

LE ROLE DE LA MISE EN PAGE ET DE LA STRUCTURE SYNTAXIQUE
DANS LA SELECTION DES LIENS HYPERTEXTUELS

par T. Colombi* et T. Baccino*

Le Travail Humain, 66(1), 45-64. 2003.

SUMMARY

THE ROLE OF LAYOUT AND SYNTACTICAL STRUCTURE IN THE SELECTION OF
HYPERTEXTUAL LINKS

This paper describes how visual search is managed in hypertextual documents. A classification of hypertextual links, is proposed, taking into account the visual and linguistic aspects of the material. This taxonomy is based on four dimensions: the *user's task* (search for information vs. search for action), the *destination page* ("standard links" go to a specific page, "section links" to a more general one, in which users have to specify their request clicking on sub-links, "command link" go to a dynamically created page, which shows the user action's effects), the *text structure* (nouns, verbs, syntax, etc.) and the *layout* (the visual aspect and the disposition of links). Mixing the user's task (information vs. action) and the destination page (standard vs. section gave 4 experimental conditions .

Considering this classification, the experiment focussed on the influence of layout and text structure on what we called the "standard information" hypertextual condition . The layout's effects (pages presented in columns or in rows), the syntactical structure effects (declarations, exclamations or questions) and their large influence on ocular inspection during an information

* Université de Nice-Sophia Antipolis, Laboratoire de Psychologie Expérimentale et Quantitative (EA 1189). Pôle Universitaire Saint-Jean d'Angely 24, avenue des Diablos Bleus, 06357 NICE Cedex 4 FRANCE. E-mail : colombi@unice.fr.

Mise en Page et Structure Syntaxique dans les Liens Hypertextuels

search task have been analysed. Several visual searching profiles have been identified by the eye movements' recording technique using the total fixation duration, the number of fixations, the landing position and the errors rate as dependent variables. In particular, some global exploration strategies affected by the page's layout and some local searching selective strategies due to the syntactical structure have been identified. These results are especially important for applications in which the optimisation of hypertextual links is crucial, like e-learning or e-business.

Key words: Visual Search, Hypertext, Oculomotor Strategies, Layout, Reading on Displays.

I. INTRODUCTION

La diffusion rapide et massive d'Internet et des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) soulève de nombreux problèmes ergonomiques. L'utilisabilité des interfaces, loin d'être complètement assurée pour les logiciels, est encore plus difficile à garantir pour les pages Web : selon les statistiques présentes en ligne, les requêtes fondamentales des utilisateurs sont un *contenu de haute qualité*, la *simplicité de navigation*, la *vitesse de téléchargement* des pages et la constante *mise à jour* du matériel *en ligne*. Les deux premières requêtes citées rentrent nettement dans le domaine de l'ergonomie cognitive et de l'utilisabilité et accentuent la nécessité d'améliorer les Interfaces du Web en prenant un point de vue « centré utilisateur ». Nous pensons que le point commun à ces deux ensembles de problèmes est celui de l'optimisation des liens hypertextuels, qui constituent le cœur du mécanisme de navigation et de repérage des informations dans le réseau, en guidant les déplacements entre les sites et entre les pages d'un même site. Néanmoins, bien qu'utiliser un lien hypertextuel semble un des actes les plus simples à exécuter dans la navigation, puisqu'il suffit de cliquer dessus, leur compréhension et leur sélection est bien plus complexe qu'il n'y paraît. Les liens hypertextuels possèdent une nature multiple, composée de plusieurs facettes : aspects graphiques, linguistiques et pragmatiques. Les difficultés que les utilisateurs rencontrent pendant l'exécution des tâches de recherche d'information, comme la perte d'orientation (Otter & Johnson, 2000) et la surcharge cognitive (Tricot, Delange, El Boussarghini, Foucault, 2001) sont connues et accentuent la nécessité de mettre au point des systèmes de navigation et de repérage des informations plus performants. Cependant aucun travail ne s'est focalisé jusqu'à présent sur l'optimisation des liens hypertextuels en tant qu'"objets textuels". Notre objectif est l'amélioration de l'utilisabilité des sites Web via l'optimisation des liens hypertextuels, objectif poursuivi grâce à l'analyse des parcours oculaires produits pendant l'exploration visuelle des pages électroniques et l'identification de "profils d'exploration oculaire" typiques chez les utilisateurs.

II. UNE CLASSIFICATION DES LIENS HYPERTEXTUELS

Pour pouvoir analyser les liens hypertextuels, une classification originale a été créée car dans la littérature aucune classification centrée sur des dimensions significatives du point de vue de l'utilisateur n'était disponible. Elle s'établit en fonction de quatre dimensions qui représentent des paramètres de la situation (la tâche à réaliser) ou du système (destination, texte et mise en forme des liens) fondamentales pour le navigateur :

- ◆ Tâche : Les liens hypertextuels sont des « objets textuels » dans lesquels langage et action interagissent, mais certains liens sont plus orientés sur un contenu et d'autres plutôt destinés à l'exécution d'une action. Dans le premier groupe nous plaçons les liens qui connectent des pages contenant principalement du texte (par exemple, « [découvrez ici la page de la météo !](#) », la tâche de l'utilisateur étant de rechercher des informations), dans le deuxième groupe, les liens qui servent à exécuter des actions, comme faire une recherche, consulter une boîte aux lettres électronique ou commander un catalogue (par exemple « [essayez le nouveau moteur de recherche](#) »).
- ◆ Destination : les liens peuvent être groupés également selon la nature des informations ou des actions que les utilisateurs repèrent dans la page sur laquelle ils arrivent. De ce point de vue, il est possible de distinguer trois types de liens:
 - Liens *standard* : ils permettent d'atteindre des pages spécifiques, de consulter des informations précises ou de faire une action précise (par exemple « [consultez le programme télé d'aujourd'hui](#) », lien standard pour une tâche de recherche d'information « [entrez dans votre boîte aux lettres](#) » lien standard pour une tâche d'exécution d'une action).
 - Liens *section* : ils constituent un déplacement vers une partie (une section) du site actuel (ou d'un autre site). Ces liens ne proposent pas directement des informations mais des index spécifiques pour un argument particulier (par exemple « [loisirs](#) »). Dans cette page, on peut

choisir d'autres liens qui amènent à des niveaux de détails plus élevés (jusqu'à avoir un lien de type *standard* et donc une page avec des informations/actions précises). La différence par rapport aux liens standards est le niveau de détail des contenus.

- Liens *commandes* : un groupe de liens particuliers qui ont comme but d'appliquer les changements que l'on a apportés sur une page (en suivant un lien de tâche "action"). Après avoir cliqué sur ce type de lien, l'utilisateur arrive sur une page qui montre les changements effectués (messages envoyés, produits achetés, etc.). Les liens "commandes" sont très différents des autres liens, car ils ont l'aspect de boutons. A la différence des deux autres types de liens, ils ne comportent pas seulement un changement de la page où l'utilisateur se trouve, mais *ils modifient l'état du système* ou des informations contenues.
- ◆ Texte : les liens peuvent aussi être classés en fonction du texte qui les constitue. Il est possible de classer les liens en fonction du rôle grammatical des mots (verbes/noms) et de leur nombre. S'il y a des verbes, ils peuvent être analysés en termes de forme (active/passive), temps, personne et structure syntaxique de l'expression (déclarative, exclamative ou interrogative).
- ◆ Mise en forme et Mise en page : les liens sont enfin classables en observant la disposition et la densité qu'ils ont dans le contexte visuel de la page, le nombre et le type des répétitions présentes, l'aspect des différents groupes de liens (couleur, forme, particularités graphiques et typographiques, etc.).

En croisant la dimension tâche (informations/actions) avec les destinations standard et section, on obtient une grille de quatre sous-types de liens différents : liens *standard-informations*, *standard-actions*, *section-informations*, et *section-actions*. L'expérience décrite dans ce travail porte sur des liens de type standard-informations, que l'on a manipulés sur les deux autres dimensions décrites, c'est-à-dire selon le type de texte et la mise en page.

III. ETUDE DES LIENS « STANDARD-INFORMATION »

Dans l'expérience réalisée, les liens hypertextuels qui sont utilisés, appartiennent à la catégorie « standard-information », résultant du croisement des dimensions « tâche » et « destination ». Il s'agit donc de liens constitués par des phrases du type “ Voulez-vous avoir les informations sur la météo ?”. Les liens « standard-information » sont censés mener sur une page contenant des informations précises (comme la météo pour la journée présente) et exhaustives (il n'y aura pas besoin de spécifier davantage la recherche en cliquant sur un autre lien, comme dans le cas des liens « section »). La manipulation sur ces liens a été effectuée en faisant varier les deux autres dimensions précédemment décrites : la mise en page et la forme syntaxique. La mise en page est une dimension fondamentale de toute forme de texte et des liens hypertextuels, car elle facilite l'interprétation et la compréhension du contenu mais également participe au développement de stratégies de lecture (Schmid & Baccino, 2001). Deux *mises en pages* ont été proposées : les liens hypertextuels étaient soit disposés *en lignes*, soit *en colonnes*. Dans la lecture de tableaux numériques, il a été montré que les sujets ont tendance à choisir une stratégie globale de recherche en colonne, plus rapide et performante pour effectuer la localisation d'un nombre-cible (Sperandio & Bouju, 1983). L'autre facteur testé concerne l'influence de la *forme syntaxique* dans la recherche du lien pertinent aux consignes proposées, facteur supposé déterminer l'émergence de stratégies locales de recherche qui pourraient varier selon le type de syntaxe. Pour un même contenu, nous avons donc comparé des liens hypertextuels ayant une forme *déclarative*, *exclamative* et *interrogative*. Kako et Wagner (2001) soulignent que différentes structures syntaxiques peuvent véhiculer des significations différentes, même si la « structure profonde » de la phrase est identique. Postulant que sur ordinateur le comportement d'exploration des pages ressemble davantage à du balayage oculaire rapide (*scanning*) qu'à de la lecture (Muter & Marutto 1991), nous pensons que les possibles modifications du comportement visuel dans les trois formes verbales ne sont pas dues à l'effet de la syntaxe. Si on considère les liens du point de vue du balayage oculaire et donc des simples caractéristiques visuelles, ce qui varie dans ces trois formes est la position du mot-clé

recherché par les sujets et nous nous attendons à ce que la position attendue/réelle de cet élément soit susceptible d'affecter les stratégies d'exploration de chaque lien hypertextuel.

L'expérience a été conçue pour ressembler le plus possible à une vraie navigation sur le Web. Les contenus reflétaient les arguments traités sur le Web et la présentation des pages était également vraisemblable, les pages utilisées étant de vraies pages HTML, parmi lesquelles les sujets se déplaçaient grâce aux clics de la souris sur les liens. Cette tâche s'apparente à *une recherche d'information*, puisque la cible est unique et la représentation du but précise (Tricot, 1993). De façon similaire aux conditions de navigation habituelle sur Internet, l'information recherchée n'apparaissait pas avec la même forme linguistique dans les pages (ainsi, par exemple, l'information concernant la presse locale peut apparaître sous le nom de "journal régional").

III.1. METHODOLOGIE

III.1.A. Sujets

Trente-deux sujets (dont la plupart étudiants de la Faculté de Psychologie) ont participé à l'expérience. Une connaissance préalable des ordinateurs et d'Internet était requise. L'expertise était contrôlée grâce à un questionnaire posé avant l'enregistrement.

III.1.B. Matériel linguistique

Trente-six pages de liens hypertextuels différents ont été construites constituant trois groupes de 12 pages qui variaient selon la forme syntaxique (codés A, B et C). Chaque page contenait 12 liens hypertextuels. Ces trois groupes de pages étaient ensuite présentés aux sujets selon un plan en carré latin. Chaque page pouvait contenir, selon le groupe expérimental, des liens de forme déclarative, exclamative ou bien interrogative. Le plan créé contenait donc 6 groupes expérimentaux. Chaque sujet voyait les 36 pages de liens mais seulement dans une version syntaxique par page : les sujets du groupe 1, par exemple, ne voyaient la page A qu'en version interrogative et jamais exclamative ou déclarative. A l'intérieur de chaque page, les différentes formes verbales n'ont jamais été mélangées. Chaque page a été affichée 6 fois en colonnes et 6 fois en lignes. Les pages en lignes

contenaient 4 lignes de 3 éléments chacune, celles en colonnes 2 colonnes de 6. Voilà un exemple de phrase dans les trois formes syntaxiques utilisées:

- Forme déclarative : « Les conseils de la rubrique Maquillage sont situés ici »
- Forme exclamative : « Découvrez ici les conseils de la rubrique Maquillage ! »
- Forme interrogative : « Voulez-vous les conseils de la rubrique Maquillage ? »

De plus, la position du lien-cible était disposée aléatoirement d'une page à l'autre. La longueur des phrases a été contrôlée pour qu'elles soient toutes similaires. Du point de vue visuel, les liens hypertextuels étaient présentés de façon similaire à ceux du Web, c'est-à-dire bleus et soulignés.

III.1.C. Calibrage du matériel linguistique

Le matériel utilisé a été testé du point de vue linguistique. Le contenu de cette expérience, en effet, est très concret car il reflète les arguments qu'on peut trouver normalement sur le Web, notamment dans les sites de type «portails» (météo, horoscope, dernières nouvelles, etc.). Si, du côté du réalisme cela constitue un avantage, il ne faut pas oublier que du côté de la fiabilité et de l'homogénéité du matériel cette particularité pose problème. Un questionnaire de validation a été créé pour vérifier *l'intelligibilité des thèmes proposés* et, surtout, l'adéquation correcte entre la forme qu'ils allaient avoir dans la page de consigne, contenant du texte comme par exemple «identifiez le lien qui montre la grille des programmes télévisés » et la page expérimentale dans laquelle ils devaient choisir le lien correct (dans cet exemple, il s'agissait du lien qui traitait des «émissions télé du jour»). 40 étudiants de Psychologie (de niveau Licence) ont répondu au questionnaire. On demandait aux sujets de juger si le contenu qu'on leur proposait, leur paraissait logique par rapport aux définitions données (destinées à constituer les pages des consignes pour chaque tâche). Les questions étaient du type : « Pour vous est-il logique de voir s'afficher la page qui traite de cosmétique et esthétique si vous avez cliqué sur la rubrique Beauté? ». Si le contenu proposé ne leur convenait pas, les sujets avaient la possibilité de décrire le contenu le plus adéquat (voir la figure 1 pour un exemple). Dans le cas cité, la possibilité de donner un avis différent nous a permis d'identifier un meilleur choix pour le texte du lien, c'est-à-dire «la rubrique Maquillage ».

Insérer Figure 1

Figure 1 : Exemple extrait du questionnaire de validation du matériel linguistique

Figure 1 : an example of validation questionnaire for the linguistic material (hypertextual links and text of instruction's pages)

III.1.D. Appareillage oculométrique et matériel de présentation

Les tracés oculaires ont été enregistrés grâce au système EyeGaze (LC technologies : Fairfax). Cet oculomètre, fondé sur la technique du reflet cornéen, permet un enregistrement des données oculaires à 60Hz (toutes les 17 millisecondes). L'appareil enregistre les mouvements de l'œil dominant (vérifié à l'avance chez les sujets). Les pages Web ont été affichées sur un écran CRT 15 pouces. L'acquisition des données a été précédée par une phase de calibrage de l'appareil, consistant en une séquence de fixations acquises à partir de dix points de référence. Le calibrage permet une correspondance précise des mouvements des yeux avec le matériel présenté sur l'écran et de pouvoir contrôler les mouvements de la tête. Les sujets n'avaient aucune contrainte physique, ils avaient simplement le menton posé sur une mentonnière. L'absence de contraintes physiques rend cet appareillage « transparent » aux yeux des sujets et donc adapté aux études ergonomiques, vouées à l'expérimentation de situations « écologiques » (Baccino & Colombi, 2001). Cela nous a permis de pister les processus cognitifs des sujets et de mieux comprendre les stratégies de navigation et de recherche visuelle.

III.1.E. Procédure

La consigne donnée aux sujets était de retrouver un lien-cible par page, spécifié chaque fois à l'avance. La présentation de chaque page expérimentale était précédée par une page qui montrait l'élément à rechercher, dans laquelle l'argument concerné était présenté sous forme de *synonyme* ou de *paraphrase* (dans le cas de la météo, par exemple, la tâche pouvait être "Identifiez le lien qui traite du temps qu'il fait") afin d'assurer une tâche de recherche d'information fondée sur un

traitement sémantique du lien. Les sujets ne se limitaient pas à chercher tout simplement une “chaîne de caractères”, ils étaient obligés de prendre en considération le sens de la recherche à accomplir pour pouvoir identifier la réponse correcte. Le passage d’une page à l’autre survenait grâce au click de la souris sur le lien considéré pertinent avec la tâche donnée. Cliquer sur le lien correct faisait donc afficher la page de consigne de la tâche suivante. Le click sur un mauvais lien amenait sur une page qui informait le sujet de l’erreur. Il revenait donc en arrière et répétait la recherche.

III.1.F. Plan expérimental

Le plan expérimental est $\underline{S}_{32} * \underline{I}_6 < \underline{M}_2 * \underline{F}_3 >$, avec S pour les sujets, M la variable Mise en Page, F la variable Forme Syntaxique et I le nombre d’items par condition expérimentale (I est un facteur aléatoire), le plan d’analyse étant $\underline{S}_{32} * \underline{M}_2 * \underline{F}_3$. C’est un plan complet où tous les facteurs sont intra-sujets. Les différentes analyses de variance ont porté sur les mesures suivantes : durée totale des fixations par page, nombre de fixations par page, nombre moyen de stratégies d’exploration attendues (profils-types), position moyenne d’arrivée de l’œil sur le lien, probabilité de relecture des pages.

Les analyses oculométriques relatives au temps et au nombre de fixation, aux stratégies d’exploration et à la position d’atterrissage de l’œil n’ont pris en compte que les fixations « *first pass* » (fixations ne résultant que de la première lecture) de chaque page. Puisqu’il était possible que le sujet ait choisi un lien non correct par rapport à la tâche, certaines pages ont été visualisées plusieurs fois. Le fait de revoir une page déjà connue a très probablement influencé le choix de la stratégie d’inspection, et pour cette raison les passages supplémentaires n’ont pas été analysés. L’analyse des erreurs (relecture) a également été effectuée.

III.1.G. Hypothèses, attentes et prédictions

+ *Stratégies d'inspection oculaire attendues*

L'objectif était d'identifier des stratégies d'inspection oculaire mises en place par les sujets. Les pages utilisées pour l'expérience ont été subdivisées en 12 zones, correspondant aux 12 liens. Plusieurs stratégies théoriques d'inspection oculaire ont été supposées pour les colonnes et pour les lignes. Les figures 2 et 3 montrent les stratégies postulées pour les colonnes (codées C comme *columns*) et pour les lignes (codées R, comme *rows*), en visualisant leur « *scanpath* idéal »².

Insérer Figure 2

Figure 2 : les stratégies postulées pour les pages en colonne, nommées à partir d'en haut à gauche en sens horaire « U » « saccade », « ligne », « U inversée »

Figure 2 : strategies hypothesized for column pages, called from top left to right « U », « saccade », « row », « U inversed »

Insérer Figure 3

Figure 3 : Les stratégies postulées pour les pages en ligne, nommées à partir d'en haut à gauche en sens horaire « créneau » « saccade », « ligne », « zigzag »

Figure 3 : Strategies hypothesized for row pages, called from top left to right « crenel », « saccade », « row », « zigzag »

On peut remarquer que la stratégie « U » (C1) pour les colonnes et « créneau » (R1) pour les lignes sont visiblement les mêmes. La même considération peut être faite pour les stratégies « saccade » (C2 et R2) et pour la stratégie « ligne » (C3 et R3). La seule différence entre les colonnes et les lignes est la présence, pour les secondes, d'un nombre supérieur de *changements de directions* : par exemple deux saccades dans la stratégie R2, au lieu d'une seule pour l'équivalente C2. Similairement, le « U » de la stratégie C1 devient un créneau.

Puisque nous considérons que la position du mot-clé dans les liens hypertextuels (c'est-à-dire le mot qui caractérise chacun d'entre eux et qui est donc la « cible » des recherches proposées

aux sujets) peut affecter l'exploration visuelle, son positionnement à l'intérieur des phrases a été pris en considération. La répartition du mot-clé dans les phrases exclamatives (appelées « excl » en figure 4) et interrogatives (« quest ») est à peu près identique : il est respectivement positionné à la fin du lien dans 61 % et 69 % des cas. Au contraire, pour les déclarations le mot-clé tombe souvent au centre (36 %) et assez fréquemment vers le début du lien (début/centre 25 %), (voir figure 4).

Insérer Figure 4

Figure 4 : Répartition du mot-clé selon la forme syntaxique du lien hypertextuel.

Figure 4: Distribution of key word position according to the syntactic form of the hypertextual link (beginning, centre, end of phrase)

+ *Hypothèses Opérationnelles*

Nous avons formulé des hypothèses *globales* concernant les stratégies d'exploration de la page et des hypothèses *locales* concernant l'exploration de chaque lien hypertextuel. Pour les stratégies globales, nous formulons les hypothèses suivantes:

- H1 : nous nous attendons à une fréquence d'occurrence générale plus importante de stratégies en colonnes plutôt qu'en lignes, en se fondant sur les résultats de l'inspection de tableaux numériques obtenus par Sperandio et Bouju (1983) décrits précédemment. Le matériel que nous avons utilisé, les liens hypertextuels, présente des différences avec celui utilisé dans l'étude de Sperandio et Bouju, puisqu'il s'agissait d'une matrice carrée de chiffres. Cela nous amène à formuler des hypothèses plus spécifiques, liées à la mise en page des liens hypertextuels :
 - H1a : lorsque les liens sont disposés en colonne, les stratégies de type « colonne » (verticales) appelées C1 et C2 (qui présentent une exploration « en U » et une exploration « en saccade ») devraient être plus fréquentes ;

² Le *scanpath* correspond à la succession des fixations sur une page.

Mise en Page et Structure Syntaxique dans les Liens Hypertextuels

- H1b : lorsque les liens sont disposés en ligne, les stratégies de type « ligne » (horizontale) nommée R3 devraient être plus fréquentes, occasionnant un comportement de type lecture.

Pour les stratégies locales, nous formulons l'hypothèse suivante :

- H2 : nous pensons que la forme syntaxique des liens hypertextuels (déclarative, exclamative ou interrogative) devrait affecter le type de stratégie locale adoptée et en particulier la position d'atterrissage du regard dans chaque lien.

III.2. ANALYSES ET RESULTATS

Les analyses des mouvements oculaires se sont focalisées sur deux niveaux de détail différents: niveau global et niveau local. Les *analyses globales* se sont concentrées sur les stratégies d'inspection de la page, en considérant les différences induites par les deux mises en page (colonnes contre lignes). Les *analyses locales* ont, au contraire, étudié le déplacement de l'œil au niveau de chaque lien, pour vérifier les éventuelles différences dues à la forme syntaxique (déclarative contre exclamative contre interrogative). Les deux types d'analyses seront traités séparément.

III.2.A. Stratégie d'inspection globale sur la page

+ *Durée totale des fixations*

Sur cet indicateur, il n'y a aucun effet principal de la mise en page mais il y a un effet significatif de la forme syntaxique, $F(2;62)=8,14$; $p < .001$.

Insérer Figure 5

Figure 5 : Durée totale d'affichage (ms) en fonction de la forme syntaxique des liens

Figure 5 : Duration of page display (ms) in function of syntactical link's form

Les comparaisons planifiées indiquent que la durée d'affichage (et donc d'exploration) des pages en forme déclarative est significativement plus longue que celle des pages exclamatives et interrogatives, $F(1;31)=14,59$; $p < .001$.

+ *Nombre de fixations*

Pour mieux comprendre le phénomène mis en lumière par l'analyse du temps d'affichage (l'exécution des tâches sur les pages contenant les déclarations est plus lente que sur les pages contenant des exclamations ou des questions), nous avons analysé le nombre de fixations sur les liens de chaque type de page. Cette analyse confirme le résultat précédent, montrant un effet principale de la syntaxe, $F(2;62)=8,94$; $p < .001$. Cela signifie que les pages présentées en forme déclarative nécessitent un nombre significativement plus élevé de fixations pour accomplir la tâche que les pages présentées en forme exclamative ou interrogative. Ce résultat s'explique mieux en rapport avec la position du mot-clé cherché par les sujets et avec l'analyse de la position d'atterrissage de l'œil, traitées par la suite.

+ *Nombre moyen des stratégies d'inspection oculaire attendues*

L'analyse des occurrences des 4 types de stratégies prédéfinies a été effectuée en comptant le nombre de fois que ces stratégies ont été employées par les sujets pour trouver le lien-cible³. Cela a nécessité la mise en place du plan d'analyse suivant : $\underline{S}_{32} * M_2 * F_3 * T_4$, où T représente le type de stratégie. Le tableau 1 montre l'occurrence de chaque stratégie, pour les pages en colonnes, le tableau 2 pour les pages en lignes. Les figures 6 et 7 montrent des tracés enregistrés, qui représentent les stratégies les plus utilisées, C1 et R1.

Insérer Tableau 1

³ Les stratégies ont été identifiées en observant les 12 premières cases fixées par les sujets. Evidemment dans la plupart des cas on n'a pas observé le profil théorique mais seulement une partie ou une variante. Le seuil de tolérance pour définir un parcours comme faisant partie d'une stratégie a été défini comme un écart non supérieur à trois cases. Les totaux reportés tiennent compte des parcours idéaux, des cas avec moins de trois cases d'écart par rapport au parcours idéal et aussi des cas où la stratégie n'a été qu'amorcée. Dans le cas de stratégies amorcées la présence de certains « passages typiques » caractérisant la stratégie a été vérifiée grâce à un logiciel dédié.

Mise en Page et Structure Syntaxique dans les Liens Hypertextuels

Tableau 1 : Occurrences des stratégies pour les pages en colonnes

Table 1 : Instances of strategy in pages in columns

Insérer Tableau 2

Tableau 2 : Occurrences des stratégies pour les pages en lignes

Table 2 : Instances of strategy in pages in rows

Insérer Figure 6

Figure 6 : Exemple de stratégie C1, « U »

Figure 6 : Example of strategy C1, « U »

Insérer Figure 7

Figure 7 : Exemple de stratégie R1, « créneau »

Figure 7 : Example of strategy R1, « crenel »

Une première indication montre que le nombre de stratégies trouvées est plus important pour les liens disposés en colonnes qu'en lignes, $F(1;31) = 31,27$; $p < .001$, ce qui confirme notre première hypothèse. Le format colonnes induit ainsi l'adoption de comportements systématiques de recherche plus nombreux que le format lignes. L'analyse des stratégies employées montre une majorité de stratégies de type inspection en U, $F(3;93) = 6,36$; $p < .001$ aussi bien dans les pages en colonnes que dans les pages en lignes. La figure 8 montre en effet que le type d'exploration adopté le plus souvent est de type « vertical » (stratégies à U, à saccade et à U inversée) dans les deux types de pages : ce résultat infirme la prévision que l'organisation de la page en ligne induit un comportement d'exploration par lignes (« horizontal »). Le comportement dominant est toujours par colonnes. On peut en conclure que bien que la mise en page n'influence pas le type d'exploration (qui procède dans la plupart des cas verticalement, indépendamment du format de la page) elle peut

faciliter l'adoption d'une stratégie de recherche spécifique (plus facile à adopter dans le cas de la présentation en colonnes).

Insérer Figure 8

Figure 8 : Nombre moyen de stratégies adoptées pour les pages en lignes et en colonne

Figure 8 : Mean number of adopted strategies in pages in columns and in rows

De plus, la mise en page interagissait significativement avec le type de forme syntaxique des liens, $F(2;62) = 2,87$; $p < .05$. Quelle que soit la forme syntaxique, le format de page en colonnes provoquait plus de stratégies d'inspection que le format de lignes (MP / Déclaration, $F(1;31) = 6,29$; $p < .01$: MP / Exclamation, $F(1;31) = 10,09$; $p < .025$: MP / Question, $F(1;31) = 24,46$; $p < .001$) (voir figure 9).

Insérer Figure 9

Figure 9 : Interaction entre mise en page et forme syntaxique sur l'utilisation d'une stratégie

Figure 9 : Interaction between layout and syntactical form in adoption of a strategy for exploration of the page

III.2.B. Stratégies d'inspection locale sur les liens hypertextuels

Pour étudier les stratégies locales, nous nous sommes intéressés à la position d'arrivée de l'œil dans le lien ('*landing position*') lorsque le sujet découvrait pour la première fois la page ('*1st pass*'). Pour calculer la position d'arrivée, les liens ont été découpés en trois parties et l'on a repéré la position d'arrivée de l'œil par rapport à ce découpage (début, milieu, fin du lien).

+ *Position d'arrivée dans le lien*

Une première constatation qui corrobore les stratégies globales de recherche en colonnes vues précédemment montre que la position d'arrivée de l'œil lorsque la page était disposée en colonnes arrive plutôt vers la fin du lien comparée à la disposition en lignes ($F(1;31)=20,66$; p

<.001). Compte tenu que pour la plupart des liens l'information pertinente était située en fin de phrase (voir figure 4), cela suggère l'adoption par les sujets d'une stratégie optimale de recherche informationnelle qui orienterait le regard davantage vers la fin du lien et cette stratégie serait facilitée par l'organisation en colonnes. Plus important, cette position d'arrivée était différente selon le type de forme syntaxique ($F(2;62)=97,73$; $p <.001$) (voir figure 10). La position d'arrivée était plus proche du début du lien lorsque celui-ci était une déclaration et par contre plus proche de la fin lorsqu'il s'agissait d'une question (la forme exclamative ayant une position intermédiaire). L'écart entre chaque forme syntaxique était significatif, (D/E, $F(1;31)=106,25$; $p <.001$; D/Q, $F(1;31)=116,99$; $p <.001$; E/Q, $F(1;31)=15,71$; $p <.001$). Cela suggère que les déclarations, dans lesquelles la prévisibilité de la position du mot-clé n'était pas élevée, induisaient une stratégie locale de type lecture (Gauche → Droite) alors que les exclamations et les questions, dans lesquelles la position du mot cherché était quasiment connue a priori, entraînaient plutôt une stratégie de recherche sélective conduisant le sujet à repérer l'information pertinente en fin de liens. Cette information est importante car elle souligne, comme nous l'avions postulé, une adaptabilité du comportement de recherche oculaire en fonction de la forme syntaxique du lien hypertextuel.

Insérer Figure 10

Figure 10 : Position d'arrivée moyenne en fonction de la mise en page

Figure 10 : average eye's landing position in link's text in function of page's layout

+ *Probabilité de relecture*

La probabilité de relecture est un indicateur de la difficulté de la recherche du lien-cible, cette probabilité est calculée en comptant le nombre de relecture de la même page, généré par les erreurs de recherche.

On peut imaginer que l'adoption d'un comportement d'exploration organisé favorise le repérage du mot cherché et diminue par conséquent le nombre d'erreurs. Les analyses ont mis en lumière un effet significatif de la mise en page, $F(1;31)=16,24$; $p < .001$. Ce résultat confirme cette prévision car ce sont les pages en colonnes (qui favorisent une exploration systématique) qui présentent une probabilité de relecture significativement inférieure à celle des pages en ligne.

IV. CONCLUSIONS

Le résultat principal de cette expérience est d'avoir mis en lumière l'existence de stratégies d'inspection de pages électroniques et d'avoir identifié certains facteurs qui peuvent les affecter, tant au niveau global (séquence d'exploration des liens) qu'au niveau local (exploration à l'intérieur de chaque lien). Nous notons la présence d'une stratégie « dominante » consistant à inspecter visuellement la page de liens hypertextuels de haut en bas puis de gauche à droite (stratégie en colonne) que ceux-ci soient organisés en colonnes ou en lignes. En effet, quand les liens étaient rangés sur quatre lignes de trois liens chacune, ils étaient très souvent explorés comme s'il s'agissait de trois petites colonnes de quatre éléments. En particulier, une organisation des liens en lignes semble générer un *conflit* avec cette stratégie préférentielle d'exploration en colonne. Ce conflit a produit un effet au niveau de la facilité d'adoption d'une stratégie organisée de recherche visuelle (pages en lignes inspectées de façon moins systématique) aussi bien qu'au niveau de la probabilité de relecture de la page (probabilité plus élevée de se tromper et de cliquer sur un mauvais lien). A un niveau de détail plus fin, l'analyse de la position d'arrivée du regard dans les phrases permet de souligner la flexibilité du comportement d'exploration oculaire dans chaque lien, le regard s'adaptant à la forme syntaxique de la phrase.

La littérature dans le domaine de la recherche visuelle ne peut fournir des indications toujours adaptées aux particularités des liens hypertextuels qui possèdent une nature très complexe, mêlant les aspects visuels (graphismes) aux aspects linguistiques (langage) et à la réalisation des actions.

Mise en Page et Structure Syntaxique dans les Liens Hypertextuels

En ce qui concerne la disposition spatiale des éléments et aux stratégies adoptées pour les examiner, la recherche et la sélection de liens hypertextuels ne sont pas des comportements tout à fait comparables à la recherche de nombres dans un tableau (Sperandio & Bouju, 1983) car les aspects linguistiques et méta-linguistiques du matériel hypertextuel sont déterminants. En ce qui concerne la mise en page des liens, les travaux sur le processus de codage spatial des informations (voir, par exemple Baccino et Pynte, 1994) vont également constituer un point d'appui théorique. Ces travaux ont pris en considération le phénomène du codage spatial dans le cas de la lecture de mots isolés, phrases et textes, mais jamais des liens hypertextuels. Cependant, ils peuvent servir de source importante pour interpréter les résultats obtenus concernant les stratégies d'exploration et de sélection des liens. Une approche linguistique apparaît également fondamentale pour les expériences futures. Virbel (1986) souligne la portée performative de l'expression de certains aspects des structures textuelles. Il ne traite pas explicitement le cas des liens hypertextuels, mais il est probable que les considérations qu'il développe par rapport à la valeur « méta-discursive » du texte en tant que tel sont facilement applicables à notre cas et peuvent participer à la formulation de nos hypothèses, tout comme les notions de force illocutoire (Searle, 1975) et les maximes de communication définies par Grice (1975).

A l'heure actuelle, il n'existe pas de littérature spécifique sur l'ergonomie des liens hypertextuels, pas plus qu'une classification homogène de ce type de matériel, ce qui nous a poussé à en créer une, qui restera la base de départ pour les futures expériences. La perspective des recherches sera notamment d'identifier les caractéristiques optimales du lien hypertextuel en tant qu'« objet textuel », d'étudier les stratégies d'exploration des pages et de sélection des liens et d'identifier des profils oculaires typiques des sujets, par rapport au matériel utilisé. La méthodologie de l'enregistrement des mouvements des yeux sera un outil fondamental dans cette perspective.

La visée de cette première recherche expérimentale est donc exploratoire et d'autres expériences apparaissent nécessaires pour analyser les caractéristiques des liens hypertextuels, dans leur forme

standard-information aussi bien que dans les autres formes possibles (la forme *standard-action*, les liens *section* et les liens *commandes*). Celles-ci devront mieux étudier l'effet de la forme linguistique adoptée, pour comprendre si les stratégies d'inspection locale sont influencées par les caractéristiques visuelles du texte (position du mot-clé) et/ou par ses caractéristiques syntaxiques. Les prochains travaux prendront en compte également l'effet du « scénario » dans lequel la recherche d'information est effectuée (réalisation de tâches dans un contexte de « navigation sur Internet » ou dans un contexte qui ne rappelle pas Internet) pour vérifier si l'adoption de stratégies particulières est présente.

L'optimisation de ce matériel n'a pas seulement un intérêt théorique et fondamental en Psychologie Cognitive, mais elle contribue aussi largement à l'optimisation de l'Interaction Homme-Machine. Parmi les applications possibles de l'ergonomie des interfaces Homme-Machine, l'optimisation des liens hypertextuels est particulièrement importante dans des contextes comme l'enseignement à distance. L'enseignement à distance (*E-Learning*), considéré comme un domaine émergent de d'Internet, permet d'envisager une évolution dans la façon de considérer l'apprentissage. Cependant, il ne pourra se développer que dans un contexte dans lequel l'ergonomie de l'interface est performante. La personne qui doit se servir de cet outil pour suivre une formation dans un domaine spécifique doit pouvoir se concentrer sur le *contenu* de l'enseignement et non sur le *moyen* qui rend cela possible. Il est donc nécessaire que les liens hypertextuels, qui constituent à la fois une partie du contenu et aussi le système qui permet le déplacement à l'intérieur du site, soient conçus à partir de considérations théoriques spécifiques et fiables.

Une autre application possible de ces études, qui découle de l'identification de profils d'inspection oculaire des utilisateurs, est l'amélioration des « systèmes de recommandations ». Il s'agit de fournir aux utilisateurs d'Internet des aides en Temps Réels permettant une recherche d'information plus efficace. L'analyse du comportement des utilisateurs et la conception de systèmes de recommandations adaptatifs nécessitent une approche multidisciplinaire, qui intègre les connaissances ergonomiques et informatiques. Ce genre d'application devient de plus en plus

important, car Internet se développe très rapidement, complexifiant la recherche d'informations. Pouvoir donc organiser la « charge informationnelle » des pages de la façon la plus adaptée au type de recherche visuelle des utilisateurs permettrait aux sujets de saisir le contenu (celui présent dans la page et celui proposé comme aide) plus rapidement et plus facilement.

Remerciements

Nous tenons à remercier S. Denis, développeur informatique du laboratoire LPEQ et F. Lavigne pour leur aide précieuse.

T. Colombi tient également à remercier la Faculté de Médecine de l'Université des Etudes de Milan, qui lui a permis de bénéficier d'une Bourse de Perfectionnement à l'Etranger durant l'année 2000/2001.

BIBLIOGRAPHIE

- Baccino T., & Colombi T. (2001). L'analyse des mouvements des yeux sur le Web. In A. VomHofe (Ed.), *Les Interactions Homme-Système : perspectives et recherches psycho-ergonomiques* (pp.127-148). Paris: Hermès.
- Baccino, T., & Pynte, J. (1994). Spatial coding and discourse models during text reading. *Languages & cognition processes*, 9, 143-155.
- Grice, H.P. (1975). Logic and Conversation. In P. Cole & J. Morgan (Eds.), *Syntax and Semantics : vol.3 Speech Acts* (pp. 41-58). New York: Academic Press.
- Kako, E., & Wagner, L. (2001). The semantic of syntactic structures. *Trends in Cognitive Science*, 5, 102-108.
- Muter, P., & Maurutto, P. (1991). Reading and skimming from computer screens and books: The paperless office revisited? *Behaviour & Information Technology* 10, 257-266.
- Otter, M., & Johnson H. (2000). Lost in Hyperspace: metrics and mental models. *Interacting with Computers*, 13, 1-40.
- Schmid, S., & Baccino, T. (2001). Stratégies de lecture pour des textes à consigne. *Langages*, 141, 105-124.

- Searle, J.R. (1975). A taxonomy of illocutionary acts. In Gunderson, K. (Ed.), *Language, Mind and Knowledge* (pp. 344-370). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Sperandio, J-C., & Bouju, F. (1983). L'exploration visuelle de données numériques présentées sur écran cathodique. *Le Travail Humain*, , 46, 49-63.
- Tricot, A. (1993). Ergonomie cognitive des systèmes hypermédia. *Communication présentée au Colloque de Prospective « Recherches pour l'Ergonomie »*, CNRS PIR Cognisciences (pp. 115-122). Toulouse, Nov.
- Tricot, A., Delange, B.D., El Boussarghini, R., & Foucault, B. (2001). Quels savoir-faire les utilisateurs réguliers du Web acquièrent-ils ? In A.VomHofe (Ed.), *Les Interactions Homme-Système : perspectives et recherches psycho-ergonomiques* (pp. 93-115). Paris : Hermès.
- Virbel, J. (1986) Langage et Métalangage dans le Texte du Point de Vue de l'Édition en Informatique Textuelle, *Cahiers de Grammaire*, 10, 5-72.

RESUME

Cet article analyse le comportement de recherche visuelle et de sélection des liens dans les documents hypertextuels. Une classification des liens hypertextuels, constituant le moyen le plus utilisé de déplacement dans les pages électroniques, est proposée prenant en compte les aspects visuels et les caractéristiques linguistiques des liens. Compte tenu de cette classification, nous analysons la sélection des liens hypertextuels « standard-information ». L'expérience décrite prend en considération les effets de la mise en page (colonnes ou lignes) et de la forme syntaxique (phrases en forme déclarative, exclamative ou interrogative) et leur influence respective sur l'inspection oculaire d'une page électronique dans une tâche de recherche d'information. Plusieurs profils d'exploration visuelle sont identifiés grâce à l'enregistrement des mouvements des yeux, en particulier des stratégies d'exploration globales (sur l'ensemble de la page) et des stratégies de recherche sélectives locales (sur chaque lien).

Mots-clé : Recherche Visuelle, Hypertexte, Stratégies Oculaires, Mise En Page, Lecture Sur Ecran.

Figure 1

Le lien relatif à la page du **championnat D1 et D2** est censé mener sur une page où l'on peut trouver, parmi d'autres choses :

les résultats des matchs de football

Je suis d'accord

Non, le contenu le plus adéquat est.....

Figure 2

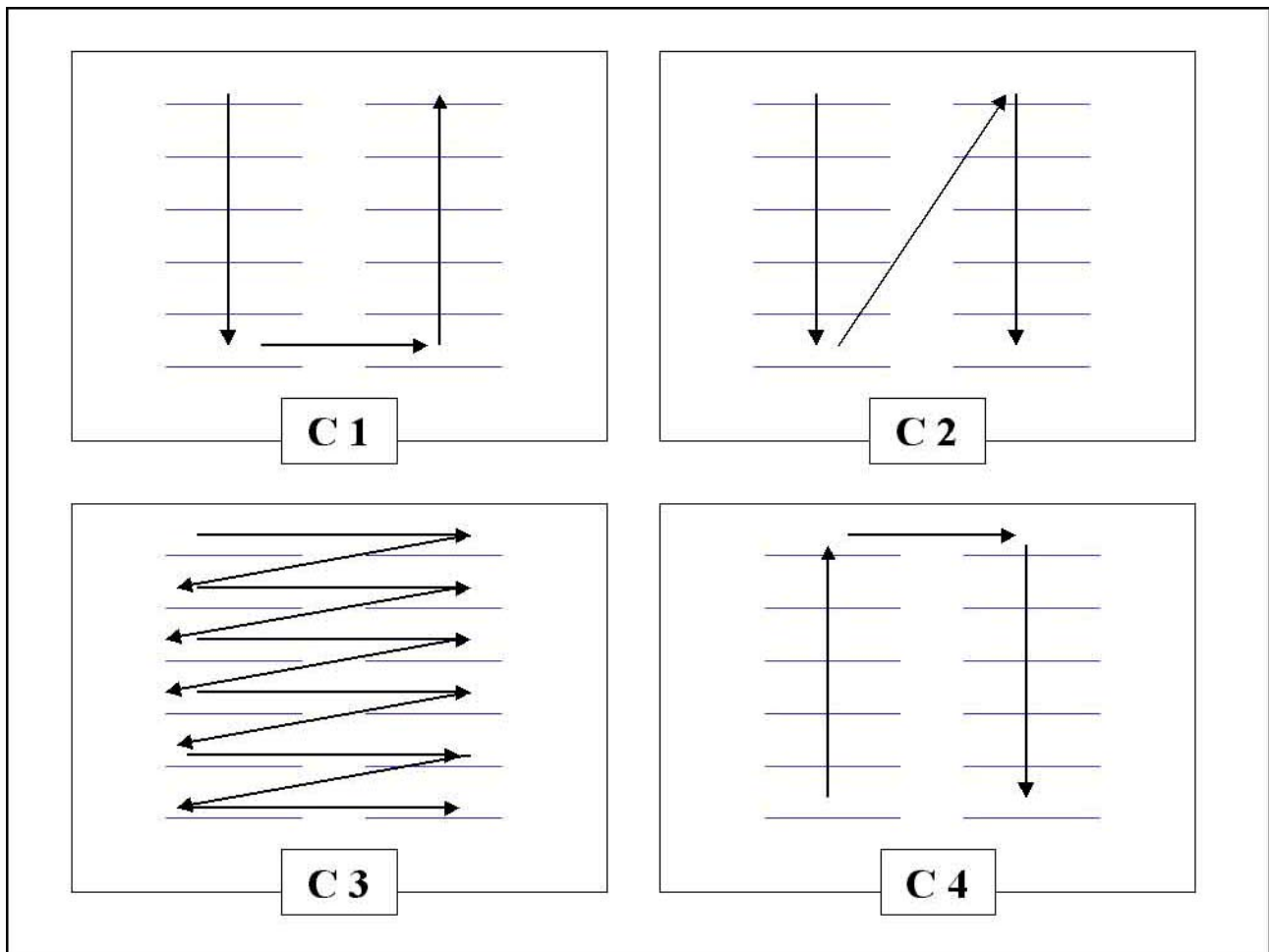


Figure 3

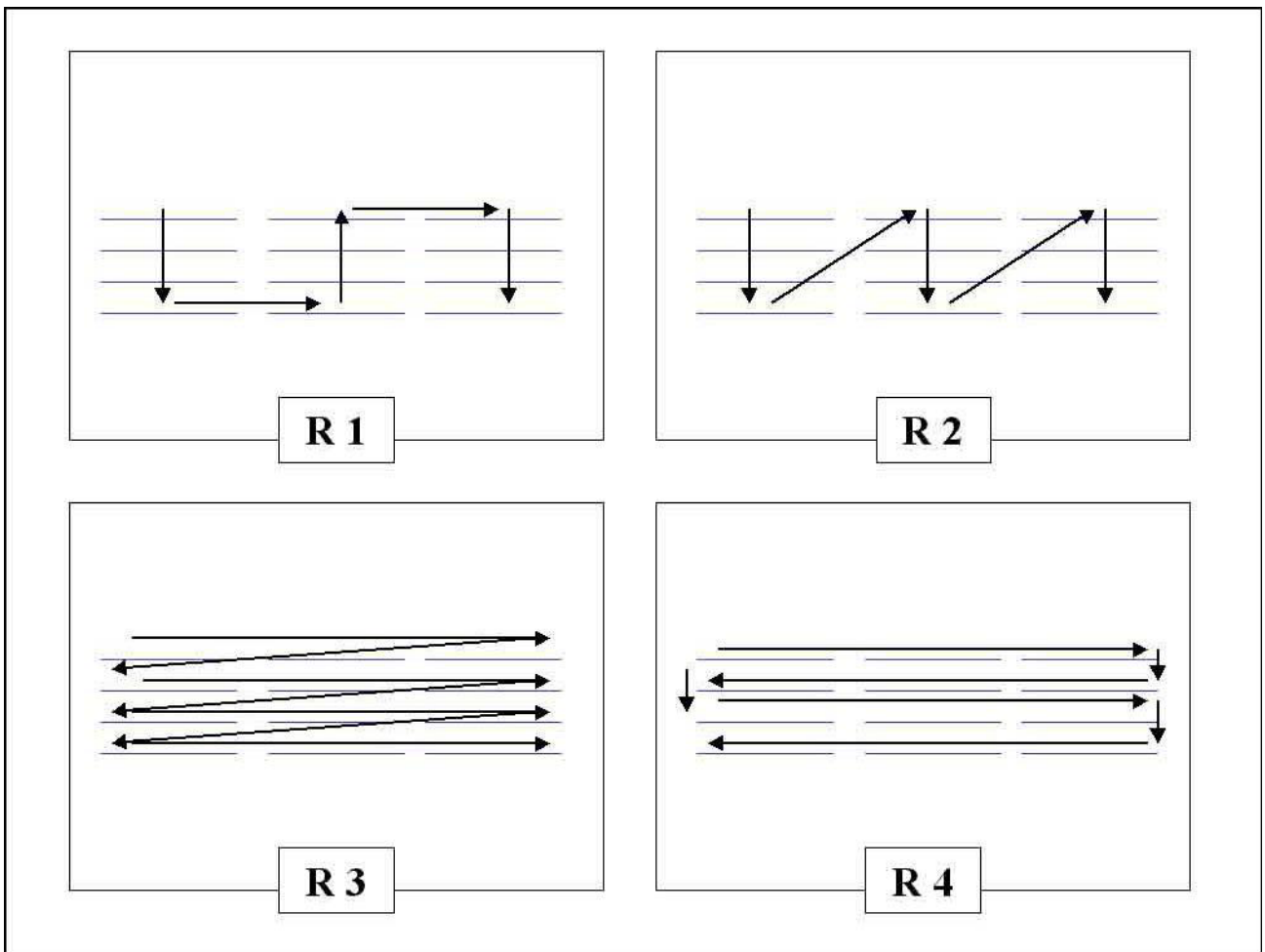


Figure 4

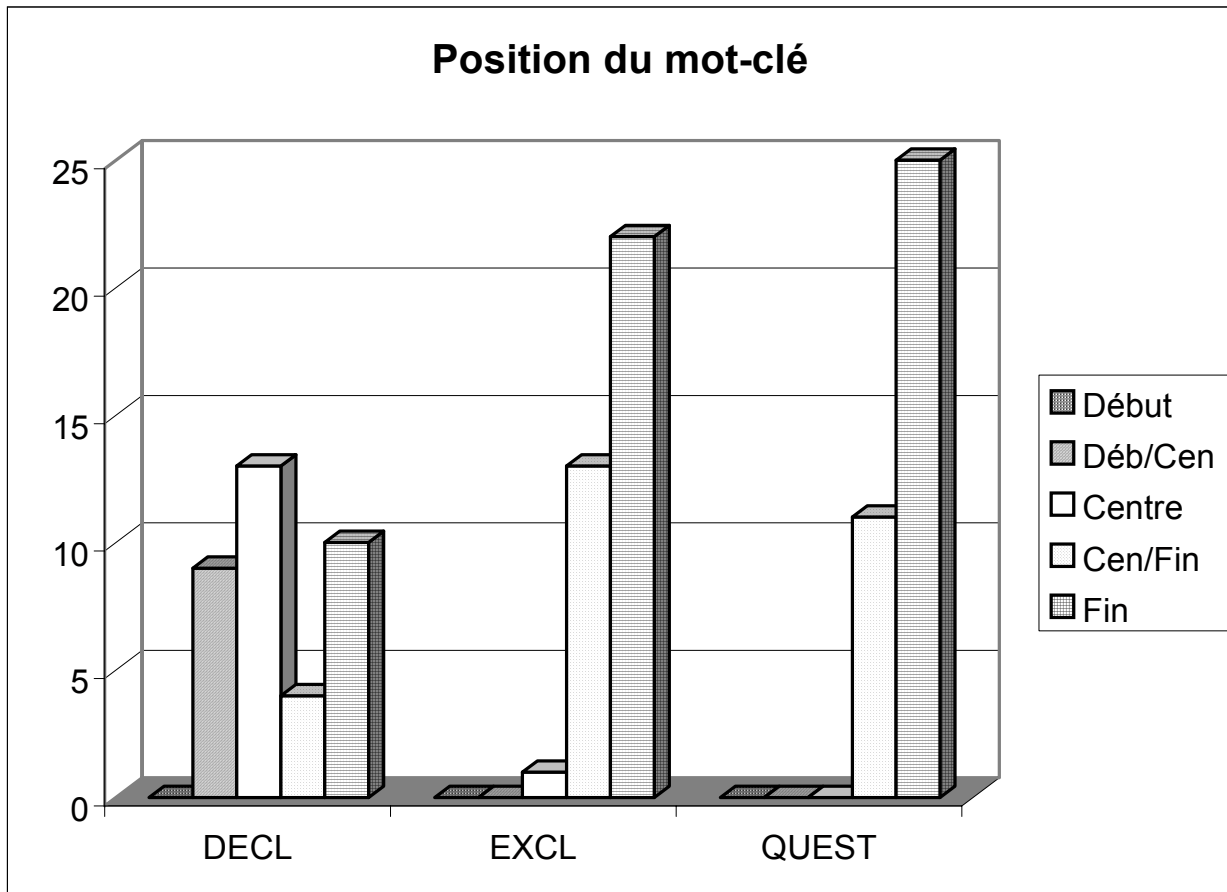


Figure 5

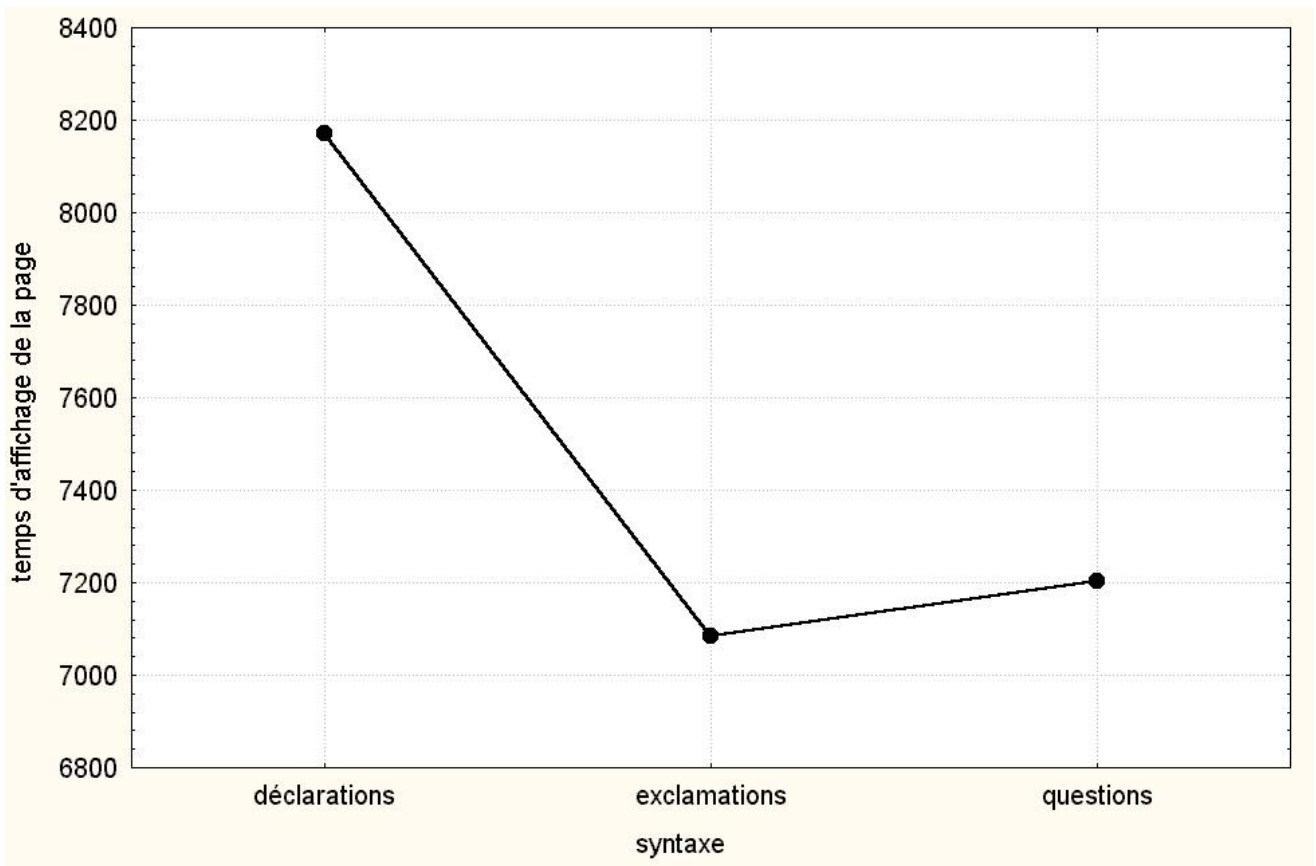


Figure 6

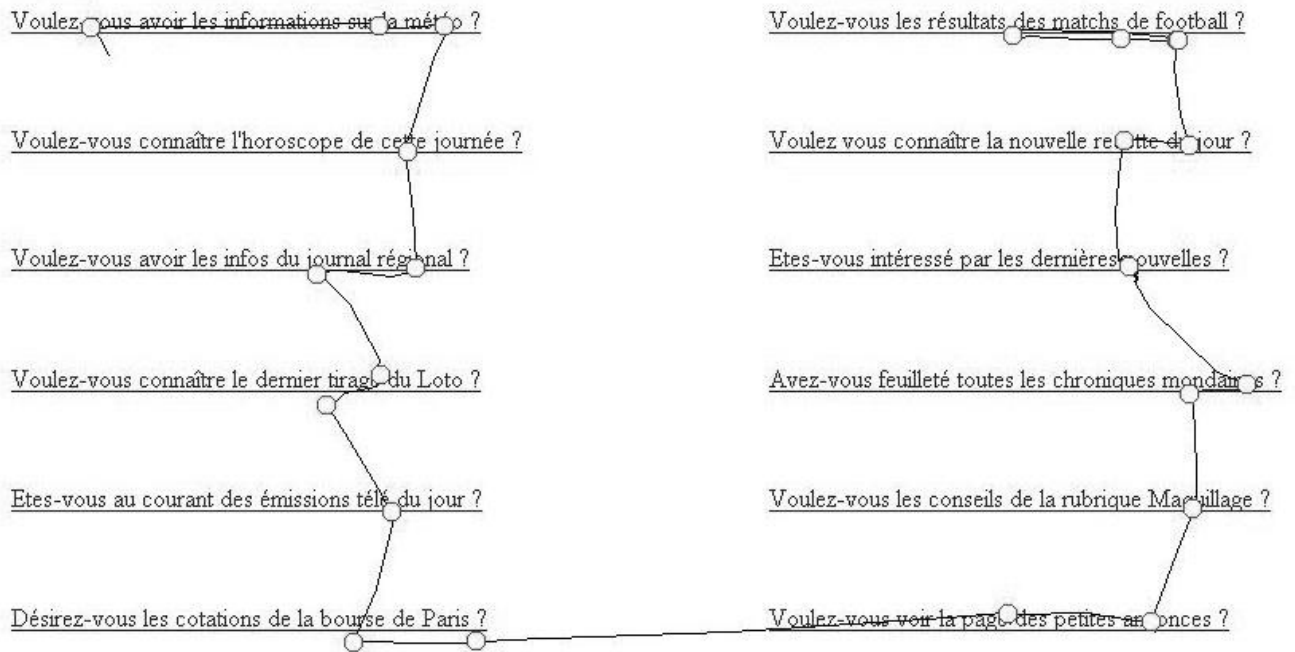


Figure 7

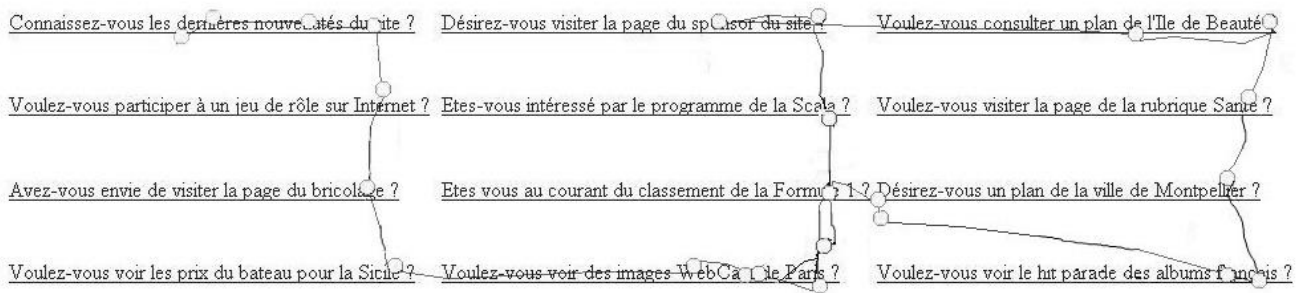


Figure 8

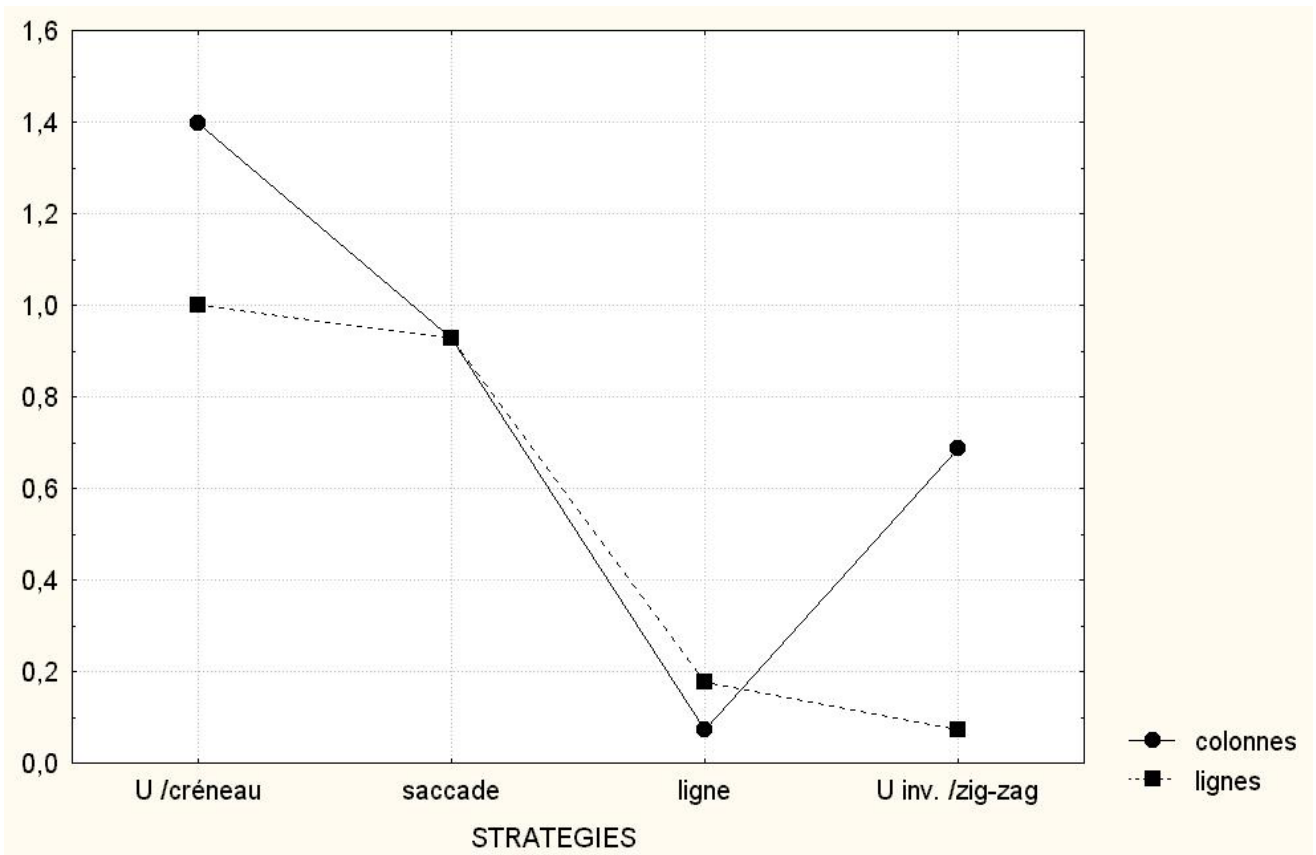


Figure 9

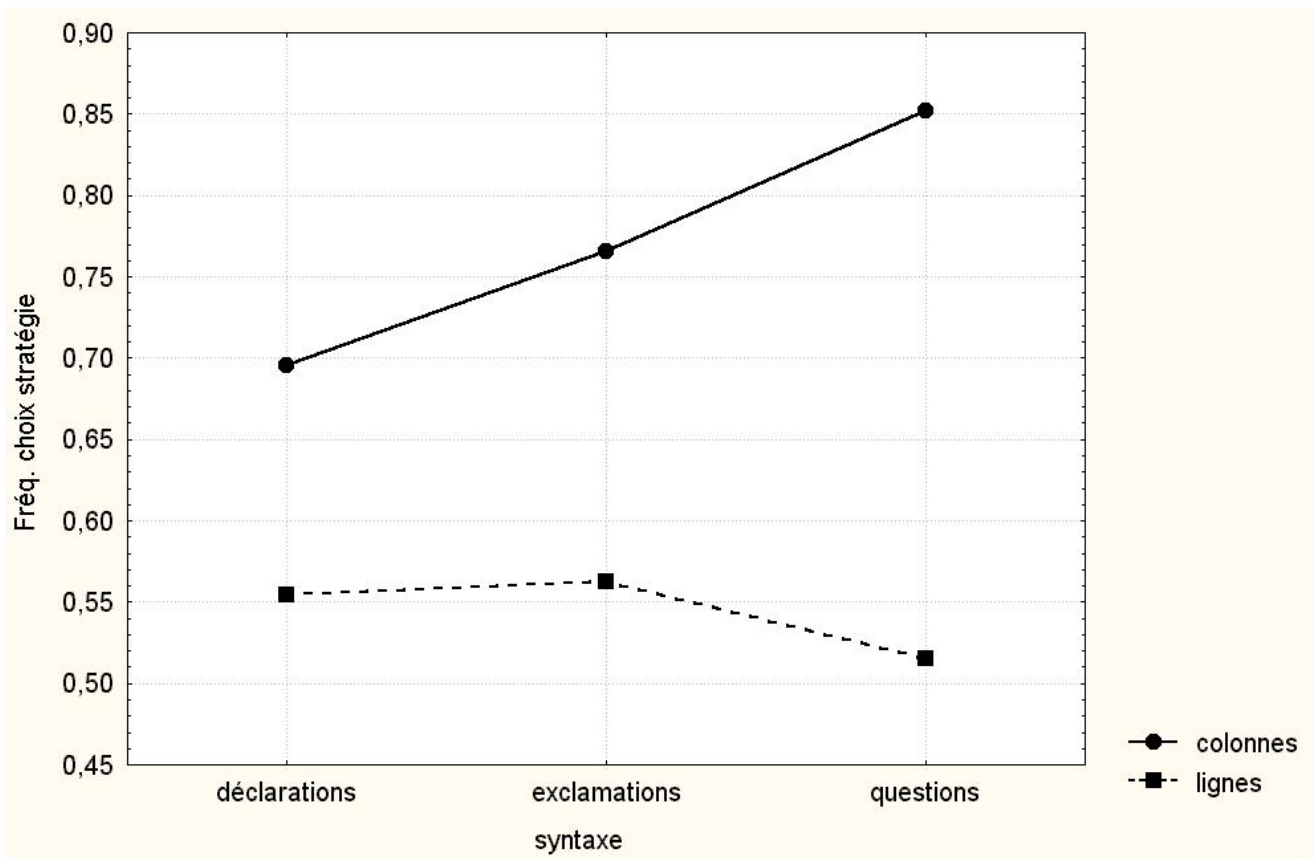


Figure 10

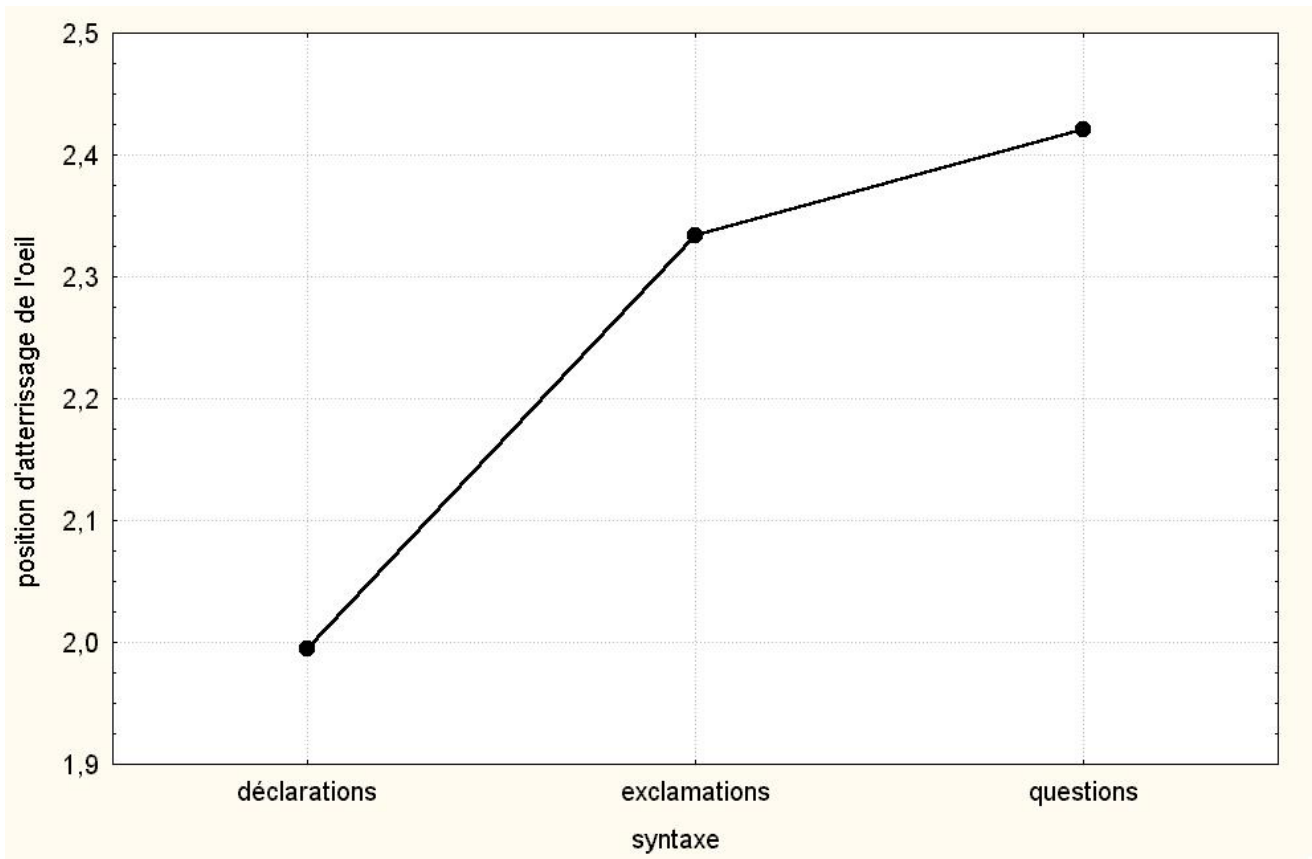


Tableau 1

Code	Nom de la stratégie	Occurrence
C1	U	122
C2	saccade	87
C3	ligne	7
C4	U inversée	65
TOT		281

Tableau 2

Code	Nom de la stratégie	Occurrence
R1	créneau	92
R2	saccade	87
R3	ligne	17
R4	zigzag	6
TOT		202