

Exploration visuelle et navigation dans les hypertextes : quelles stratégies ?

T. Colombi

L.P.E.Q.
Université de Nice-Sophia Antipolis
24, av. des Diables Bleus, 06357 NICE
colombi@unice.fr

T. Baccino

L.P.E.Q.
Université de Nice-Sophia Antipolis
24, av. des Diables Bleus, 06357 NICE
baccino@unice.fr

RESUME

L'expérience décrite dans cet article a pour but l'étude des stratégies mises en place par les utilisateurs pour explorer visuellement des pages hypertextuelles et pour naviguer à l'intérieur de chaque site proposé. Vingt-quatre hypertextes ont été créés et des tâches de recherche d'information ont été proposées aux sujets. Les variables manipulées ont été l'expertise des sujets vis-à-vis du domaine traité (la psychologie), le type de liens disponibles (présence d'un index cliquable ou non cliquable), la position de la bonne réponse dans l'arborescence et la mise en page du contenu. A partir de l'analyse des parcours oculaires et des déplacements parmi les pages il a été possible d'identifier plusieurs stratégies d'exploration visuelle et de navigation dans les hypertextes.

MOTS CLES : Hypertextes, stratégies, exploration visuelle, navigation, mise en page

ABSTRACT

The work described in this paper aimed to study the strategies employed by subjects during the visual exploration and the navigation through several hypertexts. 24 hypertexts have been created at this purpose. Several information search task has been proposed to subjects. The manipulated factors were the level of prior knowledge of subjects concerning the knowledge domain (psychology), the kind of hypertextual links available (hypertexts with or without a clickable index), the position of the correct page in the hierarchy and the spatial layout of the content. The analyses of visual scanpath and the paths through the hypertexts allowed us to identify several visual exploration strategies and navigation strategies.

KEYWORDS : Hypertexts, strategies, visual exploration, navigation, format

INTRODUCTION

Il est connu que l'exploration des hypertextes pose beaucoup de problèmes aux utilisateurs : la perte d'orientation, la surcharge cognitive et l'insatisfaction des utilisateurs par rapport à leur buts sont des phénomènes décrits et étudiés depuis plusieurs années (voir

par exemple Otter & Johnson, 2000 [11] ; Foss, 1989 [6] ; Rouet et Tricot, 1998 [13]).

Une des raisons avancées par les chercheurs pour expliquer ces problèmes fait appel à la limitation de l'empan de la mémoire de travail, qui serait vite saturée par le nombre d'éléments à retenir pendant une recherche d'information (page actuelle, pages visitées, pages à visiter, position dans le réseau hypertextuel, état d'avancement de la recherche en cours, etc.). Une autre explication proposée pour expliquer ces problèmes porte sur la difficulté des utilisateurs à se représenter mentalement l'espace hypertextuel dans lequel ils se déplacent. Comme le soulignent Dillon *et al.* (1990) [4], la simple exposition au contenu affiché dans les pages hypertextuelles ne facilite pas le processus de compréhension (ni l'apprentissage) car, surtout dans le cas d'une masse importante d'informations, l'intégration mentale de ces informations risque d'être très difficile. Cela est dû d'une part à la complexité des espaces hypertextuels (souvent composés d'un nombre élevé de pages) et d'autre part à la difficulté de proposer aux utilisateurs des liens cohérents avec leurs buts. En effet, les hypertextes modifient la relation auteur-lecteur présente dans les textes linéaires : le lecteur d'un hypertexte est quelque part aussi auteur de ce dernier, car il choisit le parcours de son exploration, ce qui revient à donner un ordre d'importance et une « perspective » particulière au contenu. En outre il n'est pas possible de savoir à l'avance ce que l'utilisateur cherche à faire dans l'hypertexte : il se peut qu'il ait besoin d'une simple information, qu'il cherche à apprendre l'intégralité d'un contenu ou bien qu'il l'explore sans une idée précise. Il est donc très compliqué de fournir à l'utilisateur des liens hypertextuels toujours adéquats à sa vision et ses buts. Pourtant, saisir la cohérence et le sens de l'organisation hypertextuelle est fondamental pour comprendre l'arborescence elle-même et se représenter mentalement sa structure. Si cette représentation n'est pas claire, la navigation risque de procéder par « essais et erreurs » et induire le lecteur à faire des boucles (looping) en revenant sur des pages déjà visitées (Tricot, 1993a [16], ce qui va gêner tant le processus de recherche d'information que celui de compréhension et apprentissage.

Le maintien en mémoire d'une représentation claire du but en cours de traitement ainsi que la création d'un plan mental du site en cours d'exploration peuvent être facilités par l'introduction de certains systèmes d'aide, agissant comme une « mémoire externe » au sujet. Malheureusement, plusieurs travaux ont échoué dans la tentative de démontrer l'efficacité de ces systèmes d'aide à la navigation. Foltz (1996) [5] souligne qu'il n'est pas facile d'identifier les formes d'aides qui sont les plus efficaces et les mieux adaptées aux caractéristiques des utilisateurs.

Il est important de souligner que les recherches empiriques existantes manquent souvent de la rigueur nécessaire pour valider les résultats obtenus (biais dans les expériences, faible nombre de participants, manque de mesures répétées, etc.) et pour comprendre les apports des différents types d'aides que l'on peut fournir aux utilisateurs.

Mc Donald et Stevenson (1998) [10] ont porté leur intérêt sur les plans et les index du réseau, montrant que ces deux formes d'aide sont effectivement utiles, notamment dans le cas d'utilisateurs novices par rapport au contenu traité. Ces sujets, grâce à ce support, arrivent à atteindre un niveau de performance en recherche d'information similaire à celui obtenu par des sujets experts. Ce résultat a été confirmé également par d'autres études (comme par exemple celle de Potelle et Rouet, 2003 [12]). En revanche, d'autres travaux remettent en question l'aide fournie par les plans de site et les « tables des matières ». En particulier, Stanton *et al.* (2000) [15] ont mené une expérience concluant que la présence d'une table des matières n'est pas seulement inapte à améliorer les performances de navigation des sujets, mais aussi qu'elle cause une sensation de manque de contrôle et engendre un moindre développement de la représentation mentale de l'espace hypertextuel exploré. La question concernant l'utilité de ces formes d'aide reste donc ouverte.

Dans ce travail nous testons l'hypothèse que la présence d'un index cliquable (et utilisable donc comme moyen de déplacement dans les sites) constitue une véritable aide à la navigation pour des tâches de recherche d'information. La méthodologie employée permet d'éliminer les défaillances méthodologiques existantes dans la plupart des travaux actuellement disponibles : les sujets interagissent avec 24 hypertextes différents et l'enregistrement des données se fait grâce à un système oculométrique (capable de pister en temps réel les processus cognitifs des participants). Cette méthodologie nous a permis de rendre compte des différentes stratégies utilisées par les sujets, tant en ce qui concerne l'exploration visuelle des pages affichées, que la navigation à travers les hypertextes (Baccino & Colombi, 2001 [1]).

TEXTES, HYPERTEXTES ET RECHERCHE D'INFORMATION

L'étude des documents hypertextuels ne peut être approchée de la même façon que l'étude des documents électroniques de type linéaire. En effet les hypertextes possèdent des caractéristiques particulières, qui se rajoutent aux spécificités qui différencient les documents électroniques des documents sur papier (résolution de l'écran, scintillement, contraste, etc.). Schématiquement, les différences principales entre textes et hypertextes reposent sur une présence plus marquée d'éléments graphiques (dessins, logos, images clignotantes, etc.), une augmentation du marquage visuel du contenu (présence de mots en gras ou soulignés, présence d'indentation, utilisation différente de l'espace), la présence de liens hypertextuels (qui permettent d'instaurer un dialogue avec le système et d'interagir avec le réseau), la perte de linéarité intrapage (plus un sens de lecture univoque) et la perte de linéarité inter-page (exploration non linéaire des différentes pages du réseau). Bien que d'un point de vue théorique la structure des hypertextes n'aurait que des avantages (la possibilité de choisir son parcours en fonction de ses envies, de ses besoins, de ses connaissances préalables, etc.), dans la pratique les hypertextes causent souvent un phénomène de perte d'orientation, qui a par conséquent un taux élevé d'échec dans les tâches de recherche d'information et des retours négatifs des utilisateurs, vis-à-vis de la satisfaction, la simplicité d'utilisation et la convivialité.

L'hypertexte étant par nature ouvert à un nombre très large d'explorations différentes, il s'agit de savoir comment optimiser son organisation et les moyens de navigation pour faciliter la tâche aux lecteurs. Comme on l'a dit, un moyen est celui d'essayer de fournir aux navigateurs une aide pertinente, efficace, simple et souple, pour rendre la navigation plus aisée. Dans ce travail, nous avons choisi de prendre en considération la table des matières (index), élément qui pourrait correspondre à ce souhait de clarté et d'efficacité.

Il est possible de réaliser différentes activités sur un hypertexte, comme la recherche d'information, l'apprentissage du contenu proposé et l'exploration libre. Chacune de ces activités présuppose de moduler la prise en compte des caractéristiques de l'utilisateur et du support : par exemple, si le but de l'hypertexte est de permettre de comprendre et de retenir le contenu proposé il faudrait davantage faire attention à ce que la quantité d'informations simultanées ne soit pas trop importante (Tricot, 1993b [17]), notamment si les utilisateurs sont des novices. En revanche, si la navigation est libre (celle qu'on appelle « flânerie ») ce paramètre est de moindre importance. Enfin en recherche d'information, une importance particulière est allouée à l'organisation du contenu, pour faciliter la compréhension de l'organisation et donc les déplacements en vue d'identifier et de rejoindre l'information cible.

PROBLEMATIQUE EXPERIMENTALE

Dans cette expérience les effets induits par la présence d'un index cliquable comme aide à la navigation sont étudiés grâce à l'enregistrement des mouvements des yeux. Cette méthodologie permet de pister en temps réel les comportements de recherche visuelle des sujets, et d'inférer les processus cognitifs sous-jacents, notamment les stratégies utilisées pour explorer les pages ou pour se déplacer dans les hypertextes.

Vingt-quatre hypertextes ont été créés, traitant de plusieurs thèmes liés à la psychologie. Chaque hypertexte était constitué d'environ 30 pages et organisé en trois sections principales. Les sous-sections (de nombre variable d'un hypertexte à l'autre) pouvaient aller jusqu'à quatre niveaux de profondeur dans l'arborescence.

L'affichage à l'écran permettait de visualiser sur la partie gauche de l'écran l'index (ou table des matières) de chaque hypertexte jusqu'au niveau de profondeur 3 et sur la partie droite de l'écran le contenu du niveau sélectionné. Chaque hypertexte a été créé dans une version avec index cliquable et une avec index « statique ». Dans la première version, les déplacements étaient possibles tant grâce à l'index que grâce aux liens présents dans la partie droite de la page. Dans l'autre version, les déplacements n'étaient possibles que grâce aux liens de la partie gauche, celle de droite permettant uniquement d'accéder aux trois sections principales (de niveau 1). Les pages de niveau 4 n'étaient accessibles que par navigation à partir du contenu affiché à droite, et ceux dans les deux conditions expérimentales. Un bouton permettant de revenir à la page précédente (quelle qu'elle soit) était toujours disponible.

Quatre variables indépendantes ont été manipulées au cours de cette expérience : le niveau de connaissance des participants dans le domaine traité (novices en psychologie vs. experts en psychologie), la présence de liens dans la table des matières affichée sur la gauche de l'écran (possibilité d'atteindre directement le troisième niveau de profondeur de l'arborescence vs. accès uniquement au premier niveau), la mise en page du contenu affiché sur la partie droite (cadre vertical vs cadre horizontal entourant les mots) et le niveau de profondeur de l'arborescence dans lequel se trouvait la bonne réponse (niveau 3 vs. niveau 4 de profondeur). Ce dernier facteur n'a été introduit que pour éviter que les sujets aillent chercher les bonnes réponses systématiquement dans un seul et même niveau de l'arborescence. Les deux premières variables étaient inter-sujet, alors que les deux dernières étaient intra-sujet. Chaque participant a vu six hypertextes par condition (croisement des deux variables intra-sujet) pour un total de 24 tâches de recherche d'information sur 24 hypertextes différents. La figure 1 montre un exemple de page hypertextuelle.

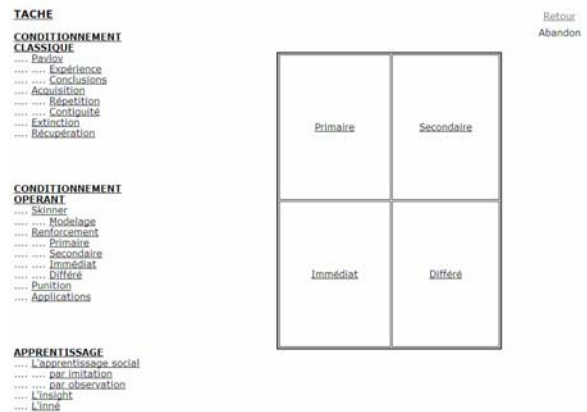


Figure 1: Exemple de page hypertextuelle dans la condition présentant des liens cliquables dans la table des matières et une mise en page verticale pour le contenu présenté à droite.

Validation du matériel expérimental

Le contenu des 24 hypertextes a été tiré de différents manuels de psychologie de niveau de première année. Divers thèmes y sont traités portant sur tous les domaines de la psychologie: psychologie cognitive (mémoire, perception, etc.), psychologie sociale (attitudes et opinions, cognition sociale, etc.), psychologie clinique (normalité et pathologie, troubles du comportement, etc.) et méthodologie (analyses statistiques, méthodes d'enquête, etc.). Sept sujets experts en psychologie (allant d'un niveau Doctorat au niveau Professeur, avec diverses spécialités) ont validé l'organisation donnée à ce contenu dans les hypertextes ainsi que les consignes des tâches de recherche.

Les tâches de recherche d'information proposées aux sujets ne contenaient pas le mot exact à rechercher dans les hypertextes, mais un synonyme ou une paraphrase (par exemple « récompenses instantanées » pour indiquer « renforcement immédiat » pour l'hypertexte montré en figure 1). La pertinence sémantique de ces expressions par rapport aux textes constituant les bonnes réponses a été testée et validée via l'Analyse Sémantique Latente (Landauer & Dumais, 1997 [8]).

Validation de la procédure de recrutement des sujets

Concernant la variable relative au niveau d'expertise des sujets dans le domaine de la psychologie, les participants novices ont été recrutés à la faculté de Psychologie de Nice-Sophia Antipolis parmi les étudiants de première année et les participants experts parmi les étudiants d'un niveau au moins équivalent à la Maîtrise. Pour s'assurer du niveau effectif des connaissances en psychologie, tous les participants ont passé un pré-test visant à établir un score permettant de les classer avec plus de certitude dans le groupe adéquat. Les sujets ayant obtenu un score non correspondant à celui attendu en relation avec l'année du cursus universitaire n'ont pas été acceptés

pour l'expérience. Les connaissances concernant la manipulation des ordinateurs et la navigation sur Internet ont été également testées et tous les participants sélectionnés avaient un niveau comparable (habitude à l'utilisation des ordinateurs et à naviguer sur le Web). Au total, 14 sujets novices et 18 experts ont pris part à l'expérience.

HYPOTHESES EXPERIMENTALES

Plusieurs hypothèses ont pu être formulées, sur la base des expériences décrites en littérature et sur la base des résultats obtenus dans d'autres études (Colombi & Baccino, 2003a [2] ; Colombi & Baccino, 2003b [3]).

Concernant le niveau d'expertise des sujets, l'hypothèse formulée prévoyait que les novices et les experts allaient utiliser des stratégies de recherche différentes (les premiers davantage fondées sur les informations disponibles – *data driven*- et les seconds sur le modèle mental du réseau –*goal driven*-). Ces stratégies ont été appelées en français « spatiale » et « conceptuelle » par Foucault et Coulet (2001) [7].

En ce qui concerne les liens présents dans la table des matières, les experts sont supposés avoir tendance à utiliser plus souvent que les novices les liens à accès direct au niveau 3 du contenu, en utilisant l'index comme outil de navigation rapide. Les novices sont supposés plutôt naviguer « pas-à-pas », en raison des difficultés rencontrées dans la compréhension du contenu et des relations entre les différentes sections et sous-sections.

Au niveau du comportement de recherche visuelle, les novices sont supposés exécuter un nombre plus important d'allers-retours (transitions) entre l'index et le contenu, pour essayer de comprendre la structure de l'hypertexte et se créer une représentation mentale de son organisation.

Concernant la mise en page, l'hypothèse formulée prévoyait que la direction de l'exploration visuelle (horizontale vs verticale) reflète la forme du cadre entourant les mots (dans les pages visant à tester cette hypothèse, les liens sont toujours disposés en matrice 2 x 2, comme ceux montrés en figure 1). L'hypothèse proposée dans ce travail permettrait d'expliquer les résultats de Léger *et al.* (2003) [9] et ceux de Colombi & Baccino (2003b) [3] en supposant que l'adoption d'un comportement de déplacement vertical ou horizontal dans la page soit affecté non pas (ou non seulement) par l'organisation du texte affiché mais par les éléments qui l'entourent (comme le cadre, vertical ou horizontal).

DEROULEMENT

Les sujets ayant obtenu un score au pré-test compatible avec les valeurs attendues ont été invités à participer à l'expérience. La consigne donnée était de rechercher une information dans chaque hypertexte qu'ils allaient voir.

Les indications concernant l'information en question étaient présentées dans la page d'accueil, appelée « tâche » et toujours accessible pendant la navigation. Les participants savaient qu'ils allaient réaliser plusieurs tâches en vue d'obtenir un score en psychologie. Un bouton permettant d'abandonner chaque tâche (dans le cas où le sujet se sente incapable de trouver la bonne réponse) était toujours présent. L'abandon de la tâche ainsi que le clic sur la bonne réponse déclenchaient l'affichage de l'hypertexte suivant. La note obtenue était affichée à la fin de l'expérience. Deux tâches d'entraînement permettant aux sujets de se familiariser avec le matériel expérimental ont précédé la passation de l'expérience. Les items proposés ne concernaient pas le domaine de la psychologie.

APPAREILLAGE OCULOMETRIQUE

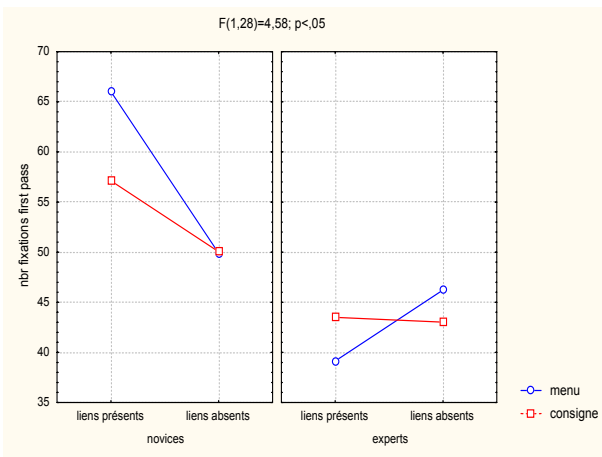
L'enregistrement des données oculaires a été effectué grâce au système EyeGaze (LC Technologies : Fairfax). Les sujets étaient installés face à l'écran d'ordinateur, le menton posé sur une mentonnière. L'acquisition des données était précédée par une phase de calibrage du système oculométrique, qui était également répétée tous les 8 items expérimentaux.

ANALYSES ET RESULTATS

Les ANOVAs réalisées ont tout d'abord permis d'identifier des différences importantes entre les sujets novices et ceux experts : les premiers nécessitent de plus de temps pour accomplir les tâches de recherche, ($F(1,28)=27,16 ; p<.001$) et ils passent également plus de temps sur la page proposant la tâche avant de cliquer sur un lien, en faisant un nombre plus important de fixations ($F(1,28)=20,34 ; p<.001$). Une analyse des mouvements oculaires plus détaillée sur cette première page a permis de montrer une interaction significative entre le niveau d'expertise des sujets, la présence de liens cliquables et les différentes zones de la page (le menu et le texte de la consigne). En effet, grâce à l'analyse des mouvements oculaires il a été possible de comparer le nombre de fixations réalisées sur l'index avec celui relatif à la lecture de la tâche. La figure 2 montre le résultat obtenu, ($F(1,28)=4,58 ; p<.05$),

Figure 2: Interaction entre le niveau d'expertise, la présence de liens et les zones de la page d'accueil sur le nombre de fixations réalisées

Cette interaction montre que la présence de liens cliquables dans le menu a un impact important sur le nombre



de fixations sur l'index chez les sujets novices, alors que les experts ne sont pas influencés par ce facteur. L'analyse du nombre d'allers-retours entre le texte expliquant la consigne et la zone du menu confirme ce résultat, en montrant que les novices font un nombre plus important de transitions que les experts si le menu contient des liens plutôt que du texte « simple », $F(1,28)=3,99 ; p<.05$.

En ce qui concerne les stratégies d'exploration des pages hypertextuelles, la confrontation des parcours effectués par les sujets novices et ceux effectués par les sujets experts a mis en lumière des différences tout à fait intéressantes : par exemple, non seulement le nombre de pages « feuilles » (à savoir les pages de niveau de profondeur le plus bas, présentant du contenu sans autres liens) qui ont été explorées par les novices au cours de chaque tâche est nettement plus important que celui constaté chez les experts ($F(1,28)=14,13 ; p<.001$) mais une interaction significative entre le niveau d'expertise et la présence de liens a été également trouvée, $F(1,28)=9,08 ; p<.01$ (figure 3).

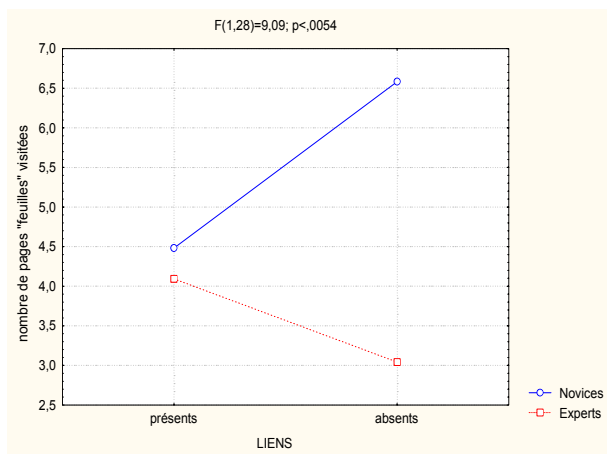


Figure 3: Interaction entre le niveau d'expertise et la présence de liens sur le nombre de pages « feuilles » visitées

Cette interaction montre en particulier que l'absence d'accès direct au contenu de profondeur 2 et 3 entraîne chez les novices un nombre de visites aux « feuilles »

plus important que dans la condition dans laquelle les liens sont présents. En revanche les résultats obtenus par les experts ne sont pas influencés par ce facteur.

Un autre paramètre permettant d'étudier les stratégies d'exploration des hypertextes est le nombre de fois où la première page explorée appartient à la première section en haut du menu. En effet, on peut imaginer que les sujets adoptant un comportement plutôt de type *data driven* vont choisir plus souvent que les autres de commencer leur recherche de la bonne réponse par les liens qui sont tout simplement les premiers de la liste proposée. En revanche, les sujets adoptant un comportement de type *goal driven* ne devraient pas cliquer sur la première section du menu plus souvent que sur l'une des deux autres sections. Pour réaliser cette analyse les items pour lesquels la bonne réponse se trouvait effectivement dans la première section du menu ont été éliminés. L'analyse qui a pris en compte le nombre de ces clics a mis en évidence une différence significative entre les deux niveau d'expertise, à savoir les novices cliquent plus souvent que les experts sur les premiers liens en haut du menu, $F(1,28)=17,93; p<.001$, en montrant un comportement plutôt de type *information driven*.

L'analyse concernant le nombre de retours à la page d'accueil contenant la tâche de recherche proposée donne également un nombre d'informations important sur les différentes stratégies d'exploration adoptées par les sujets. Cette ANOVA montre un nombre de retours sur la consigne plus important pour les novices que pour les experts, $F(1,28)=71,61 ; p<.05$. Cela pourrait être interprété en terme de surcharge cognitive : les sujets novices ayant moins de familiarité avec le contenu proposé reviennent sur la consigne plus souvent car ils ont du mal à la retenir en devant gérer en même temps les informations concernant la navigation en cours. L'interaction significative entre le niveau d'expertise et la présence de liens hypertextuels ($F(1,28)=4,82 ; p<.05$) vient donner plus d'informations à ce sujet et permet de proposer une explication alternative. Comme le montre la figure 4, en effet, le comportement des novices ne diffère absolument pas de celui des experts si seulement les liens de premier niveau sont accessibles. En revanche, chez les novices le nombre d'accès à la page d'accueil est nettement plus important si les liens de profondeur 2 et 3 sont disponibles. Le comportement des experts, une fois de plus, n'est pas influencé par ce facteur.

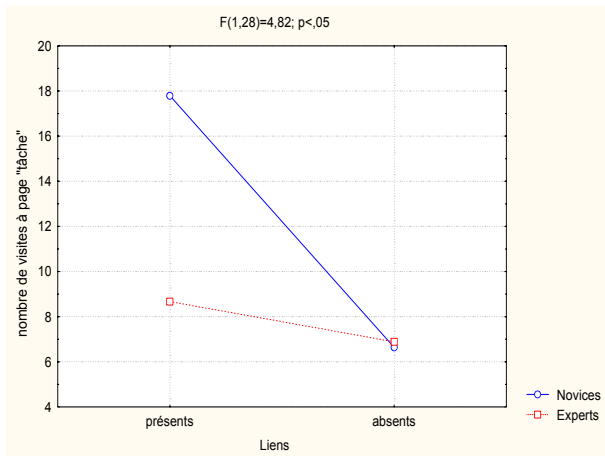


Figure 4: Interaction entre le niveau d'expertise et la présence de liens sur le nombre de retours à la page d'accueil

Ce résultat exclut donc l'hypothèse des retours à l'accueil pour reprendre connaissance de la tâche. Ce comportement pourrait au contraire être fondé sur un choix délibéré de navigation de la part des sujets novices, qui préféreraient entamer leurs recherches en partant toujours du point « fixe » et connu qui est la page d'accueil et y revenir après chaque exploration. En effet, dans un comportement de type *information-driven* les sujets ont tendance à se déplacer « pas-à-pas » entre pages contiguës, plutôt que naviguer en profondeur dans les branches du site. Or, des explorations de type allers-retours entre l'accueil et les pages « feuilles » correspondent tout à fait à ce comportement, qui serait donc facilité par la présence de liens permettant l'accès direct aux « feuilles ». Cette hypothèse peut être testée en analysant le nombre de fois où les sujets se sont déplacés de la page actuelle à une page n'étant pas directement surordonnée ou subordonnée dans la hiérarchie hypertextuelle (avec l'exception de la page d'accueil, considérée un point de repère toujours disponible). Cette analyse a montré un résultat confirmant l'hypothèse de l'adoption d'une stratégie de navigation pas-à-pas par les sujets novices, car en présence de pages permettant l'accès direct aux contenus de profondeur 2 et 3 ils se servent de ce type de déplacement moins souvent que les experts, $F(1,28)=4,16 ; p<.05$. Autrement dit, dans la condition présentant les liens directs, le comportement de navigation des experts consistait à passer souvent d'une page à une autre, située à un niveau de profondeur non directement relié dans la hiérarchie (avec un changement de niveau de profondeur, voire de section). Au contraire, les sujets novices avaient tendance à utiliser les accès directs « un à la fois », en revenant systématiquement à la page d'accueil avant d'explorer une nouvelle page.

Sur la base des résultats décrits ci-dessus, il est possible d'imaginer que la présence de liens cliquables dans le menu du site soit bénéfique pour les sujets novices. En effet, bien que chez les sujets novices l'exploration vi-

suelle de ces éléments entraîne une augmentation considérable du temps alloué à la page d'accueil lors de son affichage, la possibilité de cliquer directement sur une page « feuille » leur permet d'adopter plus aisément un comportement de navigation de type pas-à-pas. Si cette hypothèse est vraie, alors on devrait retrouver les effets positifs de la présence de liens au niveau d'un indicateur classique de la perte d'orientation (et donc des difficultés de navigation éprouvées par les sujets), à savoir la présence de « looping ». En effet, l'analyse du nombre de fois que les sujets ont fait des boucles a permis de confirmer que le nombre de ces dernières chez les novices est nettement plus important en cas d'absence des liens, $F(1,28)=4,38 ; p<.05$ (figure 5).

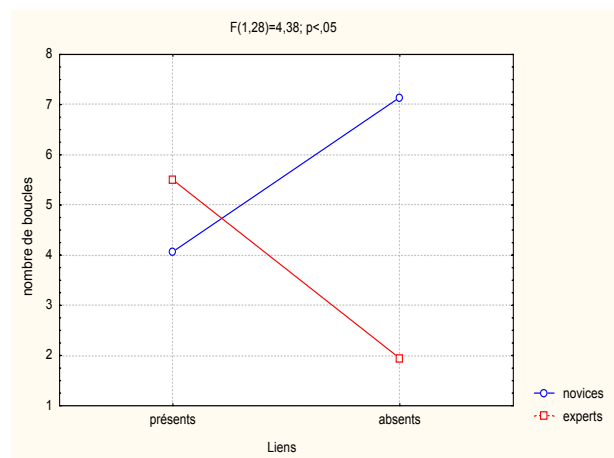


Figure 5: Interaction entre le niveau d'expertise et la présence de liens sur le nombre de boucles effectuées

Les contraintes de navigation imposées par l'absence d'accès directs obligent les sujets à faire un nombre de clics plus élevé, ce qui ne perturbe pas les sujets experts. En revanche les novices se voient contraints de changer de stratégie de navigation, ce qui cause des moins bonnes performances dans l'exécution des tâches (plus de boucles mais aussi plus de pages « feuilles » visitées par rapport à la condition qui permet l'accès direct aux contenus).

Pour tester la dernière hypothèse formulée, selon laquelle la forme du cadre entourant les liens allait avoir un impact sur l'exploration visuelle de ces derniers, les parcours oculaires (*scanpaths*) sur la matrice 2x2 ont été analysés. Les analyses comparant le nombre de stratégies de type vertical et horizontal enregistrées sur les pages présentant les matrices de liens ont montré une nette majorité de comportements oculaires de type horizontal, quelle qu'elle soit la forme du cadre entourant les mots, $F(1,28)=37,90 ; p<.001$. De surcroît, une interaction significative a pu être identifiée entre la direction de

l'exploration visuelle et la forme du cadre, $F(1,28)=17,14 ; p<.001$ (figure 6).

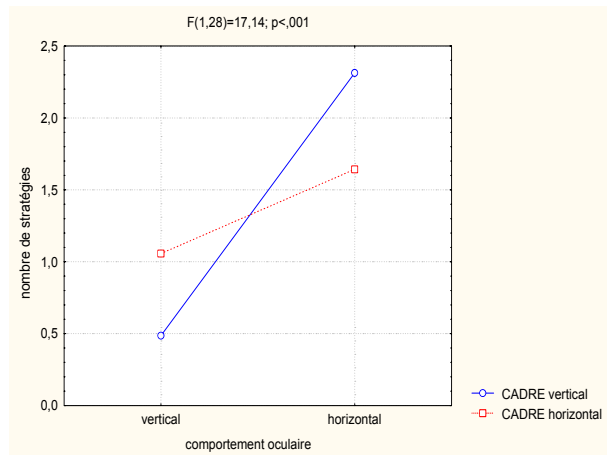


Figure 6: Interaction entre la direction de l'exploration oculaire et la forme du cadre entourant la matrice 2x2 de liens hypertextuels

La figure 6 montre que l'impact de la forme du cadre entourant les liens va tout à fait dans le sens opposé à celui imaginé (cadre vertical/exploration verticale et cadre horizontal/exploration horizontale) car les explorations de type horizontal sont plus fréquentes en cas de cadre vertical qu'horizontal et les explorations verticales sont plus fréquentes dans le cas inverse. Cela montre que le cadre a en effet un impact sur l'exploration visuelle du contenu affiché, mais il ne s'agit pas de l'impact prévu et il ne peut pas être expliqué par les principes gestaltistes évoqués par Léger *et al.* (2003) [9].

CONCLUSIONS

Les résultats de cette expérience contredisent ceux décrits dans la littérature portant sur les stratégies de navigation. En effet, en ce qui concerne des tâches de lecture et compréhension (Russo *et al.* 2003) [14] ainsi que des tâches d'apprentissage (Tricot 1993a) [17] la littérature montre que les novices éprouvent plus de difficultés que les experts dans le repérage dans les documents hypertextuels, notamment lorsque le nombre de possibilités de déplacement à leur disposition est important. On peut en déduire qu'il faut fournir aux sujets novices un nombre limité de liens pour qu'ils n'expérimentent pas le phénomène de surcharge cognitive dû à un nombre trop élevé d'informations à maintenir actives en mémoire simultanément. Les résultats de cette expérience ne vont pas dans ce sens et montrent au contraire que les novices utilisent beaucoup les accès directs aux niveaux de profondeur 2 et 3 sans pour autant faire plus de boucles ou plus de visites à des pages superflues par rapport au but (phénomènes qui se produisent, au contraire, en cas d'absence de liens). Cependant, nous pensons que ces résultats ne sont pas incompatibles avec ceux rapportés dans la littérature car les tâches proposées aux sujets de

la présente expérience portaient sur de la recherche d'information et non pas sur de la lecture ou de l'apprentissage. Dans le cadre des tâches de recherche d'information, les risques de surcharge cognitive sont moindres (car le contenu inspecté ne doit pas être appris) et la présence d'accès directs aux pages « feuilles » permet aux sujets novices d'adopter plus facilement un comportement de navigation de type *information driven*, qui est adapté à leur niveau de connaissances sur le domaine traité dans les hypertextes. Chez les sujets experts, au contraire aucun impact de la présence de liens directs n'a pu être identifié, ni au niveau du comportement de navigation ni de celui de l'exploration visuelle. Leur niveau de connaissances préalables concernant le domaine traité leur permet en effet d'adopter un comportement de type *data-driven*. Cela leur permet de ne pas rencontrer les mêmes difficultés éprouvées par les novices.

L'analyse des mouvements des yeux a permis en outre de montrer d'importantes différences au niveau des stratégies d'exploration visuelle des pages, en permettant de différencier les comportements oculaires des sujets novices en psychologie par rapport à ceux des experts. Ces deux groupes de sujets ont en effet montré des différences significatives en ce qui concerne le nombre de fixations totales lors de l'arrivée sur la page d'accueil, le nombre de transitions entre la consigne et l'index et le nombre de fixations sur ce dernier en fonction de la présence de liens cliquables.

Quant aux résultats obtenus en ce qui concerne la manipulation du cadre, ils ont montré un impact non attendu de ce dernier sur les stratégies d'exploration visuelle du contenu affiché. D'autres travaux seront nécessaires pour élucider le lien entre la mise en forme du contenu affiché (disposition des liens et présence d'autres éléments visuels dans la page) et l'adoption d'un comportement d'inspection oculaire particulier.

BIBLIOGRAPHIE

1. Baccino, T., & Colombi, T. (2001). L'analyse des mouvements des yeux sur le web. In A. V. Hofe (Ed.), *Revue d'Intelligence Artificielle*, Vol. 14, pp. 127-148. Paris: Hermes.
2. Colombi, T., Baccino, T. (2003a) Le rôle de la syntaxe et de la structure syntaxique dans la sélection des liens hypertextuels. *Le Travail Humain*, 66, 1, pp. 45-64.
3. Colombi, T., & Baccino, T. (2003b) Spatial coding of the information and selection of hypertextual links, European Conference on Eye Movements, Dundee (UK)

4. *Dillon, A., McKnight, C. and Richardson, J. (1990). Navigation in hypertext: a critical review of the concept, en Diaper, D., Gilmore, D., Cockton, G., Shackel, B. (Eds.), proceedings of Human Computer Interaction INTERACT'90, pp. 587-592, Amsterdam, North-Holland.
5. Foltz, P.W. (1996) Comprehension, Coherence and Strategies in Hypertext and Linear text. In Rouet, J.-F., Levonen, J.J., Dillon, A.P. & Spiro, R.J. (Eds.) *Hypertext and Cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
6. Foss, C.L. (1989). Tools for reading and browsing hypertexts, *Information processing and management*, 25, 4, 407-418.
7. Foucault B., Coulet J.C. (2001). Étude expérimentale de l'évolution des stratégies de navigation et de l'apprentissage dans un cours en ligne, Vème colloque Hypermédia et Apprentissage, Grenoble.
8. Landauer, T. K. & Dumais, S. T. (1997). Solution to Plato's Problem: The Latent Semantic Analysis Theory of Acquisition, Induction and Representation of Knowledge. *Psychological Review*, 104 (2), 211-240.
9. Léger, L., Baccino, T., Tijus, C., (2003). Perception et signification : un apport à l'ergonomie des interfaces du web, 15ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Caen.
10. McDonald, S., Stevenson, R., (1998). Navigation in hyperspace: An evaluation of the effects of navigational tools and subject matter expertise on browsing and information retrieval in hypertext, *Interacting with Computers*, 10, pp. 129-142.
11. Otter, M., Johson, H, (2000) Lost in hyperspace: metrics and mental models, *Interacting with Computers*, 13, pp. 1-40
12. Potelle, H., Rouet, J.F., (2003). Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext, *Int. J. Human-Computer Studies*, 58, pp. 327-345
13. Rouet, J.F., Tricot, A., (1998) Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs, en Tricot, A. & Rouet, J.F. (Eds.) *Les hypermédiats, approches cognitives et ergonomiques*, Paris : Hermès
14. Russo A., Colombi, T., Baccino, T. (2003). Influence de l'architecture hypertextuelle dans la lecture de documents électroniques, colloque SFP, Poitiers.
15. Stanton, N., Correia, A.P., Dias P. (2000). Efficacy of a map on search, orientation and access behaviour in a hypermedia system, *Computers & Education*, 35, 263-279.
16. Tricot, A. (1993a). Stratégies de navigation et stratégies d'apprentissage : pour l'approche expérimentale d'un problème cognitif. In G.L. Baron, J. Baudé & B. de La Passardière (Eds.), *Hypermédiats et Apprentissages 2*. (pp. 21-38). Paris : Presses de l'INRP / EPI.
17. Tricot, A. (1993b). Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia. Actes du Colloque de prospective "Recherches pour l'Ergonomie", CNRS PIR Cognis-ciencies, Toulouse, pp. 115-122