

Le Eye Tracking sur sites Web : théorie et case study

Teresa Colombi, Aurore Russo

1 Introduction : l'apport de l'analyse des mouvements des yeux à l'ergonomie du web

1.1 Intérêt de l'enregistrement des mouvements oculaires

Parmi toutes les méthodes utilisées habituellement en Ergonomie cognitive, nous avons choisi de présenter dans ce chapitre une des techniques les plus innovantes et à la pointe : le pistage des mouvements oculaires, ou Eye Tracking. Cette technique fournit au psychologue cognitif un pistage en temps réel de l'activité cognitive des utilisateurs. En termes d'ergonomie des IHM, cela permet d'obtenir de précieuses informations sur l'utilisabilité de l'interface testée et son adéquation par rapport au public cible.

Depuis plus d'un siècle les mouvements des yeux sont étudiés et utilisés en tant qu'indicateurs des processus cognitifs des êtres humains. La première étude marquante dans ce domaine est celle réalisée en 1967 par Yarbus, qui publia les tracés relatifs à l'exploration visuelle du tableau « le visiteur inattendu » [YAR 67]. Ces tracés (dont des exemples sont montrés en Figure 1) permettent de remarquer d'importantes différences dans le temps d'exploration alloué par l'observateur aux différentes zones de l'image. Ces différences observables parmi les tracés sont dues aux tâches proposées à l'observateur. Elles permettent de voir comment les mouvements oculaires obéissent aux stratégies cognitives adoptées par l'observateur en vue de répondre correctement à chaque question posée.

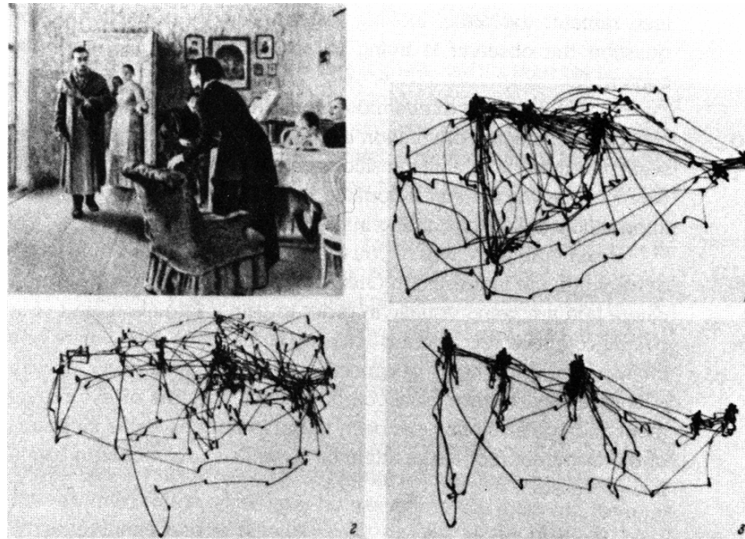


Figure 1 : tracés tirés de [YAR 67].

La plupart des questions testées ces trente dernières années concernent la nature des mécanismes et des représentations cognitives qui guident le regard dans la lecture de textes. Ensuite, l'analyse des mouvements des yeux a servi à examiner d'autres tâches cognitives comme l'inspection de scènes visuelles [HEN 98], la télévision [DYD 89], la résolution de problèmes arithmétiques [HEG 92] et la lecture de partitions musicales [SER 99]. L'« eye tracking » a été également employé dans différents contextes industriels pour évaluer par exemple le comportement des conducteurs [CHA 98] ou des pilotes aéronautiques [SVE 97], ou encore pour estimer l'impact des publicités [LOH 97].

1.2 Application de l'Eye Tracking pour l'étude des interfaces Web

L'analyse des mouvements des yeux fournit un ensemble de mesures objectives et relativement directes des processus cognitifs engagés lors de la recherche d'informations sur le web ou la compréhension d'un document. Cette « technique transparente » [WEI 91] permet de connaître les déplacements du regard (et ainsi l'attention de l'utilisateur) et de tracer le décours temporel des opérations cognitives. Cette technique permet ainsi de repérer les difficultés de compréhension, de mettre en exergue les « défauts ergonomiques » de l'interface (informations non suffisamment mises en valeur, par exemple) ainsi que d'étudier les stratégies cognitives de l'utilisateur. Néanmoins, elle nécessite un protocole expérimental suffisamment strict pour que l'ergonome puisse être capable d'inférer le fonctionnement cognitif à partir de la mise en correspondance du contenu du matériel inspecté visuellement et des traces enregistrées de l'activité oculaire.

Dans une série de travaux, Goldberg et coll. [GOL 95; GOL 98] ont identifié un ensemble d'indicateurs oculaires qui peuvent servir à l'évaluation de l'utilisabilité des interfaces Web. Ils distinguent les indicateurs reflétant les processus de recherche d'information des indicateurs qui rendent compte du traitement de l'information, les premiers étant surtout des traces spatiales du déplacement du regard alors que les seconds dénotent des durées de traitement (voir tableau 1).

Processus Cognitif	Mesures Oculaires	Unités de mesure
Recherche d'information	Nombre de saccades Taille moyenne des saccades Longueur du <i>scanpath</i> Durée du <i>scanpath</i> Densité de Transition Aire convexe de Hull Densité spatiale	N Pixels Pixels Msec % Pixels ² %
Traitement de l'information	Durée des fixations Nombre de fixations	Msec N

Tableau 1. Liste des mesures oculaires fournies par [GOL 95].

Cette technique est de plus en plus employée dans le contexte de l'utilisabilité grâce aussi aux progrès de la technologie permettant l'enregistrement [BAC 01]. Pour l'étude de l'utilisabilité des interfaces il est, en effet, impératif que les participants se sentent à l'aise et qu'ils se comportent de la façon la plus naturelle possible, comme ils le feraient devant la même interface en dehors du contexte expérimental. Il est donc important de disposer d'un oculomètre très discret et peu contraignant, pour que l'appareillage « se fasse oublier » et que les sujets puissent se concentrer sur les tâches données par l'ergonome. Les systèmes comme le Tobii[®] 1750 utilisé dans l'étude que nous présentons ci-dessous correspondent à ces pré-requis de convivialité pour les participants.

2. Un cas concret d'évaluation d'un site web

2.1 Problématique de l'intervention

Generali, grand groupe international dans le domaine des assurances, possède plusieurs sites Internet. L'un des enjeux de ces sites, au-delà de la visibilité qu'ils doivent apporter au groupe, est la souscription de contrats en ligne. Pour cela, il est fondamental que l'ergonomie des sites soit irréprochable, afin de permettre au plus grand nombre de personnes

de trouver les informations nécessaires et de suivre la procédure de souscription jusqu'au bout. Generali s'est donné les moyens d'atteindre ces objectifs, en embauchant un Ergonome Sénior, fort de plusieurs années d'expérience dans la validation des interfaces Web. Bien que les notions et critères ergonomiques avancés par cet expert aient permis de mettre en place des interfaces particulièrement centrées sur les besoins des utilisateurs finaux, la validation du site e-novline, l'un du groupe, nécessitait un recueil de données objectives et précises quant au comportement des utilisateurs (la figure 2 montre sa page d'accueil). En effet, l'ergonome de Generali souhaitait disposer d'un appui fort, pouvant conforter ses hypothèses quant aux améliorations nécessaires à apporter à ce site. E-novline est un site particulier, à la fois à cause de son contenu (une offre spécifique d'assurance vie), et à la fois à cause de sa conception (utilisant des technologies de type Web 2.0¹ dans ses pages). Les objectifs de l'intervention étaient ainsi multiples :

- Vérifier la bonne compréhension du langage et du contenu du site
- Analyser le comportement d'exploration visuelle de la page d'accueil
- Mettre en lumière les problèmes d'ergonomie de la procédure de souscription
- Comparer ces performances à celles obtenues sur un site concurrent



Figure 2 : la page d'accueil du site e-novline.fr

¹ Par Web 2.0 on entend les sites Internet construits en utilisant des technologies telles que Flash, Flex ou Ajax. Ces technologies permettent une plus grande interactivité de l'utilisateur avec les contenus et permettent aux pages d'être plus dynamiques que sur un site web classique (le clic sur une information peut, par exemple, déclencher l'affichage d'un graphique spécifique en temps réel).

2.2 Méthodologie

En étroite collaboration avec l'ergonome du groupe Generali, nous avons mis au point une méthodologie capable de répondre à ces différentes attentes. L'eye tracking étant une technique que l'on n'emploie pas de façon isolée, le protocole prévoyait plusieurs formes de recueil de données, complémentaires entre elles. En effet, si l'eye tracking nous fournit des données concernant l'efficacité (degré d'accomplissement des buts pré-fixés) et l'efficacité (temps passé sur les pages, erreurs, pertes de temps) de l'exploration visuelle des participants, il ne fournit aucune indication quant à la facilité de mémorisation des informations visualisées ou quant à la satisfaction des participants. Le protocole ainsi bâti incluait 8 étapes :

- Questionnaire pre-test
- Tâche 1: découverte libre du site
- Tâche 2: demande de documentation en ligne
- Tâche 3: trouver les frais de gestion des contrats e-novline
- Tâche 4: faire une demande de souscription en ligne
- Tâche 5: faire une demande de souscription en ligne sur un site concurrent
- Questionnaire post-test
- Évocation par le dessin² de la page d'accueil e-novline

L'oculomètre a été démarré pendant les étapes réalisées sur l'interface (tâches de 1 à 5).

Dix participants ont pris part à ce test. Ils avaient été sélectionnés sur la base de plusieurs critères, afin d'obtenir un échantillon représentatif de la population cible du site e-novline. Tous étaient habitués à naviguer sur Internet, ils étaient dans des tranches d'âge représentatives du public intéressé par ce type d'offres (une seule personne avait 33 ans, les autres étant tous au dessus de 40 ans) et la moitié disposait déjà d'une assurance vie. Puisque l'objectif du test était la mise en exergue des problèmes d'ergonomie du site et non pas la validation expérimentale d'hypothèses fondamentales, un échantillon de 10 personnes était amplement suffisant [NIE 93]. En raison du nombre limité de participants, par contre, il n'a pas été possible de procéder à des analyses statistiques inférentielles (telles que l'ANOVA), mais seulement à des statistiques descriptives (moyennes, écarts-type, pourcentages).

² La technique des évocations consiste à demander aux participants, après avoir interagi avec le site, d'en dessiner certaines pages, comme par exemple la page d'accueil. Le but de cette technique est de voir quels éléments sont gardés en mémoire par le sujet après l'interaction et comment ils sont représentés. Pour plus de détails voir [BAC 05].

2.3 Principaux résultats

Nous allons décrire brièvement les principaux résultats relatifs à certaines étapes du test, mis en lumière via l'enregistrement des mouvements oculaires, mais également grâce au recueil d'autres données via le questionnaire post-test et les évocations par le dessin.

Tâche 1 : découverte libre du site

Il est connu qu'en très peu de temps (une dizaine de secondes à peine, en moyenne), le visiteur d'un site web se fait une idée des contenus du site qu'il visite, de son intérêt pour lui et décide de poursuivre son exploration ou de l'abandonner (chose qu'il peut faire d'un simple clic de souris). Les enjeux de la première visite à (sur) la page d'accueil sont donc énormes et tout se joue en une poignée de secondes. La page d'accueil doit ainsi donner rapidement un bon aperçu des contenus traités dans le site et proposer des moyens de navigation clairs afin de les atteindre [NIE 02] si on veut avoir une chance de motiver l'internaute à poursuivre sa visite du site (et, le cas échéant, souscrire un contrat d'assurance vie).

L'analyse des explorations de cette page, lors de la tâche « découverte libre », révèle des informations intéressantes quant aux éléments ayant attiré l'attention des internautes. La Figure 2 représente les zones fixées pendant cette tâche sous forme de « carte de chaleur ». Les zones les plus fixées sont représentées par des taches « chaudes », dans les couleurs du jaune et du rouge, selon le principe thermique. Les petits symboles représentant une souris indiquent les clics (les utilisateurs étaient libres de choisir un lien, s'ils le souhaitaient). Si l'on décompose cette image en AOI (Areas of Interest), on peut observer les zones les plus observées ainsi que la séquence de l'exploration visuelle des participants. Les analyses ainsi conduites révèlent que plusieurs zones attirent l'attention visuelle (en particulier tous les onglets et boutons, car l'internaute sait qu'ils permettent de naviguer et souhaite donc prendre connaissance de leur intitulé qui en indique la destination), que le logo e-novline (peu évocateur) n'est quasiment pas fixé (ce qui est à notre avis un point négatif, l'internaute ayant besoin d'être rassuré par l'image de marque de la société dont il visite le site) et que le premier clic se concentre sur l'onglet « l'assurance vie » (le premier des onglets) et sur « investir votre épargne » (le premier des encarts au milieu de la page). Ces comportements de navigation sont classiques : l'utilisateur a en effet tendance à choisir le premier des éléments « parlants » qu'il rencontre visuellement, d'où l'intérêt de positionner de façon stratégique les contenus que le site souhaite mettre en valeur. Le cas échéant, personne n'a choisi de cliquer sur l'élément du menu de gauche « souscrire en ligne », pourtant mis en exergue par une couleur différente des autres. L'analyse par AOI révèle que la zone la plus fixée est le centre de l'écran

(très imposant, avec ses 4 encarts accompagnés d'éléments visuels). Cette même zone est également la première AOI qui attire l'attention. En positionnant ici un accès à la souscription, on lui aurait ainsi donné plus de chances d'être vu en premier, d'être observé plus longtemps et d'être cliqué.



Figure 3 : carte de chaleur relative à la tâche 1 et décomposition en AOI

Tâche 4 : faire une demande de souscription en ligne

La tâche clé de ce test utilisateurs était bien sûr la tâche de souscription en ligne. L'ergonome de Generali tenait particulièrement à son étude par Eye Tracking, car il était persuadé de sa difficulté excessive. La souscription sur ce site comporte en effet une dizaine d'étapes, plusieurs d'entre elles renfermant des pièges pour l'utilisateur (formulaires trop complexes, cases à cocher peu visibles, choix difficiles à comprendre). Comme pour toutes les tâches, nous avons recueilli des données concernant l'efficacité et l'efficacité des utilisateurs dans son exécution. Les résultats sont sans appel : seulement 1 d'entre eux a réussi à arriver au bout de la procédure sans aide de la part de l'ergonome (les autres ayant été aidés, on considère qu'ils ont échoué. L'expérimentateur les a tout de même guidés afin de permettre le recueil de données utilisateurs à tous les stades du processus). Quant à l'efficacité, le temps moyen d'exécution a été de 31 minutes, à cause des difficultés rencontrées. Nous en détaillerons ici quelques-unes. Tout d'abord, le repérage du bon lien afin de démarrer la procédure. Les données oculaires montrent que bien que le bouton « souscrire » soit visuellement saillant (d'une autre couleur que les autres), il n'est pas forcément vu tout de suite et plusieurs personnes l'ayant fixé n'hésitent pas à parcourir le reste de la page afin d'être sûres de leur choix avant de cliquer. Le gazeplot (représentation

visuelle de tous les parcours visuels des utilisateurs sur la page d'accueil, sur laquelle démarrait la tâche) de la Figure 4 le montre clairement.

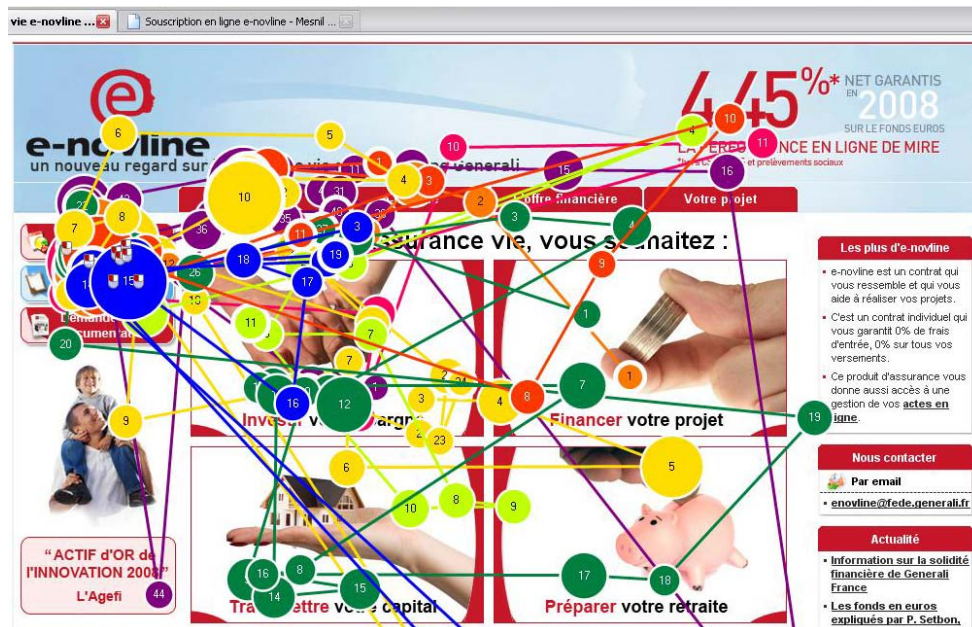


Figure 4 : gazeplot sur la page d'accueil, tâche 4

Cette difficulté de repérage est d'autant plus frappante que les utilisateurs n'en étaient pas à la première visite de la page d'accueil, déjà vue à plusieurs reprises dans les tâches précédentes.

Un deuxième passage difficile pour les participants au test a été la validation des étapes préalables à la souscription proprement dite. En effet, pour des raisons légales évidentes, avant de s'engager en signant un contrat, l'utilisateur doit prendre connaissance d'un certain nombre de documents. Le site prévoit ainsi des contrôles, empêchant d'avancer dans la procédure tant que plusieurs documents (deux fichiers en format Pdf et un formulaire à remplir en ligne) n'ont pas été téléchargés. Ceci est bien sûr normal, mais l'ergonomie de la page et des messages d'erreur qui s'affichent lorsque l'utilisateur tente d'avancer sans avoir ouvert les éléments en question a posé de sérieux problèmes aux participants. Comme on peut le voir en Figure 5 (représentant le gazeplot d'un utilisateur en particulier, sur la page telle qu'elle apparaît suite à une action utilisateur non permise), les messages d'erreur indiquant la nécessité de réaliser des actions préalables avant de poursuivre ne sont pas assez visibles. D'une part, ils sont écrits en rouge : il s'agit de la couleur classique pour ce type de messages, mais dans le cas d'e-novline, elle se trouve « noyée » dans la couleur de base de la charte graphique du site, qui est justement le rouge. D'autre part, comme on le voit bien dans

le gazeplot, les messages en question n'apparaissent pas là où l'utilisateur serait susceptible de les voir, autrement dit, près de l'aire cliquée. Le regard de l'utilisateur, désorienté, commence ensuite à chercher partout dans la page, mais sans remarquer les trois petites lignes qui sont venues s'afficher tout en haut de la page (indiquées dans la Figure par la flèche).



Figure 5 : gazeplot sur la page « comment souscrire un contrat e-novoline »

Les raisons des difficultés dans la réalisation de cette tâche sont multiples :

- Le manque d'expertise des utilisateurs (même ceux ayant une assurance vie) vis-à-vis du langage employé, qui était tout de même assez technique et spécifique (le site ne fournissant pas de glossaire ou autre forme d'aide)
- Les erreurs d'ergonomie « de surface », comme la position et la visibilité des messages d'erreur décrites ci-dessus
- Une mauvaise organisation globale des différentes étapes de la procédure de souscription (qui a fait donc l'objet d'une série de recommandations de refonte en profondeur)
- Les problèmes dus à la technologie Web 2.0 employée tout au long de la procédure : les temps de réaction du site étaient trop longs suite à des actions simples telles que cocher une option dans un formulaire. Le site ne répondant pas immédiatement, les utilisateurs ont souvent pensé que leurs clics n'étaient pas pris en compte ou qu'il y avait un souci, ce qui les a poussés à changer leurs choix, avec les conséquences désastreuses que l'on peut imaginer

Suite à la réalisation du test, nous avons proposé deux types de recommandations, les unes pour corriger les problèmes de surface, les autres pour ceux plus profonds. Elles sont décrites dans le paragraphe 3.

Evocation par le dessin de la page d'accueil e-novline

Les évocations sont une technique rapide et très simple pour obtenir des informations concernant les éléments d'une page qui ont été compris (et donc retenus). Les éléments qui n'ont pas été compris et ceux que l'utilisateur n'a pas jugé utiles ou pertinents pour lui disparaissent purement et simplement de sa mémoire et ne sont donc pas représentés dans les croquis que l'on demande aux utilisateurs en fin de test. Les évocations permettent en outre de voir si les éléments sont dessinés au bon endroit (si ce n'est pas le cas, cela signifie que l'endroit choisi dans l'interface n'est pas celui que l'utilisateur considère normal pour ce contenu), si les labels sont corrects, si les images ont frappé l'utilisateur. Le couplage avec l'eye tracking permet enfin de faire la distinction entre les éléments qui n'apparaissent pas dans les dessins car ils n'ont jamais été observés et ceux qui n'y figurent pas en dépit de nombreuses fixations (ce qui témoigne d'un problème de compréhension).



Figure 6 : l'évocation de l'un des participants

Les dessins faits après l'interaction avec e-novline (durée environ 45 minutes) ont été, dans l'ensemble, très pauvres de contenu, ce qui paraît étonnant après une aussi longue interaction avec le site. Les labels des menus sont peu représentés, souvent ils n'ont pas de label ou ces derniers changent de nom (le deuxième onglet en haut, par exemple, qui s'appelle tout simplement e-novline a été appelé « renseignements » par un participant, ce qui correspond aux contenus qui se trouvent dans la page d'arrivée). Le nom e-novline n'apparaît pas, ou est déformé (ce qui confirme le manque d'identification de la marque, déjà remarqué par eye tracking). Encore plus frappant, plusieurs utilisateurs ont dessiné dans ce croquis de la page d'accueil les boutons « valider » et « annuler » typiques d'un formulaire. Ceci représente le fait qu'ils avaient été énormément marqués par les étapes de la tâche 4, chacune nécessitant de valider les contenus saisis. En raison des difficultés rencontrées dans plusieurs de ces passages, les utilisateurs ont souvent interagi avec les boutons de validation qui ont donc marqué leur mémoire au point d'être transposés sur la page d'accueil elle-même, comme en témoigne le dessin montré en Figure 6.

3. Recommandations d'amélioration du site

Lorsqu'on intervient dans le contexte d'un projet comme celui-ci, il est important de savoir faire des préconisations à plusieurs niveaux. Le site étant déjà opérationnel et déployé, il paraît en effet peu réaliste de se contenter de préconiser une refonte totale et globale, sûrement trop coûteuse. Nous avons donc formulé, en accord avec l'ergonome de Generali, à la fois des recommandations permettant de faire des corrections rapides et peu chères (bien que partielles et pas toujours optimales) et à la fois des recommandations pour une refonte en profondeur qui s'attaquait aux problèmes les plus importants concernant la structure même de la procédure de souscription en ligne.

Grâce à l'enregistrement des mouvements oculaires, en effet, il a été possible de mettre en exergue des problèmes comme celui décrit dans le paragraphe précédant concernant les messages d'erreur. Les préconisations dans des cas comme celui-ci sont assez simples et consistent à améliorer la visibilité des informations et la facilité de compréhension des informations (changer la couleur ou la position d'un message d'erreur, changer des labels, donner un aspect plus ou moins cliquable aux différents éléments en fonction de leur nature, etc).

Quant aux améliorations en profondeur, elles ont porté sur une refonte globale de la procédure de souscription et sur une réorganisation visuelle d'une partie des pages-écran relatives aux différentes étapes la composant. Par exemple, nous avons revu l'organisation des étapes afin de limiter les risques d'erreur et incompréhensions liés à la nécessité de

consulter plusieurs fichiers Pdf et de remplir un questionnaire (évaluant le profil des utilisateurs en vue du choix d'assurance le plus pertinent) avant de procéder à la souscription (problèmes relatifs à la page « comment souscrire un contrat e-novline »). Le fichier concernant la fiche de présentation du courtier préalablement sélectionné a été ainsi déplacé dans l'étape précédente, relative au choix du courtier. Chaque courtier présent dans la liste était ainsi accompagné du Pdf de sa fiche, à ouvrir impérativement avant de poursuivre la souscription. Les Conditions Générales de Vente faisaient l'objet d'une étape à part entière et le formulaire à remplir était déplacé dans la suite de l'action, autrement dit dans une étape spécifique de définition du profil afin de le mettre plus en valeur et le rendre plus clair.

Nous tenons à souligner qu'une même problématique (par exemple celle de la page « comment souscrire un contrat e-novline », où se concentrent les problèmes décrits ci-dessus) peut être traitée des deux façons : l'amélioration des messages d'erreur est le moyen rapide et peu cher pour pallier aux problèmes d'ergonomie de cette étape de la procédure. Il ne garantit pas que la page sera plus facile à comprendre, ni que l'utilisateur identifiera facilement les liens vers les différents documents à ouvrir. Il garantit cependant un meilleur guidage de l'utilisateur en cas d'erreur (souvent bloquante dans le test réalisé). Sa mise en place peut constituer ainsi une première étape d'amélioration du site. L'éclatement de cette page en plusieurs pages, en déplaçant les liens vers les Pdf et en créant une nouvelle séquence de contenus (et par conséquent une nouvelle organisation visuelle des pages) constitue la version de « correction en profondeur » du problème. Ainsi, on garantit une meilleure organisation visuelle, un enchaînement des informations plus clair et compréhensible et une prévention des erreurs (plutôt que leur correction). Ceci a évidemment un coût plus élevé et nécessite plus de temps, ce qui justifie qu'on considère ces améliorations comme une étape ultérieure dans l'optimisation de l'ergonomie du site.

4. Conclusion

Ce test, pourtant assez simple à monter et réaliser, a mis en lumière un grand nombre de problématiques, grâce au recueil de données objectives et quantitatives (par Eye Tracking) et au complément d'informations qualitatives fourni par les questionnaires de satisfaction et les évocations. A condition de bien connaître les bases de l'oculométrie cognitive, les ergonomes peuvent tirer d'un test comme celui-ci un nombre important d'informations témoignant des stratégies de recherche visuelle des informations, des difficultés de compréhension, des problèmes de visibilité de tel ou tel élément visuel de l'interface.

La collaboration avec un ergonomiste présent chez le client a permis en outre de cibler d'entrée les problématiques clés de l'interface à tester, permettant de monter le protocole le plus adapté pour les cerner. Le recueil de données objectives et faisant « parler les clients » (autrement dit les utilisateurs), de surcroît collectées par une équipe externe (en dehors de la hiérarchie et des contraintes internes de l'équipe), a permis de mener une vraie réflexion de fond quant aux améliorations nécessaires afin de transformer les visiteurs du site en souscripteurs d'un contrat d'assurance-vie.

5. Bibliographie

- 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, Hermes.
- Baccino, T., Bellino, C., Colombi, T. (2005) Méthodes d'évaluation de l'utilisabilité, Londres, Hermès.
- Chapman, P. R., & Underwood, G. Visual search of dynamic scenes: Event types and the role of experience in viewing driving situations. In G. Underwood & et al. [Eds.], *Eye guidance in reading and scene perception* [pp. 369-393]. Oxford, England UK: Anonima Romana, 1998.
- D'Ydevalle, G., Warlop, L., & Van Rensbergen, J. Television and Attention. In J. Groebel, P. Vitouch, & P. Winterhoff-Spurk [Eds.], *Medien psychologie : Zeitschrift für Individual- Und Massenkommunikation* [pp. 42-57]: Westdeustcher Verlag, 1989.
- Goldberg, J. H., & Schryver, J. C. Eye-Gaze Contingent Control of the Computer Interface: Methodology and Example for Zoom Detection. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 27[3], 1995, 338-350.
- Goldberg, J.H., & Kotval, X.P. Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24, 1998, pp. 631-645.
- Hegarty, M., Mayer, R. E., & Green, C. E. Comprehension of Arithmetic Word Problems: Evidence from Students'Eye Fixations. *Journal of Educational Psychology*, 84(1), 76-84.
- Henderson, J. M., & Hollingworth, A. Eye movements during scene viewing: An overview. In G.Underwood (Ed.), *Eye Guidance in Reading and Scene Perception*. 1998.
- Lohse, G.L. Consumer eye movement patterns on yellow pages advertising, *Journal of Advertising*, 26(1), 1997, 61-73.
- Nielsen, J., Landauer, T. K. (1993). *A mathematical model of the finding of usability problems*. Proc. ACM INTERCHI '93, Amsterdam, The Netherlands, 206-213.

- Nielsen, J., Tahir, M., (2002) L'art de la page d'accueil : 50 sites web passés au crible, Eyrolles.
- Servant, I., & BACCINO, T. Lire Beethoven: une étude exploratoire des mouvements des yeux. *Scientae Musicae*, 3[1], 1999, 67-94.
- Svensson, E., Angelborg-Thanderz, M., Sjoeborg, L., & Olsson, S. Information complexity: Mental workload and performance in combat aircraft. *Ergonomics*, 40[3], 1997, 362-380.
- Weiser, M. The Computer for the 21st Century, *Scientific American*, 265, 3, 1991, 66-75.
- Yarbus, A. *Eye movements and vision*. New-York: Plenum Press, 1967.

