

Coût attentionnel de la recherche d'informations par des adultes sur hypertexte et sur document papier

**Carole Gérouit, Annie Piolat,
Jean-Yves Roussey, Marie-Laure Barbier**

*Centre de Recherche en Psychologie
de la Connaissance, du Langage et de l'Émotion (EA 3273)
Université de Provence, 29 Au Schuman, 13621 Aix-en-Provence Cedex
<http://www.up.univ-mrs.fr/wpsycle>*

annie.piolat@up.univ-mrs.fr

Abstract In this experiment, some participants explored a Web site (as others consulted a paper document) and took notes to produce afterward a written argumentation about "the transport of dangerous products by sea". The question is to identify which strategies these users develop to allocate their cognitive resources between reading (selection of useful information) and note-taking. More precisely, the aim of this research is to measure variations concerning the cognitive effort (triple task paradigm; Kellogg, 1996) involved in reading and note-taking (a) according to the support (paper versus electronic) and (b) according to the working memory span of users for reading. The main results show that participants who used a paper document consulted more systematically and successively all the texts within this document. Comparatively, participants who used an hypertext need more cognitive effort, whatever is their working memory span for reading. They explore the whole of document more rapidly and note quantitatively less information. However, hypertext users focus more time on the documents which are the most pertinent to produce the final argumentation defending the constraining point of view (to pursue the petroleum transport by sea in spite of ecological risks). Moreover, the working memory span of participants have an effect on the way they adjust themselves to the task, which seem more difficult with the hypertext exploration.

Dans le cadre de cette recherche, une partie des utilisateurs naviguent sur un site Internet (l'autre lit un document papier) et prennent des notes pour produire ensuite une argumentation « sur le transport par mer de produits toxiques ». La question est de savoir selon quelles stratégies les utilisateurs

répartissent leurs ressources attentionnelles entre la lecture-repérage d'informations utiles et leur prise de notes. Plus précisément, la recherche a pour objectif de mesurer les variations d'effort cognitif (paradigme de la triple tâche de Kellogg, 1996) pour des activités de lecture et de prise de notes d'informations utiles ultérieurement (a) en fonction de la nature du support (papier versus électronique) et (b) selon l'empan de la mémoire de travail en lecture des navigateurs. Les principaux résultats mettent en évidence que les utilisateurs du document papier explorent plus largement toutes les rubriques, et ce de façon successive selon l'ordre du sommaire. Les utilisateurs d'un document hypertexte manifestent, quant à eux, un effort cognitif plus important que sur papier, quelque soit leur empan de mémoire en lecture. Cela se traduit par un temps d'exploration plus rapide de l'ensemble des documents et une prise de note quantitativement moins importante. Toutefois, les utilisateurs d'un hypertexte se focalisent plus longtemps sur les rubriques les plus pertinentes pour réaliser la tâche finale d'argumentation en faveur du point de vue imposé (Poursuivre les transports par mer malgré les risques écologiques). En outre, l'empan en mémoire de travail des usagers joue un rôle sur l'ajustement à la tâche qui semble plus délicat lors de la consultation d'un hypertexte.

MOTS-CLÉS Document hypertexte - Compréhension - Récupération d'information - Prise de Note - Production de texte - Argumentation - Effort cognitif-Mémoire de travail.

1. Cadre théorique

La rédaction d'une argumentation constitue un problème difficile car la solution est « ouverte » même pour les rédacteurs adultes expérimentés. Une des explications souvent proposées est que les rédacteurs disposent de connaissances seulement pour étayer le point de vue qu'ils défendent, ce point de vue étant souvent le plus consensuel (Piolat, Roussey & Gombert, 1999). Les multiples informations mises à disposition sur des sites Internet pourraient constituer un moyen de pallier les effets de l'asymétrie des connaissances des rédacteurs et la difficulté qu'ils ont, en conséquence, à soutenir différents points de vue dans le cadre d'une tâche de production de texte. Autrement dit, avec la consultation de bases de connaissances hypertexte, les rédacteurs pourraient être en situation de disposer de connaissances utiles pour argumenter en étayant des points de vue contradictoires sur un thème donné (Wiley & Voss, 1999).

Cependant, l'utilisation de ces banques de données n'est pas sans conséquence sur le fonctionnement cognitif des lecteurs (Demetriadis & Pombortsis, 1999 ; Van Oostendorp & de Mul, 1996). En effet, les innovations introduites dans les produits multimédias, loin de réduire la complexité cognitive des activités proposées aux utilisateurs, ajoutent aux difficultés que les lecteurs rencontrent avec les supports traditionnels des textes. Aussi, nombre de recherches portent sur l'analyse de la navigation dans les hypertextes et sur les aides susceptibles de la faciliter car ces documents électroniques paraissent « surcharger » les traitements de leurs utilisateurs (Burns, 2000). Cette surcharge cognitive résulterait à la fois

de la complexité structurelle des hypertextes et des différents processus à mettre en oeuvre de façon délibérée pour atteindre les informations recherchées (Rouet & Tricot, 1998 ; Wrigth & Lickorish, 1994). Toutefois, il faut bien noter que les chercheurs qui interprètent leurs résultats en termes de charge mentale ne disposent pas de mesure en temps réel du coût attentionnel des opérations mentales effectuées par les participants.

Depuis les études systématiquement entreprises sur les relations entre les processus de compréhension et de production de textes et la mémoire de travail, les psychologues disposent maintenant de paradigme de recherche leur permet tant de mieux appréhender l'effort cognitif associé à la réalisation d'une tâche cognitive complexe (Kellogg, 1996). L'on sait mieux le rôle capital d'attribution de ressources que joue la mémoire de travail tout au long de la réalisation d'une tâche complexe (Baddeley, 2000). Le paradigme de la triple tâche (Olive, Kellogg & Piolat, 2001 ; Piolat & Olive, 2000) permet de mesurer les demandes attentionnelles exigées par les processus en jeu. Ce n'est pas le sentiment de difficulté de l'utilisateur ou encore son dysfonctionnement qui permet au chercheur d'inférer le coût attentionnel qui accompagne les traitements réalisés. Ce paradigme permet d'analyser au fur et à mesure de l'exécution d'une tâche complexe, l'effort cognitif associé aux processus mobilisés par le participant en mesurant de façon très fréquente le temps de réaction des participants à une sonde sonore (cf. méthode).

Afin de comparer le coût d'une recherche d'informations sur un hypertexte à celle réalisée sur un document-papier dont la teneur en informations est équivalente, les phases de lecture-prises de notes et celle de rédaction de textes ont été séparées (Gérouit, Roussey, Barbier & Piolat, 2000). Les travaux disponibles concernant la navigation sur hypertexte permettent de faire l'hypothèse que la recherche et la prise de notes d'informations seront plus coûteuses sur un document électronique que sur papier (Gray, Barber & Shasha, 1991). Le fait d'imposer aux navigateurs de prendre des notes devraient renforcer leur implication dans la phase de recherche d'informations utiles pour leur future production par écrit d'une argumentation. En effet, les travaux sur les effets de l'activité des noteurs montrent que ces derniers mémorisent mieux des informations notées que des informations seulement lues (Kiewra, Benton, Kim, Risch & Christensen, 1995 ; Morgan, Lilley & Boreham, 1998 ; Piolat, 2001 ; Slotte & Lonka, 1998). Pendant une lecture associée à une prise de notes, ils opèrent de traitements de l'information plus « profonds » en sélectionnant, généralisant et structurant plus les informations données à lire (Haenggi & Perfetti, 1992).

En outre, afin de mesurer plus finement la différence d'effort cognitif associé à une recherche d'informations sur document électronique ou sur papier, l'empan de mémoire de travail des lecteurs a été contrôlé. Les travaux de McCutchen (1996) ou ceux de Haenggi et Perfetti, (1992) ont permis de tester l'impact des différences de capacité attentionnelle entre les individus sur les activités de compréhension et de production de textes. Cette capacité serait aussi à l'origine d'écart important dans le fonctionnement des noteurs (Hadwin, Kirby &

Woodhouse, 1999). Il est en effet possible que la recherche d'informations sur un hypertexte disponible sur site Internet soit d'autant plus coûteuse sur le plan attentionnel (et donc difficile à réaliser de façon efficace pour prendre des notes) que les individus présentent un faible empan de mémoire en lecture.

2. Méthode

2.1. Participants

59 étudiants de deuxième année de DEUG de psychologie de l'Université de Provence ont participé à cette expérience en échange de crédits pour leur examen. Tous étaient droitiers et savaient utiliser un ordinateur pour réaliser des travaux de bureautique (traitement de texte ; tableur ; etc.).

À l'issue d'un test d'empan de mémoire en lecture (Desmette, Hupet, Schelstraete & Van der Linden, 1995), ces participants ont été répartis en deux groupes, de part et d'autre de la médiane (empan min. = 1;6 ; médiane = 2,23 ; empan max. = 4,5;41). La répartition des participants dans les groupes support-hypertexte et support-papier a été aléatoire. Les effectifs sont les suivants : Groupe Hypertexte de participants Empan + = 16 ; Groupe Hypertexte de participants Empan - = 14 ; Groupe Papier de participants Empan + = 15 ; Groupe Papier de participants Empan - = 14.

2.2. Matériel et appareillage

2.2.1. Les documents hypertexte et papier

Le site Internet expérimental : Les informations rassemblées dans le site expérimental proviennent de deux sources : (a) Une large portion du site était disponible sur Internet [marenoire.com] ; (b) Un lexique ainsi qu'un document de 3 pages portant sur le transport maritime tiré de l'Encyclopedia Universalis ont été rajoutés (Barbier, Roussey, Piolat & Fauvelle, 2001 ; Roussey, Barbier & Piolat, 2001). La thématique de la banque de données concernait les conséquences écologiques de la marée noire provoquée par le naufrage du pétrolier l'Erika. Ce thème d'actualité avait l'avantage de pouvoir intéresser les participants sans exiger d'eux une expertise dans les différents domaines d'informations mis à leur disposition.

Quelques caractéristiques des textes regroupés dans ce site sont présentées dans le tableau 1. Il faut noter que le contenu de toutes les rubriques n'est pas obligatoirement pertinent pour la tâche de rédaction d'une argumentation qui fera suite à la lecture (les participants étant prévenus du sujet de l'argumentation). Le contenu des rubriques Transport par mer et Questions-Réponses est adapté pour défendre le transport des produits dangereux ; celui des autres rubriques permet plutôt de pointer les effets catastrophiques des naufrages et de soutenir la défense de l'environnement côtier.

Tableau 1. Bref résumé du contenu, du type de texte et du format des rubriques incluses dans le document électronique et le document papier.

Rubriques du sommaire	Résumé du contenu et type de document	Nombre d'écrans (1) dans l'Hypertexte	Nombre de pages (2) dans le document relié
Objectifs	Raisons pour lesquelles le site (ou le dossier) a été élaboré (Texte descriptif)	1	1
Infos utiles	Indications sur les soins à apporter aux oiseaux mazoutés + 1 image (Texte descriptif)	3	1
Rappel des faits	Conditions du naufrage de l'Erika + 3 images (Texte descriptif)	3	3
Dossier	Inventaire de 5 marées noires françaises + 1 image (Texte descriptif)	4	2
Transport par mer	Réglementations mises en place pour sécuriser le transport maritime des produits dangereux (Texte descriptif)	6	4
Témoignages	5 récits différents concernant la marée noire + 2 images (Texte narratif publié dans la presse).	15	12
Revue de Presse	Revue de presses de 10 articles postérieurs à la marée noire (Article et communiqué de presse)	19	12
Questions-Réponses	Foire aux questions (Texte argumentatif et descriptif)	13	4

(1) Présentation paysage sur un écran 15" ; (2) Format paysage sur un support A4.

Dans le site expérimental, les possibilités de navigation étaient peu nombreuses. Les trois grands types de connexions décrits ci-après étaient disponibles.

- (a) Les liens sommaire-rubriques : le sommaire permettait d'accéder directement aux 8 rubriques. Il était possible depuis n'importe quelle page affichée de revenir au sommaire (bouton « sommaire » inclus dans une flèche rouge) ;
- (b) Les liens inter-rubriques : au sein des rubriques Transport par mer et Revue de presse, le sommaire général restait affiché. De plus, un lien inter-rubrique permettait de passer de la rubrique Objectif (« Consultez également la FAQ » mis en noir gras) à la rubrique Questions-Réponses ; un autre lien intra-

rubrique (« plusieurs citernes se déchirent » mis en bleu gras) autorise le passage de la rubrique Dossier à la rubrique Transport par mer ;

- (c) Les liens intra-rubriques : dans les rubriques Transport par mer, Témoignages, Revue de Presse et Questions-Réponses, des sommaires internes permettaient d'accéder directement aux différents textes ou portions de textes de la rubrique. Dans Transport par mer (5 liens) et Questions-Réponses (12 liens), des liens de fin de portion de texte permettaient de revenir au sommaire interne. Enfin, seulement sous la rubrique Rappel des faits, une définition des 6 mots « en gras » figurant dans les paragraphes de cette rubrique pouvait être activée (cette spécificité étant expliquée au début de la page).

De façon générale, dans tout le site, la présence des liens dont le design est variable (mots en gras, en couleur ou soulignés et boutons) est indiqué par un changement de configuration du curseur (flèche versus main). L'affichage des textes était réalisé à l'aide d'une police de caractères de couleur noire. Seuls les titres du sommaire interne de la rubrique Rappel des faits sont en couleur. Outre quelques photographies, le site ne comportait aucune animation visuelle ou sonore. Enfin, l'affichage à l'écran était fait dans l'environnement Netscape (hors connexion) ; le ruban des fonctions étant visible. Dans le cadre de l'expérience, le site était exploré sur un ordinateur PC. La taille de présentation à l'écran était réglée afin d'être comparable à celle d'un document A4 mis au format paysage.

Le document papier expérimental: Le document électronique expérimental a été transféré en format paysage sur des feuilles de papier qui ont été reliées afin de présenter toutes les rubriques contenues dans le site Internet. Pour chacun des textes contenus dans les rubriques, le titrage, les paragraphes, la police de caractères ont été conservés. Pour préserver et visualiser le regroupement thématique dicté par le sommaire, des intercalaires de couleur beige ont été insérés entre chaque rubrique. Sur la tranche inférieure du document relié, chaque intercalaire était prolongé par un signet sur lequel était inscrit le titre correspondant du sommaire. Il était ainsi possible au lecteur d'accéder directement aux différentes rubriques.

L'interface du navigateur n'est pas inclus dans la version papier. Tout le document est en police noire, les titres y compris. Les images étaient, elles aussi, en noire et blanc.

2.2.2. L'argumentation à rédiger

Pour finaliser la recherche d'informations sur le document hypertexte comme sur le document papier, les participants devaient rédiger une argumentation. À chaque participant, il était demandé de faire comme s'il devait écrire un communiqué de presse au ministre des transports. Le participant devait « défendre l'idée que le transport par bateau des produits dangereux doit continuer [...] en tenant compte du point de vue écologiste ». Le choix de cette conclusion peu conforme à celle plus fréquente de l'arrêt des transports dangereux par mer (surtout après une catastrophe écologique comme celle de l'Erika) avait comme objectif de pousser les participants à rechercher un plus grand nombre d'arguments contraires à l'opinion consensuelle afin de défendre la thèse imposée (poursuivre

le transport par mer de produits dangereux). Ils étaient ainsi conduits à mieux prendre en compte les deux points de vue contradictoire (pour et contre ce transport; Piolat, Roussey & Gombert, 1999). NB : Les résultats concernant la qualité des textes produits après la phase de lecture-notes ne sont pas décrits dans cette recherche car ils sont en cours d'analyse.

2.2.3. Dispositif de mesure du temps de réaction

Le logiciel SCRIPTKELL (Piolat, Olive, Roussey, Thunin & Ziegler, 1999) a été utilisé pour mesurer les temps de réaction ainsi que la catégorisation du comportement interrompu pendant que le participant recherchait et notait des informations sur le document. Ce logiciel écrit en Hypercard et piloté par un ordinateur Macintosh permet d'envoyer une sonde sonore (un bip) selon une cadence choisie. Dans le cadre de cette recherche, une sonde était envoyée toutes les soixante secondes en moyenne, pendant 20 minutes. La durée entre chaque sonde était choisie aléatoirement par l'ordinateur dans un intervalle de 45 à 75 secondes. L'ordinateur enregistrait aussi chacun des temps de réponse (en millisecondes) du participant qui devait appuyer rapidement sur la souris avec sa main non dominante. Après chaque réaction rapide, l'ordinateur enregistrait l'appui fait par le participant sur une des deux touches étiquetées du clavier (Lire ; Prendre des notes). À l'issue de l'expérience, le logiciel fournit le calcul du temps de réaction moteur moyen mesuré hors tâche de lecture et prise de notes (cf. procédure), ainsi que le temps de réaction pondéré (cf. 2.4.) pour les activités de lecture et de prise de notes.

2.3. Procédure

La passation individuelle durait environ une heure. Chaque participant était informé qu'il aurait 5 tâches à effectuer : (a) Répondre à un bref questionnaire ; (b) Passer un test de lecture et de mémoire ; (c) Apprendre à réagir le plus rapidement possible à un signal sonore ; (d) Lire et prendre des notes sur un document ; (e) Rédiger un texte argumentatif.

- (a) Le participant répondait à un bref questionnaire ayant pour but d'évaluer son niveau de pratique de l'informatique (bureautique et navigation sur Internet).
- (b) Le test de mesure de l'empan de lecture a été appliqué selon la procédure indiquée par Desmette et al. (1995). Pour l'essentiel, ce test consistait à lire des séries de plus en plus longues de phrases tout en mémorisant le dernier mot de chacune. Après chaque liste, le participant devait rappeler le plus de mots possibles.
- (c) Puis lors de la phase d'entraînement à réagir rapidement à des sondes sonores, le logiciel SCRIPTKELL distribuait 30 bips selon une cadence moyenne de 15 secondes environ (les 5 premiers signaux servent d'entraînement ; les 25 suivants de mesure du temps de réaction moteur moyen du participant). Le participant devait y réagir le plus vite possible en appuyant avec la main non dominante (celle qui n'écrit pas) sur la souris de l'ordinateur située à portée de main.

- (d) Ensuite, le participant était prévenu qu'il devait rédiger un texte argumentatif en défendant la thèse selon laquelle il fallait poursuivre le transport par mer des produits dangereux. Pour se documenter, il pouvait rechercher des informations dans le support proposé (hypertexte ou papier). Il lui était indiqué qu'il pouvait prendre des notes sur deux feuilles mises à sa disposition. Il était aussi indiqué au participant qu'en plus de sa tâche principale (rechercher des informations en lisant et prenant des notes), il devait réagir le plus rapidement possible aux sondes sonores en appuyant sur la souris comme il l'avait fait préalablement. De plus, après chaque réaction rapide, il devait indiquer ce qu'il était en train de faire quand le « bip » l'avait interrompu. Pour cela il appuyait sur une des deux touches étiquetées du clavier (Lire ou Prendre des notes). Enfin, il était précisé au participant qu'il ne disposerait que de 20 minutes de temps pour trouver un maximum d'informations utiles (seulement 8 participants n'ont pas exploité la totalité du temps imparti). Dès qu'il commençait à lire, le chronomètre était lancé. L'ordre de consultation des différentes rubriques a été enregistré par l'ordinateur. Il faisait aussi l'objet d'une observation de la part de l'expérimentateur qui de minute en minute notait la(es) rubrique(s) affichée(s)   l'écran par l'utilisateur sur une grille formatée à cet effet. Après 15 minutes de lecture, le participant était averti qu'il ne lui restait plus que 5 minutes pour rechercher et noter des idées.
- (e) Pour finir, le thème du texte qu'il devait écrire était à nouveau indiqué au participant. Il lui était indiqué qu'il ne pouvait pas utiliser les notes prises ni consulter à nouveau le document. Il devait utiliser toutes les informations dont il disposait (celles qu'il venait de lire ou toute autre information qui lui viendrait à l'esprit) afin de rendre son texte argumentatif le plus convaincant possible.

2.4. Variables dépendantes

Effort cognitif : Pour chaque participant le logiciel SCRIPTKELL calcule un temps de réaction de base en millisecondes. Il s'agit de la moyenne des 25 temps de réaction obtenus pendant la phase dite « entraînement à réagir vite ». Il calcule aussi pour chacune des activités (Lire et Noter) et par participant, un temps de réaction pondéré moyen.   chaque temps de réaction mesuré pendant la phase expérimentale de Lecture-Notes, est enlevé le temps de réaction moyen de base. Le résidu correspond au délai que met le participant pour réagir indépendamment de sa vitesse de réaction motrice. La moyenne est ensuite calculée pour les deux activités cibles : Lire et Noter. NB : Plus le temps de réaction moyen est grand, plus l'effort cognitif que le participant a alloué à l'activité concernée (Lire ; Noter) est important.

Mode de consultation des documents : Le parcours effectué par le participant sur l'hypertexte ou sur le document-papier a été catégorisé en deux stratégies. La transition a été considérée comme linéaire lorsque les rubriques ont été visitées dans leur ordre de présentation dans le sommaire. Elle a été considérée comme non linéaire lorsque deux rubriques ont été explorées dans un ordre non

successif ou lors d'un retour à la rubrique précédente. Un pourcentage de succession linéaire a été calculé pour la totalité du document. Plus le pourcentage est important plus la consultation du document a été linéaire.

Nombre de rubriques pertinentes consultées : Trois rubriques ont été qualifiées de pertinentes car elles contenaient des informations permettant de défendre la poursuite du transport par mer des produits dangereux (conclusion à laquelle les rédacteurs devaient aboutir). Selon qu'ils consultaient ou non ces rubriques, les usagers avaient un score variant de 0 à 3.

Durée totale de lecture-sélection d'informations : Le temps mis par les usagers pour lire et sélectionner des informations dans le document a été enregistré. Compte tenu de la durée maximale de 20 minutes imposée aux usagers, le score (en minutes) peut plafonner pour certains usagers à 20 minutes.

Proportion de temps de consultation par rubrique pertinente : Pour chaque usager, le temps de consultation des rubriques qu'il a exploré a été divisé par le temps total de tâche multiplié par le nombre de rubriques pertinentes consultées. Ce calcul permet de pondérer le temps de consultation par la durée de réalisation de la tâche et le nombre de rubriques qui peuvent varier selon les usagers.

Nature des notes prises : Pour chaque participant, le nombre de mots et d'unité de saisie d'information pris en notes ont été comptés. Chaque lettre ou groupe de lettres compris entre deux blancs ont été comptés pour un mot. NB Les articles évidés (« l' » ou « d' ») et les symboles remplaçant un mot au sein de la prise de notes (« 1 » pour l'article « un ») étaient considérés comme des mots. Par contre, les sigles souvent utilisés ne comptaient que pour un seul mot (« OMI » pour « Organisation Maritime Internationale »). Chaque mot ou groupe de mots que le participant avait spatialement séparé (indentation, effet de liste, etc.) a été comptabilisé comme une Unité de Saisie d'Information (USI). NB : les sites où le participant a interrompu sa prise de notes pour reprendre sa lecture ont aussi servi de repère pour délimiter les USI. Le nombre de mots par USI a été calculé.

3. Résultats

Toutes les variables dépendantes (cf. 3.4.) ont été soumises à une analyse de la variance selon le plan $S < E2 \times D2 > \times A2$ dans lequel E= Empan plus élevé versus Empan moins élevé, D= Document Hypertexte et Document Papier et A= Activité de Lecture et Activité de Prise de notes.

3.1. Effort cognitif

L'Empan des utilisateurs comme l'Activité n'influencent pas significativement la durée moyenne des temps de réaction pondérés (respectivement $mE+ = 631,5$ ms vs $mE- = 722$ ms, $F(1,55) = 2,70$, $p = .11$; $mLecture = 673$ ms vs $mPDN = 680$ ms, $F(1,55) < 1$, N.S.). Cependant, le type de Document (Papier versus Hypertexte) tend à influencer le coût de l'Activité ($mHypertexte = 728$ ms ; $mPapier = 626$ ms, $F(1,55) = 3,43$, $p < .07$).

L'interaction entre les facteurs Document et Activité est significative, $F(1,55) = 17,20$, $p < .001$ (cf. figure 1.). L'Activité de Lecture est en moyenne plus

coûteuse sur Document Hypertexte que sur Document Papier (respectivement 757 ms et 590 ms ; $17(1,55)=8,77$; $p<.005$) alors que le coût de l'activité de notation ne varie pas significativement selon le support (699 ms vs 661 ms ; $17(1,55) < 1$, N.S.). Cet effet est observé pour les usagers à Empan plus élevé (708 ms vs 552 ms ; $17(1,55)=4,23$; $p <.05$) comme pour les participants à Empan plus faible (806 ms vs 628 ms ; $17(1,55)= 4,55$; $p <.05$; cf. figure 2).

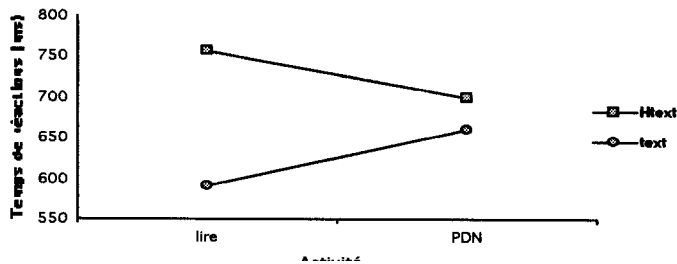


Figure 1. Effort cognitif (TR en ms) développé par les usagers en fonction du Document (Hypertexte et papier) et de l'Activité (Lire et Prendre des notes).

L'interaction entre les facteurs type de Document, Empan des usagers et Activité est significative, $17(1,55)=7,07$; $p=.01$ (cf. figure 2). Pour les usagers avec un Empan de mémoire plus faible, ces observations sont notablement significatives. En effet, en Hypertexte, la Lecture est significativement plus coûteuse que la Prise de notes ($17(1,55)=9,07$, $p<.005$). Sur un Document Papier, la lecture est, en revanche, significativement moins coûteuse que la Prise de notes ($17(1,55)=12,34$, $p<.001$). Aucun effet significatif n'est observé pour les usagers à Empan de mémoire plus élevé. Enfin, lors de la Prise de notes, le temps de réaction moyen des participants ne varie pas significativement selon leur empan, ni selon le type de Document.

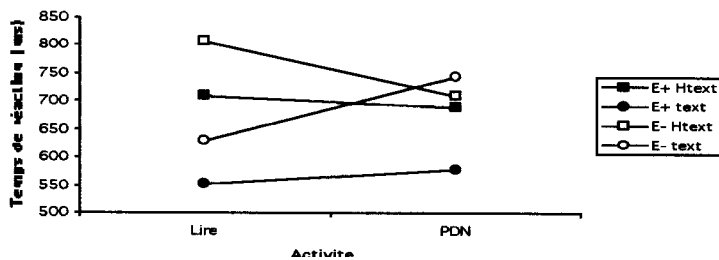


Figure 2. Effort cognitif (TR en ms) développé par les usagers en fonction de l'Activité (Lire et Prendre des notes), du Document (Hypertexte et Papier) et de l'Empan des usagers.

3.2. Mode de navigation

Les transitions linéaires réalisées par les usagers sont significativement moins nombreuses sur l'Hypertexte ($m=32,76\%$) que sur le Papier ($m=82,94\%$; $F(1,55)=73,9$, $p<.0001$). Les usagers à Empan de mémoire moins élevé ($m=51,74\%$) consultent les documents avec significativement moins de transitions linéaires que ceux à Empan plus élevé ($m=62,55\%$; $F(1,55)=3,84$, $p=.055$). L'interaction entre les facteurs Empan et type de Document n'est pas significative ($F(1,55) < 1$, N.S.).

3.3. Nombre de rubriques pertinentes consultées

Sur Hypertexte ($m=2,23$), les usagers lisent significativement moins de rubriques contenant des informations pertinentes que sur Papier ($m=2,62$; $F(1,55)=5,86$, $p<.02$).

3.4. Durée totale de lecture-sélection d'informations

La lecture-sélection d'informations sur Hypertexte est significativement plus rapide ($m=18,1$ mn) que sur Papier ($m=20$ mn ; $F(1,55)=9,25$, $p<.004$). Aucun autre effet n'est significatif.

3.5. Proportion de temps de consultation par rubrique pertinente

Sur Hypertexte, les usagers passent proportionnellement plus de temps sur chaque rubrique pertinente ($m=33,8\%$) que sur Papier ($m=25,6\%$; $F(1,55)=4,5$, $p<.04$). Aucun autre effet n'est significatif.

3.6. Nature des notes prises

Le nombre de mots pris en note est significativement supérieur lors de la consultation du document Papier ($m=165,5$ mots) que de l'Hypertexte ($m=121,3$ mots ; $F(1,55) = 5,95$; $p <.02$). Aucun autre effet n'est significatif.

En consultant le document Papier ($m=10,83$ mots/USI), les usagers tendent à écrire des Unités de Saisie d'Informations contenant plus de mots qu'en consultant l'Hypertexte ($m=8,03$ mots ; $F(1,55)= 2,82$, $p=.099$). Aucun autre effet n'est significatif.

4. Conclusion

Les principaux résultats sont les suivants. Les usagers consultent plus rapidement une banque de textes avec un hypertexte qu'avec un document-papier et le font sans opérer une lecture linéaire de rubrique en rubrique comme ils le font avec un support papier. De plus, ils se focalisent plus longuement sur quelques rubriques pertinentes pour réaliser leur tâche finale d'argumentation en faveur du point de vue imposé (Poursuivre les transports par mer malgré les risques écologiques). Toutefois, ces usagers prennent moins d'informations en notes. Ils écrivent, en effet, moins de mots et moins de mots par unité de saisie d'information.

Comparativement, les utilisateurs du document-papier explorent plus largement toutes rubriques de façon successive selon l'ordre du sommaire. Ils s'arrêtent ainsi sur plus de rubriques pertinentes pour défendre le point de vue imposé. Toutefois, ils consacrent moins de temps à les lire. Enfin, ils transcrivent des notes plus longues.

Quel que soit leur empan de mémoire en lecture, les usagers manifestent lors de la consultation d'un hypertexte un effort cognitif significativement plus important que lors de la consultation d'un document papier.

L'effort cognitif (mesuré par le temps de réaction moyen à une tâche ajoutée réagir vite à des sondes sonores pendant la réalisation de la tâche principale) est l'indicateur des ressources attentionnelles puisées en mémoire de travail et que les utilisateurs ont accordé à la réalisation des activités demandées : Lire et Prendre des notes. Les résultats montrent que comparativement à la lecture d'un document papier, la lecture par des adultes d'un hypertexte mobilise plus de ressources attentionnelles (l'effort associé à la prise de notes ne variant pas). Cette lecture est coûteuse aussi bien pour des usagers dont l'empan de mémoire de lecture est élevé. La recherche d'informations sur un document électronique est donc coûteuse. Ces résultats sont compatibles avec ceux de Kellogg et Mueller (1993) qui, en utilisant la même technique de mesure de l'effort cognitif, ont montré que la production d'un document électronique avec un traitement de texte est plus coûteuse que la production d'un document à la main, y compris pour des experts en logiciel de bureautique.

L'empan de mémoire de travail des usagers joue un rôle sur l'ajustement à la tâche qui semble plus délicat lors de la consultation d'un hypertexte. Mais ces résultats demandent à être confirmés.

Afin d'interpréter l'augmentation de l'effort cognitif qui est liée à la consultation d'un document électronique, une analyse de la pertinence du contenu des notes et de la qualité des textes est indispensable (analyse en cours de réalisation). Elle devrait, en effet, permettre de statuer sur la pertinence de deux hypothèses alternatives.

Selon une première hypothèse, la navigation est non linéaire et ne permet pas aux usagers de se représenter une « vue » cohérente de ce qu'ils consultent. Leurs notes ne devraient alors pas être pertinentes et utiles, la qualité de leur argumentation devrait être faible. Ainsi, le coût élevé de l'activité de lecture sur hypertexte serait dû à un mode de recherche d'informations différent et peu habituel comparativement à celui qui est facilement opéré sur document papier. Au lieu de traiter l'information, l'usager la cherche avec difficulté. Cette conception est compatible avec une de nos recherches qui a permis de montrer que la lecture sur écran est moins efficace que celle qui est réalisée sur papier pour mémoriser la localisation des informations et réaliser ensuite une tâche verbale d'amélioration du texte lu (Piolat, Roussey & Thunin, 1997).

Selon une seconde hypothèse, l'augmentation de l'effort cognitif en lecture sur hypertexte ne serait pas l'indication d'une difficulté de lecture rencontrée par les usagers. Elle serait plutôt la marque d'un traitement plus approfondi des infor-

mations. Cette compréhension serait stimulée par le support électronique comme l'ont déjà montré Wiley et Voss (1999). En conséquence, les notes réalisées à partir de la consultation d'un hypertexte devraient être pertinentes (même si elles sont moins volumineuses) et largement intégrées dans un texte de qualité rédigé par la suite. Les usagers d'un document papier seraient incités à une copie plus ample d'informations mots à mots, au fur et à mesure de leur consultation ordonnée du texte. Cette stratégie pourrait s'avérer moins efficace qu'une stratégie de compréhension plus poussée. Si cette seconde hypothèse fonctionnelle s'avère la plus ajustée aux résultats, il est probable que les lecteurs-rédacteurs ne produisent pas et n'exploitent pas de la même façon des notes et un texte (Piolat & Olive, 2000).

Au total, le dispositif utilisé (repérage de deux activités : lire et noter lors de la consultation d'un document) ainsi que la mesure de l'effort cognitif associé à ces deux activités paraît être un dispositif fructueux pour raisonner sur les différences de traitement cognitif réalisé par les utilisateurs selon que le support de l'information est électronique ou non. De plus, force est de constater que la mémoire de travail joue un rôle essentiel dans ces activités de traitement. La différenciation des capacités mnésiques des utilisateurs constituent une variable importante pour comprendre les modes de recherche et d'exploitation d'informations à partir de documents électroniques.

Références bibliographiques

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory ? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
- Barbier, M.L., Roussey, J.Y, Piolat, A. & Fauvelle, C. (2001, in press). Information retrieval on hypermedia for argumentative writing by 5 grade pupils. In B. De Bernadi (Ed.). *Proceedings of European Writing Conference 2000 EARLI Special Interest Group Writing*.
- Burns, C.M. (2000). Navigation strategies with ecological displays. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52, 111-129.
- Demetriadis, S. & Pombortsis, A. (1999). Novice Students Learning in case based hypermedia Environment : a quantitative study, *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8 (2), 241-250.
- Desmette, D., Hupet, M., Schelstraete, M.A. & Van der Linden, M. (1995). Adaptation en langue française du "Reading Span Test" de Daneman et Carpenter (1980). *L'Année Psychologique*, 95, 459-482.
- Gérout, C., Roussey, J.Y, Barbier, M.L. & Piolat, A. (2000, Décembre). *Prise de notes dans un environnement multimédia par des élèves de 10-12 ans plus ou moins bons lecteurs*. Communication affichée à l'Atelier de conjoncture de la SFP « Production et compréhension de documents techniques ». Amiens, France.
- Gray, S.H., Barber, C.B. & Shasha, D. (1991). Information search with dynamic text versus paper text, an empirical comparison. *International Journal of Man-Machine Studies*, 35, 575-586.

- Hadwin, A. F., Kirby, J. R. & Woodhouse, R. A. (1999). Individual differences in notetaking, summarization and learning from lectures. *Alberta Journal of Educational Research*, 45(1), 1-17.
- Haenggi, D. & Perfetti, C.A. (1992). Individual differences in reprocessing of text. *Journal of Educational Psychology*, 84, 182-192.
- Kellogg, R.T. (1996). A model of working memory in writing In C. M. Levy & S. E. Ransdell (Eds.). *The science of writing: Theories, methods, individual differences and applications* (pp. 57-71). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kellogg, R.T., & Mueller, S. (1993). Performance amplification and process restructuring in computer-based writing. *International Journal of Man-Machine Studies*, 39, 33-49.
- Kiewra, K.A., Benton, S.L., Kim, S., Risch, N. & Christensen, M. (1995). Effects of note-taking format and study technique on recall and relational performance. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 172-187.
- McCutchen, D. (1996). A capacity theory of writing: Working memory in composition. *Educational Psychology Review*, 8(3), 299-325.
- Morgan, C.H., Lilley, J.D. & Boreham, N.C. (1998). Learning from lectures: the effect of varying the detail in lecture handouts on note-taking and recall. *Applied Cognitive Psychology*, 2, 115-122.
- Olive, T., Kellogg, R.T. & Piolat, A. (2001). The triple Task technique for studying the process of writing : Why and How ? In T. Olive & C. M. Levy (Eds.), *Studies in Writing: Contemporary tools and techniques for studying writing*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Pasquier, F. (2000). Du support analogique au document informatisé pour l'apprentissage Les désajustements de la numérisation. *Revue de l'EPI*, 100, 109-116.
- Piolat, A. (2001). *La prise de notes*. Paris : PU.F (col. Que sais-je ?).
- Piolat, A. & Olive, T. (2000). Comment étudier le coût et le déroulement de la rédaction de textes? La méthode de la triple tâche: Un bilan m thodologique. *L'Ann e Psychologique*, 100, 465-502.
- Piolat, A., Roussey, J.Y. & Thunin, O. (1997). Effects of screen presentation on text reading and revising. *International Journal of Human-Computer Studies*, 47, 565-589.
- Piolat, A., Olive, T., Roussey, J.Y, Thunin, O., & Ziegler, J.C. (1999). SCRIPTKELL : a tool for measuring cognitive effort and time processing in writing and other complex cognitive activities. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(1), 113-121.
- Piolat, A., Roussey, J.Y. & Gombert, A. (1999). Developmental cues of argumentative writing. In J.E.B. Andriessen & P Coirier (Eds.). *Foundations of argumentative text processing* (pp. 117-135). Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Rouet, J.F. & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs. In A. Tricot & J.F. Rouet (Eds.), *Les hypermédias approches cognitives et ergonomiques* (pp. 57-74). Paris : Hermès.

- Rousset J.-Y, Barbier, M.-L. & Piolat, A. (2041). Recherche d'informations sur support hypermédia et production écrite par de jeunes rédacteurs. *Actes du colloque Hypermédia et Apprentissage*. Grenoble.
- Slotte, V & Lonka, K. (1998). Using notes during essay-writing: is it always helpful ? *Educational Psychology*, 18, 4, 445-459.
- Van Oostendorp, H. & de Mul, S. (1996). *Cognitive aspects of electronic text processing*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Wiley, J. & Voss, J.P. (1999). Constructing arguments from multiple sources: tasks that promote understanding and not just memory for text. *Journal of Educational Psychology*, 91 (2), 301-311.
- Wright, P. & Lickorish, A. (1994). Menus and memory load: navigation strategies in interactive search task. *International Journal of Human-Computer Studies*, 40