de faire le point sur les connaissances ergonomiques à propos de la navigation dans les hypertextes, c'est-à-dire de faire le point sur les connaissances susceptibles d'améliorer cette navigation. Pour répondre à cet objectif ergonomique, nous allons procéder en deux temps. Nous allons d'abord recenser les résultats empiriques concernant les facteurs (relatifs aux tâches, aux caractéristiques des hypertextes et à celles des utilisateurs) qui ont un effet sur la navigation. Ensuite, nous proposons un guide méthodologique, pour favoriser la conception des hypertextes permettant d'atteindre les objectifs de recherche d'information de la manière la plus efficace possible, ainsi que pour réduire les difficultés ressenties et/ou rencontrées par l'utilisateur, bref pour faciliter la navigation.

5.2 Les facteurs ayant un effet sur la navigation

5.2.1. Les objectifs de l'activité principale

Différents aspects peuvent caractériser une tâche, tels que l'origine de la tâche, la dimension temporelle de la tâche, la complexité de la tâche, etc. (pour une classification des dimensions d'une tâche, voir [LI 09]). Parmi les dimensions possibles d'une tâche d'utilisation d'un hypertexte, les buts poursuivis par l'utilisateur vont être déterminants sur les comportements de navigation.

4 L'ergonomie au service de la vie quotidienne

Rechercher une information peut consister à rechercher une information précise, localisée à un endroit particulier de l'hypertexte : il s'agit alors d'un but fermé. À l'opposé, l'information recherchée peut être plus générale et correspondre à un ensemble d'informations existantes dans plusieurs endroits de l'hypertexte, il s'agit alors d'un but ouvert. Ce dernier peut être rapproché d'une tâche de compréhension qui va exiger la sélection de plusieurs informations pour être traitées et permettre la construction d'une représentation mentale à partir de l'ensemble des informations traitées. Les buts poursuivis par des utilisateurs se situeraient donc sur un continuum du degré d'ouverture (ou généralité des buts).

Des travaux ont montré que poursuivre des buts ouverts entraînait des temps de recherche d'information plus longs que des buts plus fermés [KIM 01 ; MAR 89]. Un but ouvert conduit les utilisateurs à faire une plus grande utilisation des liens emboîtés (*embedded links*) et des outils de sauts (e.g. historique, signets, URL) [KIM 01]. Une étude [QIU 93] a mis en avant l'utilisation de patterns de recherche structurés lorsque le but était fermé alors que les patterns de recherche devenaient plus exploratoires lorsque le but était général.

Le niveau de généralité des buts a également été étudié par Rouet, Vidal-Abarca, Erboulo et Millogo [ROU 01]. Les utilisateurs devaient répondre à l'aide d'un hypertexte à des questions de niveau de généralité important ou à l'inverse faible. Les résultats ont indiqué que les buts de haut niveau de généralité ont conduit les utilisateurs à mettre en œuvre des patterns de recherche de type révision et intégration (consultation de plus de contenus et révision des contenus pour construire une représentation de ces derniers), alors que les buts de bas niveau de généralité ont conduit à des patterns de localisation et mémorisation (exploration des contenus pour localiser un fait spécifique).

D'autres types de buts ont été manipulés par Le Bigot, Rouet, Coutieras et Goumi [LEB 07] qui ont testé les effets des consignes sur les traitements des sources des textes d'un hypertexte. Les auteurs ont montré qu'une modification de la consigne donnée aux utilisateurs pouvait orienter les traitements ultérieurs d'un hypertexte. Comparativement à une simple consigne de lecture - compréhension, une consigne demandant aux lecteurs de prêter attention aux sources des textes (support d'origine et auteurs) a amené les lecteurs à juger la validité des sources et donc des contenus associés.

5.2.2. La structure de navigation et la structure sémantique des hypertextes

La structure des hypertextes est une dimension qui a suscité de nombreux travaux dans le domaine de la recherche d'information et de la compréhension avec des hypertextes. En effet, la structure du document joue un rôle à la fois de

contrainte (liberté de navigation limitée) et d'aide à la navigation et aux traitements des contenus (représentation de la structure sémantique des contenus). De manière générale, deux types de structuration des hypertextes peuvent être distingués : la structure de navigation qui contraint et organise les déplacements possibles de l'utilisateur d'une part, et la structure sémantique qui renvoie à l'organisation sémantique des contenus de l'hypertexte d'autre part.

En ce qui concerne la structure de navigation, une grande liberté de navigation peut entraîner de faibles performances car la tâche de navigation devient une tâche coûteuse et par conséquent ne soutient plus la tâche principale [AMA 06]. En effet, lorsque les utilisateurs ne possèdent pas les ressources cognitives suffisantes (*e.g.* connaissances antérieures) laisser un contrôle important sur la sélection des informations et des tâches à réaliser à des apprenants entraîne une baisse des performances [LEE 91]. Restreindre les déplacements des utilisateurs aux fonctions « précédent » et « suivant » peut améliorer l'efficacité de l'apprentissage [KER 06]. Ainsi, un système hypertextuel offrant une trop grande liberté de navigation à l'utilisateur sollicitera des ressources importantes pour la régulation et le contrôle de l'activité de navigation.

En ce qui concerne la structure sémantique, celle-ci est échafaudée à partir d'indices organisationnels des contenus tels que les titres, les liens organisationnels et plus particulièrement les vues d'ensembles (*i.e.* cartes conceptuelles, tables des matières). Il apparaît que la structure sémantique joue un rôle central sur les performances et la navigation pour les utilisateurs ayant encore une fois peu de ressources cognitives pour traiter les hypertextes. Une représentation explicite de la structure (*e.g.* hiérarchie) traduit les thèmes et concepts traités par l'hypertexte et des relations sémantique entre ces derniers. Ainsi, l'utilisateur peut construire plus aisément une représentation mentale de macrostructure de l'hypertexte. Les structures de type hiérarchique favorisent l'encodage et le stockage d'une représentation interne plus complète et mieux organisée en mémoire [CHM 98 ; DEJ 02 ; DEE 99 ; MUL 04 ; POT 03 ; LOR 95 ; ODO 02 ; PUN 03 ; ROB 95]. La structure sémantique aide également à la navigation en favorisant les transitions cohérentes entre concepts, une orientation vers les nœuds pertinents (*i.e.* reliés au but) et une exploration plus efficace (nombre de liens additionnels/nombre minimum de liens nécessaires pour répondre) [PUN 03 ; PAR 00 ; LIN 03]. Une structure hiérarchique peut faciliter le maintien d'un « fil conducteur » soutenant la construction d'une représentation intégrée de l'information [DEE 95].

La structure sémantique d'un hypertexte aurait un impact plus important que la structure de navigation. Par exemple, fournir des indices organisationnels sur la structure de l'hypertexte favorise davantage les performances de compréhension qu'un simple guidage des séquences de lecture qui caractérise la structure de navigation [CAL 03 ; DEJ 02]. Ceci serait en partie expliqué par le fait que la

structure sémantique remplit, comme la structure de navigation, le rôle de guide de navigation. En effet, la représentation de la structure d'un document oriente la construction des parcours par les utilisateurs. Une structure de type hiérarchique par exemple favorisera une exploration systématique du document [AMA 09b ; DEJ 02 ; FOL 96 ; SAL 05 ; ZEL 97].

5.2.3. Les utilisateurs : les ressources cognitives nécessaires aux traitements des hypertextes

Comme nous venons de l'évoquer, le traitement des hypertextes peut être coûteux. Par conséquent, dans les cas les plus exigeants, les utilisateurs doivent disposer de ressources cognitives adaptées et suffisamment importantes pour réaliser les traitements des contenus et de navigation. Les travaux sur les effets des différences interindividuelles nous renseignent sur la nature des ressources cognitives utiles aux traitements des hypertextes. Si les travaux s'intéressant aux variables psychologiques prédictrices de performances sont nombreux, tous ne renseignent pas sur l'impact de ces variables sur la navigation des individus. Les travaux cités dans cette section ne sont pas exhaustifs : ils permettent simplement d'identifier les principaux facteurs et leurs conséquences sur la navigation. Les principales variables interindividuelles abordées dans cette section sont les connaissances métatextuelles, les connaissances antérieures du domaine, les connaissances antérieures des systèmes, les habiletés métacognitives et les habiletés spatiales.

5.2.3.1. Connaissances métatextuelles

Les connaissances métatextuelles portent sur les caractéristiques des documents comme les organisateurs verbaux des documents (titres, introductions, tables des matières, index...) et de stratégies de traitements des textes [ROU 06]. Ces connaissances se développent durant les années d'éducation [ROU 02].

Rouet et Le Bigot [ROU 07] ont montré que des connaissances métatextuelles guidaient les utilisateurs d'un hypertexte vers un traitement plus important des contenus pertinents pour la tâche et favorisaient la construction mentale d'un modèle de la structure de l'hypertexte. La navigation des utilisateurs ayant de faibles connaissances métatextuelles est caractérisée par une linéarité plus importante.

5.2.3.2. Les connaissances antérieures du domaine

De nombreux travaux ont mis en évidence l'importance des connaissances antérieures du domaine des utilisateurs sur les performances de compréhension et de recherche d'information dans les systèmes hypertextes [MIS 06 ; MUL 03 ; POT

03 ; SHA 99]. Les connaissances antérieures d'un utilisateur sont une ressources importantes pour la régulation de son interaction avec un document non-linéaire. Les connaissances aident les utilisateurs à s'abstraire du type de structure du document, qu'elle soit une structure de navigation [LEE 91] ou une structure sémantique [AMA inp ; CAL 03 ; POT 03]. En l'absence de connaissances adaptées ou suffisantes, les utilisateurs rencontrent des difficultés dans la construction de leurs parcours et les traitements des contenus, *e.g.* [SHI 94].

Plusieurs travaux ont montré un effet des connaissances sur les comportements de navigation et d'utilisation. Les utilisateurs ayant un haut niveau de connaissances tendent à utiliser des stratégies de navigation plus élaborées. Par exemple, ils favorisent l'exploration d'un thème du document en profondeur alors que l'absence de connaissances conduit les utilisateurs à une exploration plus en largeur pour limiter les difficultés de désorientation [JEN 03 ; CAR 03 ; MIS 06]. Une exploration en largeur permettrait aux utilisateurs ayant peu de connaissances de construire une représentation de l'ensemble des thèmes. Du même ordre, Last, O'Donnell et Kelly [LAS 01] ont observé que des utilisateurs de haut niveau de connaissances poursuivaient des stratégies guidées par la recherche d'informations familières ou jugées intéressantes tandis que des utilisateurs de faible niveau de connaissances employaient des stratégies plus méthodiques et exhaustives organisées sur la base de la structure de l'hypertexte. Les utilisateurs de haut niveau de connaissances sont capables de construire des parcours de navigation qui maintiennent d'avantage de cohérence sémantique entre les nœuds d'information traités [AMA 09a ; AMA inp]. Les connaissances antérieures guideraient même les processus attentionnels des utilisateurs vers les informations pertinentes en début de tâche [AMA 09b]. Enfin, MacGregor [MCG 99] a observé des stratégies moins séquentielles et plus flexibles chez des utilisateurs de haut niveau de connaissances.

En résumé, les connaissances antérieures fournissent des ressources cognitives pertinentes pour les différents niveaux de traitements des documents non-linéaires : traitements des contenus, des structures, régulation de l'activité et de l'utilisation des stratégies de navigation. Néanmoins, si l'ensemble des résultats tendent à montrer le caractère élaboré de la navigation guidée par les connaissances antérieures, certains travaux soulignent la possibilité de parcours équivalents entre utilisateurs quelque soit le niveau de connaissances [SAL 05 ; ZEL 97]. Les travaux de Salmerón et ses collègues [SAL 05 ; SAL 06] interpellent sur la nécessité de considérer les comportements de navigation en perspective avec les performances à la tâche principale (*i.e.* atteinte des objectifs). En effet, ces travaux ont indiqué qu'un haut niveau de connaissances permettait de traiter des ruptures de cohérence sémantique dans la navigation et même de bénéficier de ces ruptures en favorisant la mise en œuvre de traitements profonds des contenus.

5.2.3.3. *Habiletés métacognitives*

Les systèmes hypertextes impliquent chez l'utilisateur une régulation, un contrôle et une évaluation de son activité [AZE 04a]. Les utilisateurs doivent organiser leurs buts, mettre en œuvre des stratégies d'utilisation, évaluer la pertinence de ces stratégies par rapport aux buts, évaluer les représentations des contenus et du document et bien sûr modifier les buts et stratégies. Ainsi, les utilisateurs doivent contrôler et réguler leurs activités avec les documents hypertextes. Pour cette raison, les habiletés cognitives jouent un rôle important sur les tâches de recherche d'information ou de compréhension avec des hypertextes [MAR 95].

Veenman, Prins et Elshout [VER 02] ont par exemple souligné l'influence positive des habiletés métacognitives sur les comportements et performances d'apprentissage avec des systèmes hypertextuels. Des analyses corrélationnelles ont révélé que l'acquisition de connaissances ainsi que le nombre d'actions réalisées par les apprenants augmentaient avec les habiletés métacognitives. Une étude d'Azevedo Guthrie et Seibert [AZE 04b] a montré que les apprenants ayant obtenus les meilleures performances d'apprentissage étaient ceux qui utilisaient le plus de stratégies efficaces, qui construisaient le plus de sous-but, activer leurs connaissances antérieures et planifier leur temps et effort. D'autres travaux ont indiqué que fournir un entraînement à l'autorégulation préalable à la tâche ou des aides à l'automonitoring favorisait les performances d'apprentissage [AZE 04a ; KAU 04]. En somme, les habiletés cognitive soutiendraient les performances lorsque les hypertextes requièrent un monitoring important en raison de structures fortement non-linéaires [SCH 04]. Les utilisateurs sont amenés dans ces cas à mettre en œuvre des habiletés d'autoévaluation, d'autocontrôle et d'autorégulation.

5.2.3.4. *Connaissances antérieures des systèmes hypertextuels*

Les systèmes de type hypertexte apportent des outils nouveaux pour l'interaction avec les informations et donc pour la navigation dans l'espace d'informations. Ces outils sont caractérisés par une diversité importante. Les connaissances antérieures de ces systèmes et des outils fournis jouent donc un rôle dans l'interaction avec ces systèmes, notamment en réduisant les coûts associés à l'utilisation des outils de navigation. En retour, les utilisateurs ayant une expérience des outils peuvent consacrer davantage d'attention à la tâche principale [BRI 01].

Dans les tâches d'apprentissage, des travaux ont montré l'effet positif des connaissances des systèmes sur les comportements de navigation [KRA 01] et la perception des systèmes [MIT 05]. L'étude de Kraus et ses collègues [KRA 01] a mis en avant une utilisation du système plus importante par les apprenants ayant le plus de connaissances des systèmes. Une interprétation est que ces utilisateurs sont

davantage capables de comprendre les caractéristiques du système et donc d'en exploiter les fonctions (*i.e.* utilisation des liens, suivi de parcours non-linéaires et temps d'utilisation plus long). Une étude confirme qu'une connaissance des systèmes favorise des parcours transversaux dans les hypertextes (*i.e.* exploration non-linéaire) [REE 00].

Dans le domaine de recherche sur les tâches de recherche d'information, les travaux contribuent à ces premières conclusions. Des utilisateurs expérimentés du Web mettent en œuvre des parcours de recherche idiosyncratiques et flexibles (*i.e.* variations des stratégies) [HOL 00] ainsi que des stratégies plus rapides, plus efficaces [LAZ 00a ; LAZ 00b]. Calcaterra, Antonietti et Underwood [CAL 05] ont également montré que l'expérience des systèmes était positivement liée à l'habileté d'orientation permettant les utilisateurs à mettre davantage en œuvre des stratégies d'orientation cherchant à se représenter les relations spatiales dans leur ensemble. Malgré ces résultats une forte connaissance des systèmes peut également provoquer l'utilisation de fonctions non-pertinentes pour la tâche et ainsi détourner l'utilisateur de la tâche principale [TRI 00].

Enfin, la connaissance des systèmes peut impliquer une expertise des systèmes et de leurs fonctions mais aussi une expertise des tâches de navigation et de recherche d'information [MAR 95 ; TRI 00]. Rouet et Coutelet [ROU 08] ont par exemple montré que des habiletés importantes dans la recherche d'informations dans des documents complexes favorisaient la mise en œuvre de stratégies descendantes basées sur l'utilisation d'organiseurs textuels et d'indices textuels. Enfin, l'expérience d'utilisation des systèmes peut également aider au développement d'un sentiment d'auto-efficacité dans l'utilisation des systèmes et ainsi favoriser un engagement dans les tâches d'utilisation plus important [TOR 02].

5.2.3.5. *Les habiletés spatiales*

Les effets des habiletés spatiales, qui renvoient aux habiletés cognitives à manipuler et transformer des images de patterns spatiaux en d'autres patterns [CHE 00], ont reçu une attention particulière dans l'étude des tâches de navigation impliquant une dimension spatiale forte [PAD 03]. Naviguer dans un hypertexte peut être comparé à la construction d'un parcours dans un espace d'information. Dans l'ensemble les habiletés spatiales sont une ressource utile à la navigation et l'atteinte des objectifs de la tâche. Nilsson et Mayer [NIL 02] ont par exemple montré que les habiletés spatiales des utilisateurs amélioraient l'efficacité de la navigation (*i.e.* temps de navigation et nombres de nœuds activés faibles). Downing, Moore et Brown [DOW 05] ont également observé des temps de recherche d'information plus courts chez les utilisateurs ayant des habiletés spatiales importantes. Pour le cas d'utilisateurs d'habiletés spatiales faibles, une aide à la navigation telle qu'une représentation de l'organisation de l'espace d'information

est bénéfique, et permet parfois même de faire disparaître les effets des habiletés spatiales [CHE 96]. Cependant, des structures hiérarchiques présentant des niveaux de profondeurs importants peuvent, aux même titre que des structures non-linéaires, causer des difficultés aux utilisateurs d'habiletés spatiales faibles [CHE 00].

Vörös [VOR 09] a récemment conduit une série d'expériences où elle étudie l'effet des capacités spatiales sur des performances en navigation. Les résultats montrent que les individus ayant de hautes capacités spatiales ont globalement de meilleures performances en navigation, ainsi que lors de l'élaboration d'une représentation mentale de la structure, que les individus avec de faibles capacités spatiales. Puis elle introduit les cartes (ou organisateurs graphiques) comme variable indépendante. Selon l'auteur, celles-ci devraient favoriser la navigation et la représentation mentale de la structure. Les résultats sont conformes à l'hypothèse pour la représentation mentale mais pas pour la navigation. Lors d'une autre expérience, Vörös tend à montrer que les participants avec de hautes capacités spatiales ont une meilleure navigation, élaborent une représentation mentale de meilleure qualité, tandis que les individus avec de faibles capacités spatiales sont « aidés » par des organisateurs graphiques.

Les résultats obtenus par Vörös permettent de faire l'hypothèse selon laquelle l'élaboration mentale d'une métaphore spatiale serait une sorte de « béquille cognitive » créée par le lecteur pour résoudre une difficulté de traitement de la complexité de certains hypertextes. L'hypertexte simple pourrait être traité comme un texte. L'hypertexte complexe, celui pour lequel un modèle rhétorique d'organisation du discours n'est pas disponible, entraînerait une telle difficulté de traitement dans l'élaboration d'une représentation cohérente de la macrostructure, que la métaphore spatiale serait une solution de rechange, un roue de secours, c'est-à-dire une représentation mentale moins pertinente qu'une représentation sémantique de l'organisation du contenu (*i.e.* le modèle rhétorique) mais moins difficile à élaborer. Dans ces cas « difficiles », de hautes capacités spatiales favorisent aussi cette élaboration mentale d'une métaphore spatiale.

Ainsi, les habiletés spatiales seraient une ressource pertinente pour mener une navigation efficiente mais ne seraient effectives que lorsque les systèmes hypertextuels exigent la construction d'un modèle mental de l'organisation de l'information [STA 95]. Enfin, notons que la majeure partie des études ayant examiné les effets des habiletés spatiales ont été mené sur des tâches de recherche d'information.

5.2.3.6. *Autres variables*

Les différents résultats exposés dans cette partie mettent en avant à la fois la complexité des tâches d'utilisation et de navigation dans les hypertextes et l'ampleur

des ressources cognitives nécessaires à la conduite efficace (*i.e.* adaptées aux buts poursuivis) des tâches de navigation. Or, depuis quelques années, de nouveaux travaux mettent en avant d'autres facteurs importants dans le traitement des documents non-linéaires, comme des variables motivationnelles, telles que le Sentiment d'Efficacité Personnelle face aux technologies, développée par Compeau et Higgins [COM 95]. En effet, le comportement d'un individu est lié, d'une part, aux perceptions de ses capacités personnelles à réaliser le comportement, et d'autre part, aux conséquences attendues du comportement envisagé [FAU 07]. Ainsi, un niveau élevé de Sentiment d'Efficacité Personnelle dans l'utilisation de l'informatique entraînerait une plus grande intensité d'usage ainsi qu'une moindre anxiété face aux ordinateurs, cette moindre anxiété encourageant elle aussi l'engagement du sujet dans l'utilisation de l'informatique.

Enfin, d'autres travaux se centrent sur une catégorie démographique d'utilisateurs et cherchent à identifier les variables psychologiques propre à ces utilisateurs. Par exemple, de plus en plus de travaux sont consacrées aux utilisateurs âgés [LI 03 ; ETC 07 ; DOM inp]. Etcheverry [ETC 09] a par exemple montré que le traitement est plus élaboré, plus coûteux, lorsque la recherche d'information est orientée vers la recherche de contenu (compréhension) plutôt que vers la navigation (localisation). Les utilisateurs âgés rencontrent des difficultés seulement lorsque la recherche est orientée navigation. Ces derniers montrent également un souvenir moins contextualisé des informations vues sur les pages Web ce qui traduit un déficit de mémoire épisodique.

Dans un objectif de conception de systèmes hypertextuels, il est évident que la prise en compte de tous les facteurs recensés dans ce chapitre est de l'ordre de l'idéal et non du réel. Ce recensement à néanmoins pour objectif de faire une mise à plat sur les facteurs clefs susceptibles d'avoir un effet sur les comportements de navigation et l'atteinte des objectifs par l'utilisateur, et ainsi de servir de ressources pour le concepteur.

Un guide pour la conception est proposé ci-dessous. Il est fondé sur l'exploitation de l'analyse précédente.

5.3. Un guide pour l'ergonomie de la navigation dans les hypertextes

L'objectif de cette partie est de fournir quelques repères pour la conception d'un hypertexte qui ne poserait pas de difficulté de navigation à ses utilisateurs. Plus généralement, un hypertexte ergonomique serait un hypertexte qui permettrait aux utilisateurs d'atteindre les buts informationnels qu'ils visent (critère d'utilité), qui serait aisé à utiliser (critère d'utilisabilité) et qui serait compatible avec les

motivations, les contraintes et les valeurs de l'utilisateur, ainsi qu'avec l'environnement dans lequel il se trouve (critère d'acceptabilité).

Si la lecture de cette partie est linéaire, l'utilisation du guide ne l'est pas : les différents aspects de la conception ne sont pas rencontrés par les concepteurs dans un ordre bien défini. De même, il n'existe pas de solution universelle de conception dans le domaine des hypertextes. Sur la base du recensement des principaux effets existants sur la navigation, nous présentons des paramètres à prendre en compte et non des recommandations. Chaque paramètre dépend des autres paramètres et a une influence sur eux. Prendre en compte un paramètre entraîne donc l'émergence de nouvelles contraintes et l'abandon d'autres. Pour chaque dimension quelques pistes de méthodes d'évaluation sont proposées.

Un premier point de ce guide traite de l'analyse, non pas de la tâche, mais des tâches que l'utilisateur devra réaliser pour atteindre ses objectifs, parmi lesquelles on trouvera la tâche de navigation. Celles-ci sont abordées sous l'angle de leurs interactions ; la tâche de navigation est donc considérée dans son rapport aux autres tâches. Un second point insiste sur la nécessité de décrire et formaliser le domaine afin d'identifier les principes de ce domaine, l'organisation des connaissances et les contraintes. Ensuite, la conception du scénario et supports de navigation est abordée. Enfin, nous traitons rapidement de l'interface de l'hypertexte (dans un sens strict : ce qui est visible de l'hypertexte) pour clore cette partie en abordant la façon de prendre en compte les utilisateurs.

5.3.1. Analyse des tâches

Un aspect essentiel de la conception d'un hypertexte réside dans l'analyse de la tâche. Dans quels buts des utilisateurs vont-ils utiliser l'hypertexte qui est conçu ? Cette analyse peut être réalisée en trois niveaux non indépendants :

– l'analyse de la *tâche principale* : si un individu utilise un hypertexte c'est d'abord parce qu'il se trouve dans une situation où il réalise une tâche et manque de connaissance pour réaliser cette tâche. Il convient donc de décrire et analyser cette tâche principale : Est-ce une tâche régulière, pour laquelle l'individu est susceptible d'acquérir une certaine expertise ? Ou au contraire, est-ce une tâche occasionnelle, systématiquement réalisée par des novices ? Existe-t-il des contraintes organisationnelles qui pèsent la réalisation de la tâche principale ? Des contraintes matérielles, spatiales, temporelles ?

– l'analyse de la *tâche de recherche d'information* : il s'agit cette fois d'essayer de caractériser le but informationnel. Tout d'abord, il est utile de savoir si ce but est élaboré par l'utilisateur de l'hypertexte (*i.e.* l'opérateur de la tâche principale) ou par un tiers (*e.g.* un demandeur, un ordonnateur). D'autres aspects sont aussi importants à prendre en compte : le but est-il bien ou mal défini, général ou précis ? Est-il

susceptible d'évoluer en cours de recherche ? La cible est-elle unique ou multiple, implicite ou explicite, fréquemment ou rarement recherchée ? Comment la cible devra-t-elle être exploitée : devra-t-elle être comprise, apprise, notée, mise en œuvre, comparée à d'autres, intégrée dans une synthèse ? Une fois que cette analyse est réalisée, on peut préciser les sous-tâches qu'implique l'exploitation de l'information trouvée, c'est-à-dire de quel traitement cognitif cette information va être l'objet et comment elle va être utilisée dans la réalisation de la tâche principale. Par exemple, si l'exploitation concerne l'apprentissage, on pourra se demander si l'apprentissage concerne la conceptualisation, la procéduralisation, l'automatisation, la mémorisation littérale, la compréhension, etc.

– l'analyse de la *tâche de navigation* : la tâche concerne aussi l'exploration de l'hypertexte lui-même. On pourra se demander si l'utilisateur a besoin d'avoir une vision d'ensemble du document ou non et si la navigation est contrainte ou libre. Si la tâche de recherche d'information concerne plusieurs cibles, on devra savoir si ces cibles sont localisables à un même endroit ou non. Selon la complexité de la tâche de recherche d'information, on sera sans doute amené à envisager que la tâche de navigation implique l'utilisation de plusieurs outils de navigation, comme un moteur de recherche, un historique ou une carte des contenus. Il faudra analyser la tâche que représente l'utilisation de ces outils de navigation.

Ensuite, l'analyse peut utilement porter sur la relation entre la tâche principale et la tâche d'utilisation du document (cette dernière englobant la recherche d'information et la navigation) : cette relation est-elle séquentielle (les individus interrompent la tâche principale pour utiliser le document) ou parallèle (les individus réalisent simultanément la tâche principale et l'utilisation du document) ? Dans le cas d'une relation parallèle, la tâche principale pourra être analysée comme une source potentielle d'interférences pour la réalisation de la tâche d'utilisation du document, et réciproquement.

Nous donnons ici un exemple d'analyse des tâches, celles que réalisent les techniciens de maintenance aéronautique. Les tâches principales peuvent être classées en deux catégories : les tâches de préparation et les tâches de réalisation. La tâche de préparation a lieu avant la tâche de réalisation proprement dite et vise à la mise à disposition de tout ce qui est nécessaire à l'exécution de cette dernière (pièces, outillages, lubrifiants, etc.). Les tâches secondaires de recherche d'information peuvent être analysées à partir de la catégorisation de Tricot [TRI04] : obtenir une nouvelle connaissance ; combler un manque de connaissance ; compléter la connaissance existante ; être en conformité avec la situation ; avoir détecté un marqueur de pertinence dans la situation (comme une alerte). Barnard et ses collègues [BAR 07] ont analysé les buts d'utilisation de la documentation en maintenance aéronautique : suivre scrupuleusement les étapes prescrites dans la procédure, trouver de l'information spécifique sur un sujet, vérifier si rien d'important n'a été oublié, acquérir des connaissances sur une tâche ou un système.

Ces quatre besoins de l'opérateur peuvent être mis en correspondance avec les tâches de recherche d'informations de Tricot [TRI 04] : le besoin d'information sur la procédure complète correspond au besoin pour obtenir une nouvelle connaissance ou besoin pour être en conformité avec la situation ; le besoin d'une information spécifique afin de combler un manque de connaissance pour pouvoir exécuter une tâche correspond au besoin pour compléter la connaissance existante ; le besoin d'information pour vérifier la conformité de la tâche effectuée correspond au besoin pour être en conformité avec la situation ; le besoin d'information pour l'apprentissage du système ou d'une nouvelle tâche correspond au besoin pour obtenir une nouvelle connaissance ou besoin pour compléter la connaissance existante.

On peut ensuite mettre en relation l'analyse des tâches de recherche d'information avec l'analyse des tâches principales. Le tableau 1 présente quelques exemples de ce type d'analyse [ZAH 09].

| Tâches de maintenance <i>préparation</i> | Tâches de recherche d'information |
|--|--|
| Préparation des pièces, outillage nécessaires | Recherche sur les outillages, matériels spécifiques, composants... |
| Vérification de la disponibilité de tout ce qu'il faut | Relecture et vérification de la liste des outillages, composants, etc. |
| <i>réalisation</i> | |
| Exécution de la commande du client | Lecture (complète ou opportuniste) de la documentation |
| Test | Lecture de la procédure complète dans la carte de travail |

Tableau 1. *Quelques exemples de correspondances entre tâches de maintenance et de recherche d'information.*

Sur le plan des tâches, l'évaluation concerne le critère d'utilité. Il s'agit de répondre aux questions suivantes : est-ce que les individus trouvent l'information dont ils ont besoin ? Est-ce qu'ils comprennent celle-ci ? Est-ce que l'information trouvée permet de réaliser ou d'améliorer la réalisation de la tâche principale ?

Enfin, une fois ces tâches décrites et analysées, le concepteur pourra démarrer l'élaboration de la tâche de navigation dont l'objectif sera de soutenir la tâche de recherche d'information. Les contraintes et fonctions de la tâche de navigation devront répondre aux exigences de la tâche de recherche d'information. Par exemple, si la tâche de navigation devra répondre aux besoins des objectifs de la tâche de recherche d'information. Un objectif ouvert (ex. comprendre un ensemble d'informations) exigera que l'utilisateur puisse naviguer selon une organisation du

domaine à l'aide d'une représentation de la structure du document par exemple. En revanche, un objectif fermé (ex. localiser une information) exigera que l'utilisateur puisse atteindre rapidement l'information recherchée et juger sa validité. Enfin, la tâche de recherche d'information peut avoir des buts de différents niveaux de généralité, par conséquent la tâche de recherche d'information devra pouvoir répondre à cette exigence en proposant par exemples différents scénarios de navigation.

5.3.2. La modélisation du domaine

Un hypertexte présente des contenus. Un aspect de la conception consiste à analyser ces contenus. Certains contenus peuvent être des savoirs institués, déjà structurés par leur histoire (comme les savoirs scientifiques) ou par l'institution qui les produit (comme les textes de loi). D'autres contenus correspondent à des connaissances présentes dans des situations, sous des formes plus ou moins explicites ou structurées (comme l'ensemble des savoir-faire présents dans une entreprise). L'analyse des contenus peut donc s'avérer très fastidieuse, ou relever de la simple formalité. Cependant, il nous semble important d'insister sur le fait que c'est un aspect absolument crucial de la conception : il faut décrire précisément l'ensemble des unités de contenu et l'ensemble des liens entre ces unités. C'est sur cette base que sera élaboré le scénario de navigation (soit l'ensemble des chemins de navigation possibles), voire même que seront élaborés des outils de navigation (comme une carte des contenus). Nous dressons maintenant la liste des aspects de cette analyse qui nous semble les plus centraux (pour plus de détails, voir [TRI 07]).

Quels sont les formats des connaissances ? Il s'agit de décrire, pour chaque nœud, si son contenu est une connaissance procédurale (savoir-faire, méthode, démarche générale, procédure à mettre en œuvre strictement, etc.) ou une connaissance déclarative (fait, concept, état, système, etc.). Ces catégories de nœuds peuvent évidemment être plus précises. Par exemple, un concept peut être un principe, une théorie, une hypothèse, etc. Il s'agit ensuite d'essayer de décrire le niveau de généralité, ou le domaine de validité de chaque connaissance : est-elle particulière à une situation, ou, au contraire, concerne-t-elle un grand ensemble de situations ? Décrire le format des connaissances représente un enjeu important ces différents formats vont impliquer des traitements cognitifs différents (traiter un concept c'est conceptualiser, traiter une procédure pour la mettre en œuvre c'est procéduraliser, traiter la description d'une situation c'est comprendre, etc.)

Quelles sont les liens entre les connaissances ? L'ensemble des contenus représente différentes composantes qui ont été identifiées au paragraphe précédent, et qu'il s'agit maintenant de relier. La description des unités de contenus et des liens qui les unissent permettent d'aboutir à un modèle du domaine. L'analyse des

contenus doit donc déboucher un ensemble de liens, dont on pourra ensuite établir une typologie. Par exemple, si l'hypertexte décrit un le fonctionnement d'un mécanisme, il est très probable que les liens pourront être rangés dans deux catégories principales : liens décrivant une relation temporo-causale et liens décrivant une relation parties-tout. Si d'autres liens apparaissent (ce qui paraît raisonnable) il faudra alors se demander si ces liens sont vraiment pertinents, décider s'ils est nécessaire de créer une troisième catégorie (comme, dans notre exemple, la catégorie des liens décrivant des boucles de rétroaction), une quatrième catégorie, etc.

Quelle est l'architecture générale ? Ce modèle conceptuel d'organisation des contenus pourra être traduit par une architecture générale. On a vu dans la partie précédente qu'un même contenu structuré différemment ne sera pas traité de la même manière. Décrire l'architecture ce n'est pas simplement mettre à plat les unités et les liens : il s'agit de donner une véritable forme à l'ensemble, comme une arborescence, un réseau, une suite linéaire. L'architecture générale est-elle rationnelle, c'est-à-dire organisée selon des principes indépendants du contenu, ou fonctionnelle, c'est-à-dire organisée en fonction des buts qu'elle permet d'atteindre, ou sémantique, c'est-à-dire fondée sur le modèle du domaine, ou spatiale c'est-à-dire fondée sur une représentation spatiale (souvent une métaphore) du contenu ? L'architecture générale est-elle simple, c'est-à-dire qu'elle contient peu d'éléments présentant peu de liens entre eux, ou complexe, c'est-à-dire quelle contient de nombreux éléments présentant de nombreux liens entre eux ? Le choix d'architecture est notamment une recherche de compromis entre la représentation fidèle du modèle du domaine et du niveau d'expertise des utilisateurs (plus ce niveau sera faible, plus il faudra simplifier l'architecture).

La modélisation du domaine a donc un lien fort avec la partie suivante : la prise en compte des utilisateurs. En effet, la plupart des aspects du domaine dépendent directement du niveau d'expertise des utilisateurs dans le domaine : on ne peut pas traiter avec le même contenu avec le même niveau de détail selon que l'on s'adresse à des experts ou à des novices. Il s'agit donc de caractériser la relation entre le domaine et les utilisateurs, de décrire le plus complètement possible le degré de nouveau que représentent les contenus pour les utilisateurs visés (ou les différentes catégories d'utilisateurs visés). C'est ce que nous allons voir maintenant plus en détail.

Sur le plan du modèle du domaine, l'évaluation est délicate à conduire. En effet, la modélisation du domaine a surtout des effets indirects, sur la compréhension et la navigation. Les mesures de compréhension relèvent de la mesure d'utilité. Les mesures de navigation sont essentiellement des mesures d'efficacité ou d'efficience de la recherche d'information, des mesures de désorientation [AMA 08] et enfin les dessins de structure (on demande aux utilisateurs de représenter sous une forme

graphique l'organisation de l'hypertexte qu'ils viennent de consulter ; ce dernier type de mesure est particulièrement délicat à interpréter).

5.3.3. *Les supports et le scénario de navigation*

Le scénario de navigation définit l'ensemble des liens activables et l'ensemble des contraintes qui pèsent sur l'ordre d'activation de ces liens. Il se compose de deux aspects indissociables, l'un davantage orienté vers le fonctionnement même du dispositif (qui est donc complété par les supports de navigation), l'autre vers la réalisation de la tâche de recherche d'information. Le scénario de navigation devrait donc être (a) cohérent en lui-même (b) cohérent avec la mise en œuvre de la tâche de recherche d'information (c) le plus simple possible.

Une façon de simplifier le scénario de navigation consiste à simplifier l'architecture, par exemple en limitant le niveau de profondeur et largeur de l'espace de navigation. Dans l'idéal, un scénario simple est invisible, il donne lieu à un traitement implicite (l'utilisateur prend des décisions de navigation qui ne sont pas nécessairement conscientes). S'il est impossible de construire un scénario simple, alors il sera sans doute nécessaire d'élaborer une aide à la navigation : par exemple, une carte de contenus, une table des matières, une métaphore.

Les supports de navigation peuvent donc être décrits selon deux catégories : les fonctionnalités, qui permettent d'agir sur le système et les aides, qui permettent de comprendre le système et sa propre activité d'utilisateur. Les fonctionnalités et les aides de navigation devront répondre aux exigences de la tâche de recherche d'information tel que le niveau de généralité de but poursuivi, ainsi qu'aux caractéristiques des utilisateurs. Par exemple, une même fonctionnalité permettant une exploration très libre de hypertexte pourra être adaptée à un utilisateur expert du domaine qui se repèrera plus facilement dans l'espace sémantique du document, alors qu'une aide comme une carte de l'organisation sémantique de contenus sera plus pertinente pour un utilisateur novice dans le domaine. Autre exemple, dans une activité de recherche d'information impliquant un but ouvert et complexe (élaboration de représentations à partir de différentes informations distribuées à travers le document), les fonctionnalités de navigation devraient offrir une liberté d'exploration importante afin de pouvoir faire des allés et venus entre les informations à traitées. Mais des aides à la régulation de l'activité de recherche (ex. trace du parcours empruntés, signets) pourraient être fournies, en particulier pour des utilisateurs ayant des habiletés métacognitives peu développées.

5.3.4. L'interface

La conception de l'interface d'un hypertexte ne présente pas, à notre connaissance, d'aspects spécifiques. Les recommandations ou normes ergonomiques habituellement utilisée dans le domaine des systèmes d'information ou des logiciels peuvent être utilisés ici (ex. norme Z67-133-1 ; [BAS 97]).

Les choix de conception de l'interface, à l'instar de la conception des supports de navigation et fonctionnalité, dépendront des connaissances des utilisateurs des systèmes, c'est-à-dire des habitudes d'utilisation et donc des représentations et procédures d'utilisation construites au cours de l'expérience. En effet, les choix de structuration de l'interface, du positionnement et de l'apparence des fonctionnalités de navigation auront un rôle important dans l'efficacité de la navigation. Par exemple, la présence de nombre de distracteurs dans l'interface (fonctionnalités nombreuses autres que pour la navigation, informations non pertinentes pour la tâche) pourraient accroître le coût attentionnel pour l'utilisateur (*cf.* modèle COLIDES, [KIT 00]) et ainsi entraver son activité de navigation.

5.3.5. La prise en compte des utilisateurs

Si la recherche sur les effets des caractéristiques psychologiques des utilisateurs sur la navigation dans les hypertextes est assez foisonnante, il est difficile de prendre en compte ces caractéristiques lors de la conception d'un hypertexte. Les concepteurs devront donc identifier une à deux variables interindividuelles qu'ils estimeront les plus pertinentes selon l'analyse des tâches, de la situation (domaine) et des utilisateurs. Par exemple, certaines caractéristiques peuvent aisément être prises en compte si les utilisateurs visés sont des enfants : on pourra alors anticiper le fait qu'ils possèdent probablement peu de connaissances méta-textuelles et d'habiletés métacognitives.

Néanmoins, comme le suggèrent les sections précédentes, deux variables cependant peuvent être considérées par les concepteurs comme parmi les plus importantes : l'expertise du domaine et l'expertise dans l'utilisation des hypertextes.

Si les utilisateurs sont des experts du domaine, on peut essayer de respecter la structure du domaine, quand celui-ci est institué. Si le domaine n'est pas institué, alors la conception de l'architecture risque d'être très difficile, un modèle type n'existant pas, l'imitation de l'organisation des connaissances d'un expert risquant fort de ne pas convenir à un autre.

Si au contraire les utilisateurs sont novices du domaine, l'hypertexte conçu devra être le plus simple possible, si cela ne contredit pas le modèle du domaine, être

représenter par une architecture hiérarchique, c'est-à-dire simplifiant l'organisation des contenus en relations catégorielles et ordonnées traitables facilement.

Si les utilisateurs sont novices dans l'utilisation des hypertextes, il faudra limiter autant que possible le nombre de fonctionnalités disponibles afin d'éviter un coût d'apprentissage de l'utilisation des outils ainsi qu'une dispersion dans les utilisations qui pourraient elles aussi saturer les ressources en mémoire. En outre, la mise en place de guidage dans l'utilisation d'outil de navigation (ex. mise en exergue des fonctionnalités, principe de transparence des objets de navigation) pourra participer à une amélioration de la navigation de ces utilisateurs.

5.4. Conclusion

La navigation dans les hypertextes est une activité que les utilisateurs d'ordinateurs pratiquent quotidiennement. Pourtant c'est une activité exigeante et même difficile dans la plupart des cas. Dans ce chapitre, nous avons analysé les causes de ces difficultés puis nous avons proposé quelques pistes pour faciliter cette activité.

Dans la figure 1, nous avons tenté de résumer l'ensemble des aspects abordés dans ce chapitre, ainsi que les relations entre eux. L'ensemble de ces aspects est présenté en quatre grandes parties, qui correspondent aux quatre dimensions principales de l'activité cognitive d'utilisation d'un hypertexte, et que nous avons présentées en introduction. Notre schéma voudrait contribuer à aider :

- le concepteur d'hypertexte à disposer d'une liste organisée de l'ensemble des principaux problèmes de conception qu'il doit résoudre ;
- le chercheur en psychologie et en ergonomie qui vient d'élaborer un protocole expérimental pour étudier l'activité cognitive dans les hypertextes, à vérifier qu'il n'a pas oublié de contrôler une variable ;
- la communauté des chercheurs en psychologie et en ergonomie qui s'intéressent aux hypertextes (dont les auteurs de ce chapitre font partie !) à identifier les questions qui restent ignorées et qui mériteraient d'être abordées, en croisant les différentes dimensions identifiées.

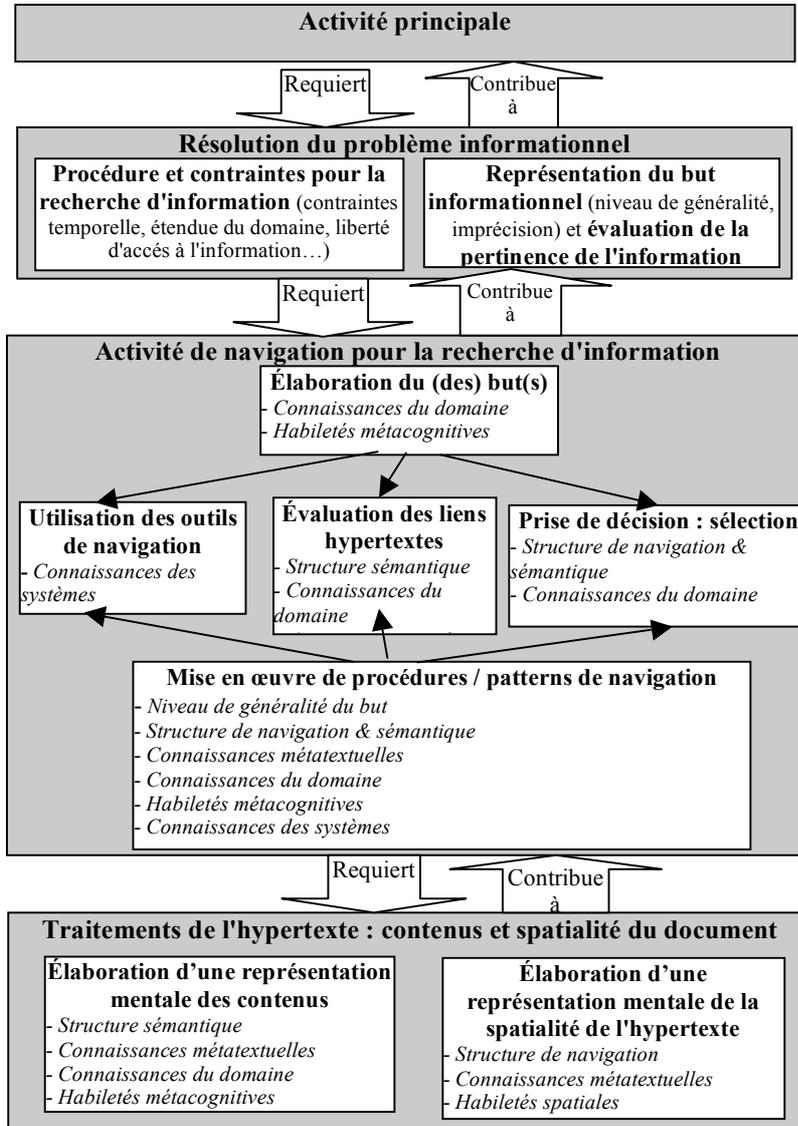


Figure 1. Principaux aspects de l'activité cognitive impliqués dans le traitement cognitif des hypertextes

5.4 Bibliographie

- [AMA 06] AMADIEU F., TRICOT, A. « Utilisation d'un hypermédia et apprentissage : deux activités concurrentes ou complémentaires ? » *Psychologie Française*, vol. 51, p. 5-23, 2006.
- [AMA 08] AMADIEU F., BASTIEN C., TRICOT, A. « Les méthodes on-line 1 : Analyse des parcours », In A. Chevalier, A. Tricot, (Eds.), *Ergonomie des documents électroniques*, p. 251-270, Paris, PUF, 2008.
- [AMA 09a] AMADIEU F., TRICOT A., MARINÉ, C. « Effects of prior knowledge diversity on learning with a non-linear electronic document: disorientation and coherence of the reading sequence », *Computers in Human Behavior*, vol. 25, p. 381-388, 2009.
- [AMA 09b] AMADIEU F., VAN GOG T., PAAS F., TRICOT A., MARINÉ C., « Effects of prior knowledge and conceptual map structure on disorientation, cognitive load, and learning », *Learning & Instruction*, vol. 19, p. 376-386, 2009.
- [AMA inp] AMADIEU F., TRICOT A., MARINÉ C. « Comprendre des documents non-linéaires : Quelles ressources apportées par les connaissances antérieures ? » *L'Année Psychologique*, sous presse.
- [AZE 04a] AZEVEDO R., CROMLEY J.G. « Does training on self-regulated learning facilitate students' learning with hypermedia? » *Journal of Educational Psychology*, vol. 96, p. 523-535, 2004.
- [AZE 04b] AZEVEDO R., GUTHRIE J.T., SEIBERT D., « The role of self-regulated learning in fostering students' conceptual understanding of complex systems with hypermedia », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 30, p. 87-111, 2004.
- [BAR 07] BARNARD Y., MOAL M., TAPIE J., « Ergonomie, documentation électronique et maintenance : exemple de l'aéronautique », *Forum INRETS Systèmes et Logiciels pour les NTIC dans le Transport*, Paris, 31 mai 2007.
- [BRI 01] BRINKERHOFF J., KLEIN J.D., KOROGHLANIAN, C.M., « Effects of Overviews and Computer Experience on Learning from Hypertext », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 25, p. 427-440, 2001.
- [CAL 03] CALISIR F., GUREL Z., « Influence of text structure and prior knowledge of the learner on reading comprehension, browsing and perceived control », *Computers in Human Behavior*, vol. 19, p. 135-145, 2003.
- [CAL 05] CALCATERRA A., ANTONIETTI A., Underwood J., « Cognitive style, hypermedia navigation and learning », *Computers & Education*, vol. 44, p. 441-457, 2005.
- [CAR 92] CARMEL E., CRAWFORD S., CHEN H., « Browsing in hypertext: a cognitive study », *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 22, p. 865-884, 1992.
- [CHE 00] CHEN C., CZERWINSKI M., MACREDIE R. D., « Individual differences in virtual environments - Introduction and overview », *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 51, p. 499-507, 2000.

- [CHE 00] CHEN S., FORD N., « Individual differences, hypermedia navigation, and learning: An empirical study », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 9, p. 281-311, 2000.
- [CHE 96] CHEN C., RADA R., « Interacting with hypertext: A meta-analysis of experimental studies », *Human-Computer Interaction*, vol. 11, p. 125-156, 1996.
- [CHM 98] CHMIELEWSKI T.L., DANSEREAU D. F., « Enhancing the recall of text: Knowledge mapping training promotes implicit transfer », *Journal of Educational Psychology*, vol. 90, p. 407-413, 1998.
- [CON 87] CONKLIN J., « Hypertext: an introduction and survey », *IEEE computers*, vol. 20, 1p. 7-41, 1987.
- [CPM 95] COMPEAU D.R., HIGGINS C.A., « Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test », *MIS Quarterly*, vol. 19, p. 189-211, 1995.
- [DEE 95] DEE-LUCAS D., LARKIN J.H., « Learning from electronic texts: Effects of interactive overviews for information access », *Cognition & Instruction*, vol. 13, p. 431-468, 1995.
- [DEE 99] DEE-LUCAS D., LARKIN J.H., « Hypertext segmentation and goal compatibility: effects on study strategies and learning », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 8, p. 279-313, 1999
- [DEJ 02] DE JONG T., VAN DER HULST A., « The effects of graphical overviews on knowledge acquisition in hypertext », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 18, p. 219-231, 2002.
- [DOM inp] DOMMES A., CHEVALIER A., LIA S., « The role of cognitive flexibility and vocabulary abilities of younger and older users in searching for information on the Web », *Applied Cognitive Psychology*, in press.
- [DOW 05] DOWNING R.E., MOORE J.L., BROWN S.W., « The effects and interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking », *Computers in Human Behavior*, vol. 21, p. 195-209, 2005.
- [ETC 07] ETCHEVERRY I., TERRIER P., MARQUIÉ J.C., « Examining task demands in web interaction and age differences through episodic memory », in W.P. Brinkman, D.H. Ham, W. Hong (Eds.), *Proceedings of the of the ECCE 2007 Conference*, p. 305-306, London, 2007.
- [ETC 09] ETCHEVERRY I. Les exigences cognitives de la recherche d'informations sur Internet et les difficultés liées à l'âge examinées sous l'angle de la recollection, Thèse, Université de Toulouse, 2009.
- [FAU 07] FAURIE I., VAN DE LEEMPUT C., « Influence du Sentiment d'Efficacité Informatique sur les usages d'Internet des étudiants », *L'Orientation Scolaire et Professionnelle*, vol. 36, p. 533-552, 2007.
- [FOL 96] FOLTZ P.W., « Comprehension, Coherence and Strategies in Hypertext and Linear text », in J.-F. Rouet, J.J. Levonen, A. Dillon, R.J. Spiro (Eds.), *Hypertext and Cognition*, p. 109-136, Mahwah, Erlbaum, 1996.

- [HOL 00] HÖLSCHER C., STRUBE G., « Web search behavior of Internet experts and newbies », *Computer Networks*, vol. 33, p. 337-346, 2000
- [JEN 03] JENKINS C., CORRITORE C.L., WIEDENBECK S., « Patterns of information seeking on the Web: a qualitative study of domain expertise and Web expertise », *IT & Society*, vol. 1, p. 64-89, 2003.
- [KAU 04] KAUFFMAN D.F., « Self-regulated learning in web-based environments: instructional tools designed to facilitate cognitive strategy use, metacognitive processing, and motivational beliefs », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 30, p. 139-161, 2004.
- [KER 06] KERWIN M.-L.E., « Evaluation of a computer-based instructional package about eating disorders », *Computers in Human Behavior*, vol. 22, p. 1059-1066, 2006.
- [KIM 01] KIM K.-S., « Information seeking on the Web: Effects of user and task variables », *Library & Information Science Research*, vol. 23, p. 233-255, 2001
- [KIT 00] KITAJIMA M., BLACKMON M.H., POLSON, P.G., « A comprehension-based model of Web navigation and its application to Web usability », in S. McDonald, Y. Waern, G. Cockton (Eds.), *Proceedings of HCI 2000*, p. 357-373, New-York, Springer, 2000.
- [KRA 01] KRAUS L.A., REED W.M., FITZGERALD G.E., « The effects of learning style and hypermedia prior experience on behavioral disorders and time on task: a case-based hypermedia environment », *Computers in Human Behavior*, vol. 17, p. 125-140, 2001.
- [LAS 01] LAST D.A., O'DONNELL A.M., KELLY A.E., « The effects of prior knowledge and goal strength on the use of hypertext », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 10, p. 3-25, 2001.
- [LAZ 00a] LAZONDER A.W., « Exploring novice users' training needs in searching information on the WWW », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 16, p. 326-335, 2000.
- [LAZ 00b] LAZONDER A.W., BIEMANS H.J.A., WOPEREIS I.G.J.H., « Differences between novice and experienced users in searching information on the World Wide Web », *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 51, p. 576-581, 2000.
- [LEB 07] LE BIGOT L., ROUET J.-F., COUTIERAS A., GOUMI A., « Comment mieux évaluer les informations issues de sources multiples? », in T. Nodenot, J. Wallet, E. Fernandes (Eds.), *Actes de la conférence EIAH'07*, p. 161-166, Lausanne, UNIL, 2007.
- [LEE 91] LEE S.-S., LEE Y.H.K., « Effects of learner-control versus program-control strategies on computer-aided learning of chemistry problems: For acquisition or review ? » *Journal of Educational Psychology*, vol. 83, p. 491-498, 1991.
- [LI 09] LI Y., « Exploring the relationships between work task and search task in information search », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 60, p. 275-291, 2009.
- [LIN 03] LIN D.-Y.M., « Hypertext for the aged: Effects of text topologies », *Computers in Human Behavior*, vol.19, p. 201-209, 2003.

- [LOR 95] LORCH R.F. JR., LORCH E.P., « Effects of organizational signals on text processing strategies », *Journal of Educational Psychology*, vol. 87, p. 537-544, 1995.
- [MAR 89] MARCHIONINI G. « Information seeking strategies of novices using a full-text electronic encyclopedia », *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 40, p. 54-66, 1989.
- [MAR 95] MARCHIONINI G., *Information Seeking in Electronic Environments*, Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
- [MCG 99] MACGREGOR S.K., « Hypermedia navigation profiles: cognitive characteristics and information processing strategies », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 20, p. 189-206, 1999.
- [MIS 06] MISHRA P., YADAV A., « Using Hypermedia for Learning Complex Concepts in Chemistry: A Qualitative Study on the Relationship Between Prior Knowledge, Beliefs, and Motivation », *Education and Information Technologies*, vol. 11, p. 33-69, 2006.
- [MIT 05] MITCHELL T.J.F., CHEN S.Y., MACREDIE R.D., « Hypermedia learning and prior knowledge: domain expertise vs. system expertise », *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 21, p. 53-64, 2005.
- [MUL 03] MÜLLER-KALTHOFF T., MÖLLER J., « The effects of graphical overviews, prior knowledge, and self-concept on hypertext disorientation and learning achievement », *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, vol. 12, p. 117-134, 2003.
- [MUL 04] MÜLLER-KALTHOFF T., MÖLLER J. « The use of graphical overviews in hypertext learning environments », in Gerjets, P., Kirschner, P. A., Elen, J. Joiner, R. (Eds.) *Instructional design for effective and enjoyable computer-supported learning* (CD-ROM), Tuebingen, Knowledge Media Research Center, 2004.
- [NIL 02] NILSSON R., MAYER R.E., « The effects of graphic organizers giving cues to the structure of a hypertext document on users' navigation strategies and performance », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 57, p. 1-26, 2002.
- [NYC 91] NYCE J.M., KAHN P. (Eds.) *From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the mind's machine*, Boston, Academic Press, 1991.
- [ODO 02] O'DONNELL A.M., DANSEREAU D.F., HALL R.H., « Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing », *Educational Psychology Review*, vol. 14, p. 71-86, 2002.
- [PAD 03] PADOVANI S., LANSDALE M., « Balancing search and retrieval in hypertext: context-specific trade-offs in navigational tool use », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 58, p. 125-149, 2003.
- [PAR 00] PARK J., KIM J., « Contextual navigational aids for two World Wide Web systems », *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 12, p. 193-217, 2000.
- [POT 03] POTELLE H., ROUET J.-F., « Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext », *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 58, p. 327-345, 2003.

- [PUN 03] PUNTAMBEKAR S., STYLIANOU A., HÜBSCHER R., « Improving navigation and learning in hypertext environments with navigable concept maps », *Human Computer Interaction*, vol. 18, p. 395-426, 2003.
- [QIU 93] QIU L., « Analytical searching vs. browsing in hypertext information retrieval systems », *Canadian Journal of Information and Library Science*, vol. 18, p. 1-13, 1993.
- [REE 00] REED W.M., OUGHTON J.M., AYERSMAN D.J., ERVIN, J.R. JR., GIESSLER S.F., « Computer experience, learning style, and hypermedia navigation », *Computers in Human Behavior*, vol. 16, p. 609-628, 2000.
- [ROB 95] ROBINSON D.H., KIEWRA K.A., « Visual argument: Graphic organizers are superior to outlines in improving learning from text », *Journal of Educational Psychology*, vol. 87, p. 455-467, 1995.
- [ROU 01] ROUET J.-F., VIDAL-ABARCA E., BERT-ERBOUL A. MILLOGO V.E., « Effects of information search tasks on the comprehension of instructional text », *Discourse Processes*, vol. 31, p. 163-186, 2001.
- [ROU 02] ROUET J.-F., EME E., « The role of metatextual knowledge in text comprehension: Some issues in development and individual differences », in P. Chambres, M. Izaute, P.J. Marescaux, *Metacognition: Process, Function and Use*, p. 121-134, Amsterdam, Kluwer, 2002.
- [ROU 06] ROUET J.-F., *The skills of document use: from text comprehension to web-based learning*, Mahwah, Erlbaum, 2006.
- [ROU 07] ROUET J.-F., LE BIGOT, L., « Effects of academic training on metatextual knowledge and hypertext navigation », *Metacognition & Learning*, vol. 2, p. 157-168, 2007.
- [ROU 08] ROUET J.-F., COULETEL B. « The acquisition of document search strategies in grade school students », *Applied Cognitive Psychology*, vol. 22, p. 389-406, 2008.
- [ROU 98] ROUET J.-F., TRICOT, A., « Chercher de l'information dans un hypertexte: vers un modèle des processus cognitifs », in A. Tricot, J.-F. Rouet (Eds.) *Hypertextes et Hypermédias*, p. 57-74, Paris, Hermès, 1998.
- [SAL 05] SALMERÓN L., CAÑAS J.J., KINTSCH W., FAJARDO, I., « Reading strategies and hypertext comprehension », *Discourse Processes*, vol. 40, p. 171-191, 2005.
- [SAL 06] SALMERÓN L., KINTSCH W., CAÑAS J.J., « Reading strategies and prior knowledge in learning from hypertext », *Memory and Cognition*, vol. 34, p. 1157-1171, 2006.
- [SCA 97] SCAPIN D.L., BASTIEN J.M.C., « Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems », *Behaviour & Information Technology*, vol. 6, p. 220-231, 1997.
- [SCH 04] SCHWARTZ N.H., ANDERSEN C., HONG N., HOWARD B., MCGEE S., « The influence of metacognitive skills on learners' memory of information in a hypermedia environment », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 31, p. 77-93, 2004.

- [SHA 99] SHAPIRO, A.M., « The relationship between prior knowledge and interactive overviews during hypermedia-aided learning », *Journal of Educational Computing Research*, vol. 20, p. 143-167, 1999.
- [SHI 94] SHIN E., SCHALLERT D., SAVENYE C., « Effects of learner control, advisement, and prior knowledge on young students' learning in a hypertext environment », *Educational Technology Research and Development*, vol. 42, p. 33-46, 1994.
- [STA 95] STANNEY, K.M., SALVENDY, G., « Information visualization; assisting low spatial individuals with information access tasks through the use of visual mediators », *Ergonomics*, vol. 38, p. 1184-1198, 1995.
- [TOR 02] TORKZADEH, G., & VAN DYKE, T. P., « Effects of training on Internet self-efficacy and computer user attitudes », *Computers in Human Behavior*, vol. 18, p. 479-494, 2002.
- [TRI 00] TRICOT A., DROT-DELANGE B., FOUCAULT, B., EL BOUSSARGHINI R., « Quels savoir-faire les utilisateurs réguliers du Web acquièrent-ils ? » *Journal d'Intelligence Artificielle*, vol. 14, p. 93-112, 2000.
- [TRI 07] TRICOT A., *Apprentissages et documents numériques*, Paris, Belin, 2007.
- [TRI04] TRICOT A. La prise de conscience du besoin d'information : une compétence documentaire fantôme ? [<http://docsdocs.free.fr/spip.php?article70>] 2004
- [VEE 02] VEENMAN, M.V.J., PRINS, F.J., & ELSHOUT, J.J., « Initial inductive learning in a complex computer simulated environment: the role of metacognitive skills and intellectual ability », *Computers in Human Behavior*, vol. 18, p. 327-341, 2002.
- [VOR 09] VÖRÖS Z. Aspects visuo-spatiaux de la navigation hypertextuelle. Thèse, Université de Poitiers – Université de Budapest, 2009.
- [ZAH 09] ZAFIHARIMALALA, H., & TRICOT, A., « Vers une prise en compte de l'utilisateur dans la conception de documents en maintenance aéronautique », *PeCUSI, INFORSID*, Toulouse, 26-29 Mai 2009.
- [ZEL 97] ZELLER, P., & DILLENBOURG, P., « Effet du type d'activité sur les stratégies d'exploration d'un hyperdocument. *Sciences et techniques éducatives*, vol. 4, p. 413-435, 1997.