

Analyse des interactions en utilisant le suivi oculaire, le suivi physiologique et les structures d'actions

Aude Dufresne

Département de Communication
Université de Montréal
C.P.6128
Succursale Centre-Ville
aude.dufresne@umontreal.ca

François Courtemanche

Dpt. d'Informatique et de Recherche Opérationnelle
Université de Montréal
C.P. 6128, Succursale Centre-Ville
Montréal, Québec, Canada
Francois.courtemanche@umontreal.ca

Sandrine Prom Tep

HEC Montréal
3000, ch. Côte-Ste-Catherine
Montréal, Québec, Canada
sandrine.prom-tep@hec.ca

RESUME

Afin d'améliorer les interactions humain ordinateur nous avons utilisé l'analyse du suivi oculaire, du suivi physiologique en combinaison avec la reconnaissance des structures d'actions sur un site de E-commerce. Au delà des données observées, l'analyse du contexte et de la structure d'actions apparaît essentielle pour comprendre comment l'interface supporte les activités cognitives et quelles sont les réactions émotionnelles des usagers. Il apparaît important de définir des méthodes systématiques par lesquelles ces outils peuvent fournir des informations sur les interactions dans une perspective d'évaluation ou de recherche dans les domaines du e-commerce, de l'apprentissage ou de l'évaluation des dispositifs de contrôle. L'article présente la méthodologie qui a été développée et une expérience faite auprès d'un petit nombre de sujets qui naviguent sur le site Amazon, en cherchant à évaluer les différents livres offerts, en utilisant les contributions faites par d'autres usagers. Les résultats montrent l'intérêt de la reconnaissance des structures d'actions et des différentes mesures oculaires et physiologiques. Les corrélations entre ces mesures et l'intérêt pour l'achat suggèrent qu'elles peuvent être utilisées pour évaluer la réaction émotionnelle en fonction du contexte.

MOTS CLES : Suivi oculaire, suivi physiologique, évaluation, émotion, apprentissage machine, modèle de tâche, e-commerce.

ABSTRACT

In order to improve human-computer interaction, eye-tracking measures and physiological reactions are combined to the context of navigation and the structure of actions to analyze emotional state of users. Understanding affective reactions is essential to improve the human-computer interaction and the design of systems. In the domain of e-commerce those techniques are being used informally to observe interactions during the design of systems or for research, more systematic methods are necessary to efficiently highlight important aspects of the interaction and the emotional reactions. More so to help interpret measures it is necessary to complete measures with the recognition of structures of actions, so that reactions could be interpreted in context.

KEYWORDS: Eye-tracking, physiological measures, interaction evaluation, emotions, Machine learning, Task models, E-commerce, UGC.

INTRODUCTION

Avec la multiplication des sites de e-commerce, il devient important de développer des méthodes pour évaluer le design des sites, les interactions qu'ils permettent et surtout les aspects d'appréciation du processus et du service offert. La recherche décrit une étude exploratoire visant à combiner différentes mesures de suivi oculaire et physiologique de même que des techniques de reconnaissance des structures de tâches, afin d'étudier l'interaction en contexte par rapport à l'exécution de tâches attendues. Elle s'intéresse en particulier aux sites où l'utilisateur est invité à contribuer et à lire les commentaires et les évaluations des autres sur les produits présentés.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

IHM 2010, 20-23 Septembre 2010, Luxembourg, Luxembourg

ANALYSE DES INTERACTIONS

Suivi oculaire

Le premier niveau d'analyse du suivi oculaire consiste à utiliser les temps de fixation pour identifier les zones de l'utilisateur regardé. Elles sont utilisées pour identifier les zones d'intérêt et les zones ignorées. L'observation d'une séquence d'interaction permet de voir dans quel ordre les composantes de la page sont regardées pour une tâche donnée et éventuellement les difficultés qui peuvent être liées à la compréhension ou au repérage d'un élément requis par la tâche. Les interactions sont rarement analysées de façon systématique, mais elles peuvent servir à valider ou au contraire à invalider un design. Un peu plus générale et visant à établir des critères de design, l'étude de Nielsen [16] sur l'utilisabilité met en relief la notion de Zone en F, soit les régions en haut et à gauche de l'écran qui sont les plus regardées.

Les analyses plus systématiques du suivi oculaire dans les interactions humain-machine peuvent être séparées en deux catégories : 1) décrire l'état de l'utilisateur et 2) décrire l'état de l'interaction.

Le premier cas consiste à analyser les données du suivi oculaire afin d'inférer de l'information sur l'état cognitif et émotionnel de l'utilisateur. Dans cette voie les recherches montrent que les variations du diamètre de la pupille et le taux de clignements des yeux sont corrélés avec l'effort cognitif [3, 26]. Cette information peut servir à différents usages dans le cadre des IHM. Par exemple, Bailey *et al.* [2] s'en servent pour identifier les moments où un utilisateur peut être interrompu avec un coût minimum sur son travail. Ces moments se situent habituellement aux frontières des tâches et sous-tâches effectuées par l'utilisateur et peuvent être identifiées par une diminution du diamètre de la pupille (i.e. de l'effort mental). Baccino & Manuta [1] utilisent l'angle entre les saccades et la distance entre les fixations pour reconnaître certains processus cognitifs. Les variations du diamètre de la pupille peuvent aussi être utilisées pour inférer de l'information sur la réaction émotionnelle de l'utilisateur [20].

Peu de recherches ont été effectuées sur la description de l'état de l'interaction à l'aide du suivi oculaire. Salvucci & Anderson [24] ont développé une technique pour identifier la position d'un utilisateur dans un modèle cognitif de tâche à l'aide des mouvements du regard. La technique a été validée dans le contexte de la lecture et de la résolution d'équations.

Suivi physiologique

Les émotions sont des attributs humains complexes causant des modifications comportementales et pouvant être exprimées selon plusieurs modalités (le visage, les gestes, la voix, etc.). Les humains sont capables de reconnaître chez autrui la majorité des émotions. Cependant, cette tâche est encore aujourd'hui difficile à réaliser pour un ordinateur [29]. Diverses recherches ont permis de relier la pression sanguine ou le GSR au stress à la frustration ou à la peur [11].

Dans cette recherche, nous avons utilisé deux mesures physiologiques pour la reconnaissance des états émotionnels : l'activité électrodermale (AED ou réponse psychogalvanique RPG) et la pression sanguine (BVP - *Blood Volume Pulse*). L'AED mesure l'activité des glandes de la sudation via les changements dans la résistance électrique de la peau (mesurée à l'extrémité des doigts). La mesure obtenue est considérée comme un indicateur du niveau de stress en réponse à un stimulus [21]. Selon Ward *et al.* [28] l'AED peut servir à identifier des événements et des situations émotionnellement significatives au sein des IHM. L'amplitude du signal du BVP est reliée aux changements comportementaux. Le rythme cardiaque peut aussi servir à différencier les réactions émotionnelles positives et négatives.

Plusieurs chercheurs ont développé des techniques utilisant l'apprentissage machine pour inférer les états émotionnels des sujets en fonction des signaux physiologiques. Picard *et al.* [22] ont proposé une technique de reconnaissance basée sur le BVP, l'AED, l'activité respiratoire et les mouvements des muscles faciaux. Shen *et al.* [25] ont développé un système de reconnaissance physiologique des émotions pour les environnements d'apprentissage. Pour un survol complet, Rani *et al.* [23] ont recensé les principales approches de reconnaissance physiologique des émotions.

Analyse de tâches

D'un point de vue évolutif, les émotions primaires telles la joie, la peur ou la colère sont des réponses innées aux changements environnementaux [9]. Les émotions les plus complexes comme la fierté ou la honte sont le résultat d'associations conscientes entre des émotions primaires et les situations dans lesquelles elles surviennent [19]. Il est donc important de tenir compte des facteurs contextuels lors du traitement des signaux physiologiques et oculaires afin d'obtenir une reconnaissance des émotions efficaces. Par exemple, des réactions émotionnelles négatives comme le stress sont liées à l'incertitude, aux difficultés de compréhension ou à des situations inattendues. Des émotions positives comme l'intérêt et la surprise peuvent être liées à l'avancement et au succès dans une tâche. Tous ces facteurs contextuels peuvent être inférés à l'aide de techniques de reconnaissance automatique de tâches pour supporter efficacement une approche de reconnaissance émotionnelle. De plus, l'analyse du contexte permet d'identifier les causes de réactions émotionnelles particulières comme une fonctionnalité ou un élément d'interface déficient causant du stress. Ces informations sont d'une importance première pour le diagnostic et l'évaluation des IHM.

Dans le contexte des IHM, la reconnaissance de tâches consiste en l'analyse du flux d'interactions entre l'utilisateur et l'ordinateur au moyen d'un filtre correspondant au modèle de la tâche en cours [5]. Le but précis étant d'identifier la partie exacte de la tâche qui était exécutée lors de l'observation d'une séquence d'interactions. Toutes les approches de reconnaissance

de tâches peuvent être décrites selon trois aspects : 1) l'ensemble d'interactions, 2) le modèle de tâche et 3) la technique d'inférence. L'approche que nous avons développée prend en charge un ensemble de trois types d'interactions : souris, clavier et suivi oculaire. Le suivi oculaire enregistre la séquence de zones d'intérêt (AOI – *area of interest*) regardées par l'utilisateur. Ces zones peuvent être définies facilement avec tous les logiciels de suivi oculaire. Les tâches effectués par un utilisateur sont modélisées selon une structure hiérarchique [27]. Les interactions de l'utilisateur captées dans notre approche comporte donc deux caractéristiques importantes guidant le choix d'une technique de reconnaissance ; elles sont séquentielles et bruitées. L'activité du clavier, de la souris et les zones d'intérêt regardées dans une interface par l'utilisateur forment une séquence de données utilisée pour inférer la composante de la tâche couramment exécutée. De plus, la séquence de fixations oculaires de l'utilisateur sont relativement bruitées. Des fixations involontaires [12] ou des routines oculomotrices automatisés [11] peuvent introduire des données bruitées dans une séquence de données – i.e. des zones d'intérêt où se pose le regard sans prise de conscience par le sujet. Ce phénomène est décrit dans la littérature sous le terme de « toucher de Midas » [13]. Dans le domaine de l'apprentissage machine, les chaînes cachées de Markov (HMM – Hidden Markov Models) sont parfaitement adaptées à ce type de données. Elles permettent d'associer une séquence d'observations à des états cachés de manière probabiliste [4]. Les chaînes cachées de Markov sont de plus en plus utilisées pour interpréter dans le domaine des IHM pour interpréter les interactions de l'utilisateur. Par exemple, Salvucci et Anderson (2001) ont utilisés les HMM pour relier des séquences de mouvements oculaires à un modèle de processus cognitif. Oliver et al. [17] ont développé une technique basée sur les HMM pour reconnaître l'état d'une activité dans un contexte de bureautique à partir de différents types d'interactions (voix, vidéo, clavier et souris). Dans notre approche, les observations des chaînes de Markov sont les interactions de l'utilisateur (clavier, souris, zones d'intérêt) et les états cachés sont les composantes de la tâche exécutée dans l'interface (éléments de la structure hiérarchique). Pour plus de détails sur cette approche de reconnaissance de tâches voir [8].

Analyse dans le contexte du e-commerce

Avec la multiplication des sites web, évaluer la qualité des interactions devient critique, car les usagers ne sont pas toujours rationnels ou utilitaires dans leurs choix [7]. Il est important de combiner dans ces études des interactions en ligne [10], non seulement une analyse des processus cognitifs avec le suivi oculaire mais aussi des réactions affectives, qui soient fondées sur des mesures objectives et non seulement subjectives [6] car les émotions sont expérimentées au niveau conscient mais aussi pré-conscient [7].

Dans l'évaluation d'un système d'interaction humain ordinateur il est reconnu que l'utilisabilité est importante. Cependant d'autres facteurs sont également reconnus comme définissant la qualité d'un service web, par exemple le flux d'interaction, les qualités esthétiques, les dimensions sociales, la quantité et la qualité de l'information vont influencer l'appréciation que l'utilisateur aura de l'interaction et l'impact sur ses comportements. Ces aspects peuvent être mesurés par des données subjectives, mais les techniques de suivi oculaire et physiologique et l'analyse des interactions peuvent fournir des informations beaucoup plus précises sur les éléments pouvant avoir un impact positif ou négatif au cours du processus d'interaction afin d'évaluer la qualité du design et d'identifier les zones problématiques [14].

La présente recherche s'intéresse à l'étude des interactions dans le contexte du design d'une application de e-commerce. Elle cherche à intégrer les mesures prises par un oculomètre, le Tobii X120, et un appareil de suivi physiologique, le Biograph Infiniti, afin d'évaluer les réactions cognitives et émotionnelles des usagers qui interagissent sur un site commercial. Nous avons fait une première étude pour évaluer le design de pages statiques, mais il est important d'évaluer les sites en interaction, lorsque l'utilisateur cherche à réaliser des tâches typiques. Aussi dans cette étude, des données sur les changements à l'écran et les interactions de l'utilisateur sont également conservées et utilisées pour l'analyse. Un modèle d'analyse de tâches est développé pour associer les observations avec les différentes activités pouvant se produire dans l'environnement.

La présente étude s'intéresse en particulier à l'impact des composantes, où l'utilisateur peut contribuer et consulter les contributions des autres dans un site de e-commerce. Elle cherche à identifier en quoi ces composantes attirent l'attention et suscitent des réactions chez les usagers.

DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE

Nous avons expérimenté sur le site d'Amazon, où les livres sont évalués par les usagers (nombre d'étoiles), qui ajoutent aussi des commentaires.

La figure 1 présente un schéma réduit du contenu d'une page Amazon avec les principales zones étudiées. Au niveau du codage on identifie les zones selon leur type.

L'expérience a utilisé 5 livres du même auteur sur Amazon. Il s'agissait de romans policiers pouvant intéresser les sujets, mais suffisamment similaires dans leur contenu pour minimiser les effets dus aux différences de contenus d'un livre à l'autre. Pour chaque livre, les différentes pages ont été enregistrées en local (pour éviter les changements durant l'expérience et des zones ont été définies correspondant aux différents types d'information : description, mots-clés, étoiles, statistiques sur les étoiles, commentaires positifs ou négatifs, commentaires récents, zone de commande.

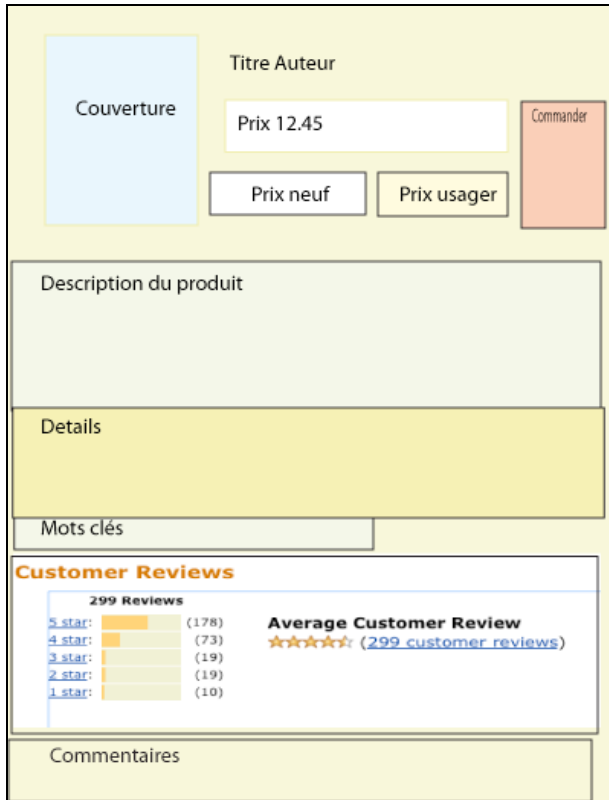


Figure 1 Schéma représentant une page d'Amazon et les principales zones qui ont été étudiées.

Nous avons évalué en utilisant le navigateur Internet Explorer®, un TOBII X120 pour mesurer le suivi oculaire et le système Biograph pour mesurer le suivi physiologique (RPG et Pression sanguine). Chaque système fonctionnait sur un ordinateur différent, dont les horloges étaient synchronisées pour pouvoir combiner les données par la suite. Pour chaque sujet, le Tobii était calibré puis on démarrait les deux systèmes qui prenaient des mesures à 1/60 sec. Après l'expérience les données étaient combinées en un seul fichier en utilisant les marqueurs temporels (time stamp).

Bien qu'on ait accès aux données brutes, Tobii permet de regrouper les données observées par fixations. Tobii recueille également les changements de page et permet de définir les zones que l'on veut observer. Ainsi pour chaque observation on a la page, la zone de fixation, la durée de celle-ci et la grandeur de la pupille. Les données physiologiques sont associées aux observations et pour chaque fixation un programme calcule les mesures physiologiques moyennes pour cette période.

Entraînement à la reconnaissance de la tâche

Le modèle de la tâche a été décrit comme une hiérarchie de buts et de sous-but (Voir figure 2). La reconnaissance des activités et des buts, étant données les zones et les interactions, a été développée par apprentissage avec 5 sujets, sur les pages devant servir à l'expérimentation.

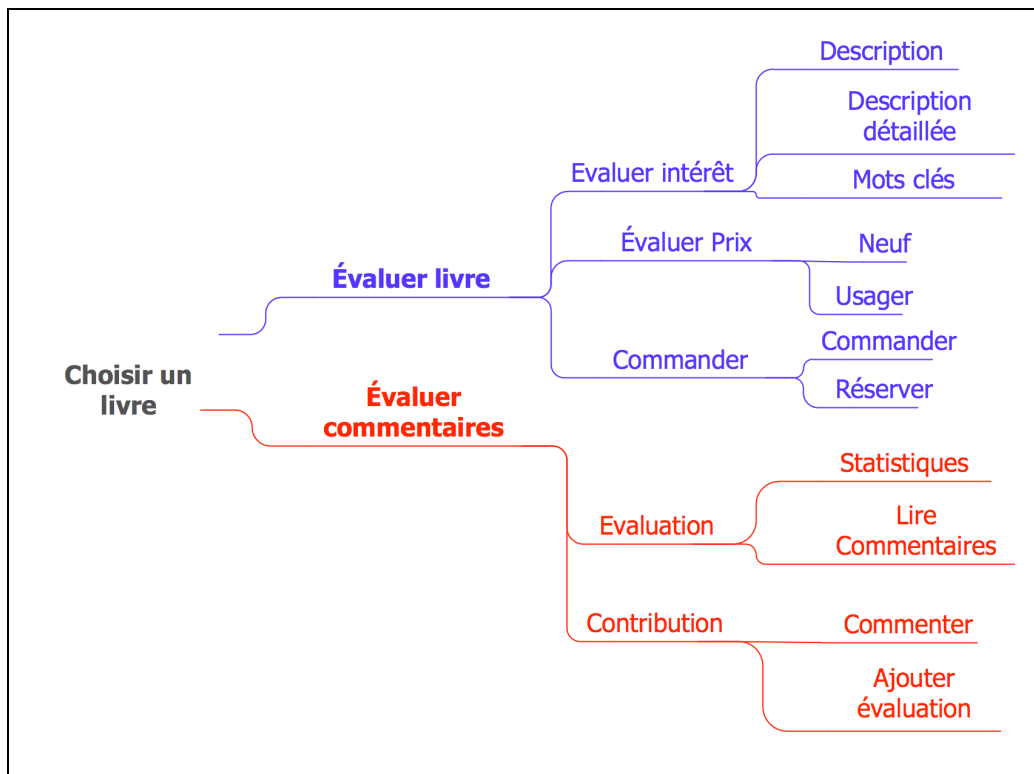


Figure 2 Structure de la tâche dans Amazon

Pour l'entraînement un programme demande successivement au sujet de faire chacune des tâches de façon précise : par exemple lire la description puis regarder les statistiques générales ou lire les commentaires des autres lecteurs, etc. L'expérience est répétée plusieurs fois pour chaque sujet et ce dans chacune des pages pour chacun des livres servant à l'expérience. Les différentes données sont ainsi associées à un but précis et la reconnaissance des activités a pu être apprise selon le modèle des chaînes cachées de Markov en couches [18]

Expérimentation

Ensuite le système a été expérimenté avec 13 sujets. On donne alors aux sujets des instructions plus générales au début, soit d'explorer les livres, les descriptions, les commentaires et les évaluations et de chercher des livres qui les intéresseraient. Le sujet est libre d'explorer les livres comme il le veut. Suite à l'expérience le sujet répond à un questionnaire sur les livres qu'il a exploré et son intérêt pour acheter chacun d'eux.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Traitement des données

Les données recueillies lors de l'expérimentation sont automatiquement classifiées en fonction des types de zones. Les données sont regroupées de façon à ce que pour chaque observation du suivi oculaire, on ait les données du suivi physiologique. À la base, les données sont prises à 1/60 seconde, cependant les données du suivi oculaire peuvent être manquantes parce que le sujet tourne la tête. De plus Tobii prend une mesure pour chaque fixation qui dépasse un certain seuil. Les mesures de suivi physiologique sont donc regroupées en fonction des fixations. Chaque type de zone est identifiée, aussi une fois les données regroupées, elles sont identifiées en termes de la page et du type de zone regardée, soit : description, prix, mots clés, commentaires, étoiles traduisant l'évaluation, statistiques sur les étoiles pour le livre - nombre de commentaires et nombre de commentaires avec 5 étoiles, 4 étoiles, etc.

Tableau 1

Corrélations entre les mesures de Réponse Psycho Galvanique (RPG), de pression sanguine (BVP), de grandeur de la pupille et l'intérêt pour acheter le livre.

		Moyenne des durées- de fixation	RPG	BVP	Grandeur de la pupille	Intérêt pour acheter
Durée de fixation (ms)	Corrélation	1	-,182**	,015	,119**	-,020
	Sig. (bilatérale)		,000	,362	,000	,223
	N	3903	3868	3867	3866	3903
RPG (normalisé)	Corrélation	-,182**	1	,024	-,300**	,091**
	Sig. (bilatérale)	,000		,139	,000	,000
	N	3868	3868	3867	3866	3868
BVP (normalisé)	Corrélation	,015	,024	1	-,014	,070**
	Sig. (bilatérale)	,362	,139		,400	,000
	N	3867	3867	3867	3866	3867
Grandeur de la pupille (mm normalisé)	Corrélation	,119**	-,300**	-,014	1	,030
	Sig. (bilatérale)	,000	,000	,400		,062
	N	3866	3866	3866	3866	3866
Intérêt pour acheter	Corrélation	-,020	,091**	,070**	,030	1
	Sig. (bilatérale)	,223	,000	,000	,062	
	N	3903	3868	3867	3866	3903

** . sign $p < 0.01$ (bilatéral).

Les mesures oculaires font la moyenne des données de l'oeil gauche et de l'oeil droit. Selon la procédure recommandée pour l'analyse physiologique, les données de la réaction psycho galvanique (RPG), de la pression (BVP) et de la grandeur de la pupille sont normalisées, afin de réduire l'effet possible des différences individuelles ou de l'état émotionnel général d'un sujet durant l'expérience.

$$RPG_{normalized} = (RPG - RPG_{relaxation}) / RPG_{relaxation}$$

Ainsi pour chaque sujet, les premières données en situation de relaxation servent à corriger les données mesurées durant la tâche [15], de façon à ce que les différences observées puissent être imputées aux différences des conditions spécifiques d'interaction à un moment donné. La structure de buts et sous-buts est ensuite reconnue et ces informations sont ajoutées aux données.

Corrélations entre les mesures

La première mesure visait à voir la corrélation entre la durée de fixation, la réponse psycho galvanique (RPG), la grandeur de la pupille et la pression sanguine (BVP). Nous avons également mesuré la corrélation avec l'évaluation qui était faite du livre par le sujet, telle que mesurée dans l'intérêt pour acheter (voir Tableau 1) Les résultats démontrent une corrélation positive entre la grandeur de la pupille et la durée de fixation, ce qui était prévisible au plan physiologique. En effet lorsqu'une fixation se prolonge la dilataion de la pupille augmente. D'autre part, la relation entre le RPG et la grandeur de la pupille est inverse (-,182**), ce qui suggère que les réactions de stress diminuent avec les fixations longues ou simplement que les zones qui suscitent plus de réactions sont survolées rapidement, lors du processus de lecture.

Il y a également une corrélation positive mais faible entre le RPG et l'intérêt pour acheter des livres (,091**), ce qui suggère que les livres qui suscitent plus de réaction émotionnelle intéressent davantage les usagers. Cependant la réaction émotionnelle plus forte est inversement reliée à la grandeur de la pupille (-,300**) et aux nombres de fixations (-,182**). Ces résultats peuvent sembler contradictoires, l'intérêt pour acheter semblant basé sur une fixation intense émotionnellement mais courte. Alors que des fixations prolongées n'impliquent pas nécessairement plus d'intérêt. Différents facteurs peuvent en effet entraîner des fixations prolongées, entre autres la difficulté cognitive face au contenu. Cependant ces résultats sont basés sur un nombre réduit de sujets et de livres, il serait intéressant de répéter l'expérience et d'évaluer les dimensions qualitatives de l'intérêt ou du désintérêt pour le livre et l'attitude face aux commentaires, qui sont porteurs d'information sur le livre et les réactions émotionnelles des lecteurs précédents. Les livres avaient été choisis de façon à assurer une différenciation des évaluations inscrites dans les commentaires. L'étude

sur plus de livres permettrait d'isoler l'influence de ce facteur sur la réaction émotionnelle et oculaire.

Apport de l'analyse de tâches

L'analyse de tâche a permis d'étudier le temps passé aux différents buts et activités (voir Tableau 2). Par exemple il est évident que les usagers passent un temps assez long à juger les commentaires associés à un livre, ce qui va dans le sens de l'importance des contenus générés par les utilisateurs dans les sites de e-commerce.

Tableau 2
Moyenne et nombre d'observations pour chaque but

Goal		Durée fixation	RPG	BVP	Pupille
Juger livre	Mean	1044,33	,444322	-,002077	-,09680
	N	2567	2564	2563	2563
Juger comm.	Mean	1405,18	,261970	,002213	-,10222
	N	1331	1304	1304	1303
Total	Mean	1167,55	,382846	-,000630	-,09863
	N	3898	3868	3867	3866

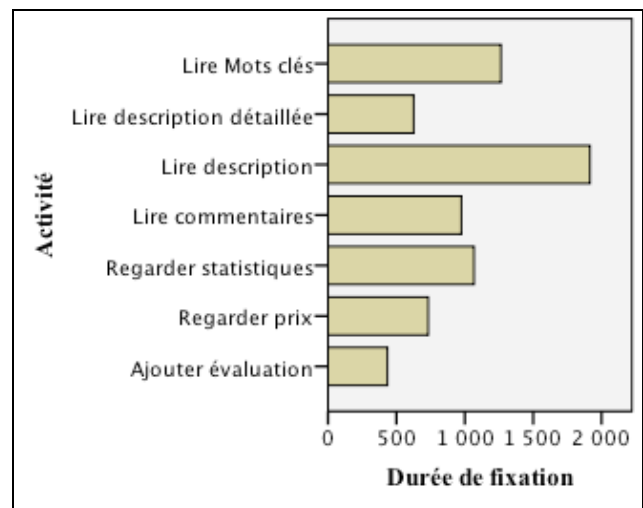


Figure 3 Moyenne de la durée de fixation par activité.

Les réactions de Stress (RPG) sont cependant plus importantes en moyenne pour la lecture de la description du livre, que pour les commentaires. Cependant il est intéressant de voir la répartition en fonction des activités qui composent ces buts. La figure 3 montre ainsi que le tableau présentant les statistiques d'évaluation du livre attire beaucoup le regard des usagers. Ceux-ci prennent également du temps à regarder les mots clés qui sont en fait très près de la zone de statistiques sur l'évaluation par les autres consommateurs.

Enfin si on analyse les réactions en fonction de chacun des cinq livres consultés, il apparaît que les réactions et les intentions d'achat sont reliées à l'évaluation sur le livre, qui apparaît dans les statistiques (on traduit le nombre d'étoiles en valeur, par exemple 4,5 étoiles). Ainsi la corrélation entre l'intérêt pour acheter et l'évaluation du

livre est de ,330^{**}. Le nombre de livres étudiés et de sujets d'expérience n'est pas suffisant pour en tirer des conclusions, mais néanmoins il semble que les données dans les contenus générés par les utilisateurs seraient importantes pour influencer les attitudes des consommateurs à l'égard du produit.

Tableau 3
Évaluation de chacun des livres et moyennes pour les mesures oculaires et physiologiques.

Livre	Évaluation moyenne du livre (étoiles)	Moyenne des durées de fixation	RPG moyen	BVP moyen	Grandeur de la pupille (mm normalisée)	Intérêt pour acheter
1	4,0833	1751,10	,142966	,003881	-,075690	2,9045
2	4,0643	1120,44	,359695	,000360	-,028683	3,8876
3	3,0000	843,72	,500873	-,002016	-,202840	2,1464
4	4,7500	1298,38	,071160	,001887	-,038475	3,3333
5	2,7125	818,86	,835701	-,008204	-,132249	2,8406
Total	3,6949	1173,92	,382846	-,000630	-,098633	3,0069

DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Cette étude visait à explorer comment les mesures de suivi oculaire et de suivi physiologique pouvaient être associées à une analyse de la tâche pour fournir de l'information sur le processus de consultation d'un site de e-commerce. Elle visait en particulier à sonder l'interaction en ce qui concerne l'intérêt pour les contributions faites par les usagers.

L'étude montre qu'on peut effectivement reconnaître des structures d'actions simples et que l'un des intérêts est alors d'organiser les résultats en termes plus généraux de buts et sous-butts afin d'avoir une idée globale des activités et des réactions des usagers. Par rapport à l'évaluation de l'apport des contributions des usagers. L'étude montre que celles-ci occupent une part importante du temps de fixation et que certains éléments comme les statistiques sur la contribution ont sans doute un impact sur l'intention d'achat.

L'étude suggère également que la réaction émotionnelle mesurée par la RPG n'est pas simple à interpréter. Si dans les résultats, elle est reliée positivement à l'intérêt pour l'achat, elle n'est pas associée à des durées de fixation plus longues ou à une dilatation plus importante de la pupille. Ceci suggère que la réaction psychogalvanique est rapide et serait un prédicteur de l'intérêt. Une des limites de cette étude est le nombre réduit de sujets ayant participé à l'expérience. Il faudrait aussi varier davantage le nombre de livres consultés pour assurer une plus grande généralité aux résultats sur les liens entre les différents paramètres mesurés et l'interprétation qui peut en être faite en termes de dimensions de la qualité de l'interaction. Il faudrait ajou-

ter des évaluations subjectives afin d'explorer davantage les attitudes des usagers par rapport aux dispositifs évalués dans l'interface et aux dimensions de la réaction cognitive et émotionnelle.

Néanmoins l'étude montre l'intérêt de la méthode et son potentiel pour supporter le design, par exemple en permettant de comparer les réactions suscitées par différentes composantes ou versions d'un site Internet.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été rendue possible grâce à une subvention de Recherche et Développement du CRSNG en collaboration avec Bell Canada, qui a prêté le Tobii X120 et de l'Agence Spatiale Canadienne.

BIBLIOGRAPHIE

1. Baccino, T. and Y. Manunta, *Eye-Fixation-Related Potentials: Insight into Parafoveal Processing*. Journal of Psychophysiology, 2005. **19**: p. 204-215.
2. Bailey, B.P. and S.T. Iqbal, *Understanding changes in mental workload during execution of goal-directed tasks and its application for interruption management*. ACM Trans. Comput.-Hum. Interact., 2008. **14**(4): p. 1-28.
3. Beatty, J. and B. Lucero-Wagoner, *The pupillary system*, in *Handbook of psychophysiology*, L.G.T. Cacioppo and G.G. Berntson, Editors. 2000, Cambridge University Press: Cambridge, UK.
4. Bishop, C.M., *Pattern Recognition and Machine Learning*. 2006, New York: Springer.

5. Carberry, S., *Techniques for Plan Recognition. User Modeling and User-Adapted Interaction*, 2001. **11**(1-2): p. 31-48.
6. Chamberlain, L. and A.J. Broderick, *The Application Of Physiological Observation Methods To Emotion Research. Qualitative Market Research: An International Journal*, 2007. **10**(2): p. 199-211.
7. Childers, T.L., et al., *Hedonic and utilitarian motivations for online retail shopping behavior. Journal of Retailing*, 2001. **77**(4): p. 511-535.
8. Courtemanche, F., et al., *Activity Recognition using Eye-gaze Movements and Traditional Interactions. Interacting with Computers*, Soumis.
9. Damasio, A.R., *Descartes' Error*. 1994, New York: Putnam.
10. Éthier, J., et al., *B2C Web site quality and emotions during online shopping episodes: an empirical study. Information and Management*, 2006. **43**(5): p. 627-639.
11. Findlay, J.M. and R. Walker, *A model of saccade generation based on parallel processing and competitive inhibition. Behavioral and Brain Sciences*, 1999. **22**(04): p. 661-674.
12. Graf, W. and H. Krueger, *Ergonomic evaluation of user-interfaces by means of eye-movement data, in Proceedings of the third international conference on human-computer interaction, Vol.1 on Work with computers: organizational, management, stress and health aspects*. 1989, Elsevier Science Inc.: Boston, Massachusetts, United States. p. 659-665.
13. Jacob, R.J.K. and K.S. Karn, *Commentary on Section 4. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises, in The Mind's Eye: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, J. Hyona, R. Radach, and H. Deubel, Editors. 2003, Elsevier Science: Amsterdam. p. 573-605.
14. Koh, J. & al., *Encouraging participation in virtual communities. Commun. ACM*, 2007. **50**(2): p. 68-73.
15. Lisetti, C.L. and F. Nasoz, *Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals. EURASIP J. Appl. Signal Process.*, 2004. **2004**: p. 1672-1687.
16. Nielsen, J. *F-Shaped Pattern For Reading Web Content*. 2006; Available from: http://www.useit.com/alertbox/reading_pattern.html
17. Oliver, N. and E. Horvitz, *A comparison of HMMs and dynamic bayesian networks for recognizing office activities, in Int. Conf. on Intelligent User Interfaces*. 2005, Springer: Edinburgh, UK. p. XVI, 533 p.
18. Oliver, N., E. Horvitz, and A. Garg, *Layered representations for learning and inferring office activity from multiple sensory channels. Computer Vision and Image Understanding*, 2004. **96**(2): p. 163-180.
19. Ortony, A., G.L. Clore, and A. Collins, *The Cognitive Structure of Emotions*. 1988, NY: Cambridge University Press.
20. Partala, T. and V. Surakka, *Pupil size variation as an indication of affective processing. International Journal of Human-Computer Studies*, 2003. **59**(1-2): p. 185-198.
21. Picard, R.W., *Affective Computing*. 1997, Cambridge: MIT Press.
22. Picard, R.W., E. Vyzas, and J. Healey, *Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 2001. **23**(10): p. 1175.
23. Rani, P., et al., *An empirical study of machine learning techniques for affect recognition in human-robot interaction. Pattern Analysis & Applications*, 2006. **9**(1): p. 58-69.
24. Salvucci, D.D. and J.R. Anderson, *Automated eye-movement protocol analysis. Hum.-Comput. Interact.*, 2001. **16**(1): p. 39-86.
25. Shen, L., M. Wang, and R. Shen, *Affective e-Learning: Using "Emotional" Data to Improve Learning in Pervasive Learning Environment. Educational Technology & Society*, 2009. **12**(2): p. 176-189.
26. Siegle, G.J., N. Ichikawa, and S. Steinhauer, *Blink before and after you think: Blinks occur prior to and following cognitive load indexed by pupillary responses. Psychophysiology*, 2008. **45**: p. 679-687.
27. Stanton, N.A., *Hierarchical task analysis: Developments, applications, and extensions. Applied Ergonomics*, 2006. **37**(1): p. 55-79.
28. Ward, R.D. and P.H. Marsden, *Physiological responses to different WEB page designs. International Journal of Human-Computer Studies*, 2003. **59**(1-2): p. 199-212.
29. Zhihong, Z. & al., *A Survey of Affect Recognition Methods: Audio, Visual, and Spontaneous Expressions. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2009. **31**(1): p. 39-58.