



**HAL**  
open science

## Un dispositif de prévisualisation qui améliore la navigation : comparaison entre une tablette tactile et une souris 3 D.

Mohamed Djouani, Stéphane Caro Dambreville, Jean-Michel Boucheix

### ► To cite this version:

Mohamed Djouani, Stéphane Caro Dambreville, Jean-Michel Boucheix. Un dispositif de prévisualisation qui améliore la navigation : comparaison entre une tablette tactile et une souris 3 D.. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées (RIHM) = Journal of Human Mediated Interactions*, 2015, 16 (1). hal-01309129

**HAL Id: hal-01309129**

**<https://hal.science/hal-01309129>**

Submitted on 29 Apr 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

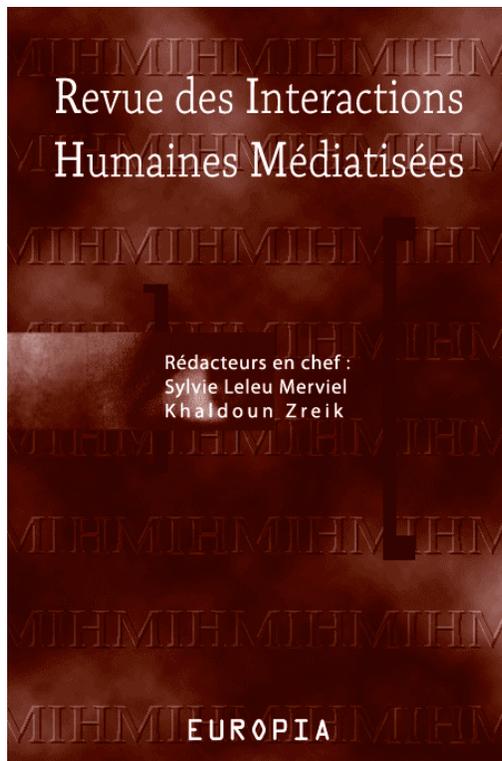
# Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

## Rédacteurs en chef

Sylvie Leleu-Merviel & Khaldoun Zreik

Vol 16 - N° 1 / 2015



© europia, 2015  
15, avenue de Ségur,  
75007 Paris - France  
Tel 33 1 45 51 26 07  
<http://europia.org/RIHM>  
[rihm@europia.org](mailto:rihm@europia.org)

# Revue des Interactions Humaines Médiatisées

*Journal of Human Mediated Interactions*

## Rédacteurs en chef / *Editors in chief*

- Sylvie Leleu-Merviel, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Laboratoire DeVisu
- Khaldoun Zreik, Université Paris 8, Laboratoire Paragraphe

## Comité éditorial / *Editorial Board*

- Thierry Baccino (Université Paris8, LUTIN - UMS-CNRS 2809, France)
- Karine Berthelot-Guiet (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Pierre Boulanger (University of Alberta, Advanced Man-Machine Interface Laboratory, Canada)
- Jean-Jacques Boutaud (Université de Dijon, CIMEOS, France )
- Aline Chevalier (Université Paris Ouest Nanterre La Défense, CLLE-LTC, France)
- Yves Chevalier (Université de Bretagne Sud, CERSIC -ERELLIF, France)
- Didier Courbet (Université de la Méditerranée Aix-Marseille II, Mediasic, France)
- Viviane Couzinet (Université de Toulouse3, LERASS, France)
- Milad Doueïhi (Université de Laval - Chaire de recherche en Cultures numériques, Canada)
- Pierre Fastrez (Université Catholique de Louvain, GReMS, Belgique)
- Pascal Francq (Université Catholique de Louvain, ISU, Belgique)
- Bertrand Gervais (UQAM, Centre de Recherche sur le texte et l'imaginaire, Canada)
- Yves Jeanneret (CELSA- Paris-Sorbonne GRIPIC, France)
- Patrizia Laudati (Université de Valenciennes, DeVisu, France)
- Catherine Loneux (Université de Rennes, CERSIC -ERELLIF, France)
- Marion G. Müller (Jacobs University Bremen, PIAV, Allemagne)
- Marcel O'Gormann (University of Waterloo, Critical Média Lab, Canada)
- Serge Proulx (UQAM, LabCMO, Canada)
- Jean-Marc Robert (Ecole Polytechnique de Montréal, Canada)
- Imad Saleh (Université Paris 8, CITU-Paragraphe, France)
- André Tricot (Université de Toulouse 2, CLLE - Lab. Travail & Cognition, France)
- Jean Vanderdonckt (Université Catholique de Louvain, LSM, Belgique)
- Alain Trognon (Université Nancy2, Laboratoire InterPsy, France)

# Revue des Interactions Humaines Médiatisées

Journal of Human Mediated Interactions

Vol 16 - N° 1 / 2015

## Sommaire

### Editorial

Sylvie LELEU-MERVIEL, Khaldoun ZREIK (Rédacteurs en chef) 1

### **Un dispositif de prévisualisation qui améliore la navigation : comparaison entre une tablette tactile et une souris 3 D**

*A preview device that improves navigation: comparison between a touchpad and mouse 3 D*

Mohamed DJOUANI, Stéphane CARO-DAMBREVILLE, Jean-Michel  
BOUCHEIX 3

### **Conception pour et dans l'usage : la maîtrise d'usage en conduite de projet**

*Design for and in use: the end-users approach in design projects management*

Viviane FOLCHER 39

### **Penser de nouveaux moyens de formation immersifs en fonction de l'humain : le cas du dispositif d'un constructeur aéronautique**

*New training means use cases conception: an avionic company case*

Philippe BONFILS, Laurent COLLET, Michel DURAMPART,  
Daphné DUVERNAY 61

### **Attitude non-fan vis-à-vis d'une série télévisée. Cas d'un feuilleton tourné au Maroc dans le décor réaliste d'une ville rurale**

*Negative behaviour toward a television series. Case of a soap opera borrowing a rural city as a  
realist scenery in Morocco*

Naoil CHAOUNI 93

## Editorial

R.I.H.M., *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, qualifiante en sciences de l'information et de la communication, assume pleinement sa vocation interdisciplinaire en croisant volontiers les regards disciplinaires sur des objets partagés. Ainsi ce numéro offre-t-il une variété de points de vue et d'objets scientifiques, d'un dispositif de prévisualisation en ligne à une série télévisée, en passant par une méthode de conception et des moyens de formation immersifs.

En effet, le premier article propose une recherche alliant sciences de l'information et de la communication, psychologie et ergonomie cognitive. Il est fondé sur l'hypothèse qu'un dispositif spécifique de prévisualisation peut améliorer les performances des utilisateurs en recherche d'information. Il postule que ce dispositif offre une meilleure interaction entre l'utilisateur et le système et engendre ainsi de meilleures performances (réduction du temps de recherche, diminution de la charge cognitive extrinsèque et amélioration de la charge utile en mémoire). Il en effectue une vérification expérimentale auprès d'un échantillon de cinquante étudiants et quarante personnes âgées, chargés de trouver un logement cible sur un site d'annonces immobilières.

Le deuxième article présente une démarche originale de conception pour et dans l'usage qui repose sur deux principes. Le premier est que les usages sont un territoire partagé *a priori* par tous les acteurs des projets, qu'ils soient en position de concevoir un bien ou un service ou bien en position de l'utiliser. Le second principe est que la conception se réalise dans la construction conjointe du problème et des solutions. Sa mise en œuvre est accomplie à l'aide d'exemples issus de séances de formation de praticiens à la conduite de projet, d'intervention dans l'accompagnement d'industriels et enfin d'une formation à la recherche.

Le troisième article présente les approches théoriques et méthodologiques mobilisées dans le cadre d'une recherche menée pour le compte d'un constructeur avionique. Il s'intéresse plus particulièrement à la première phase du projet. Celle-ci a consisté à expérimenter l'intégration de nouveaux moyens de formation immersifs dans le dispositif de formation existant, en analysant le contexte de la formation *via* la prise en compte de la parole des acteurs.

Enfin, le dernier article étudie la réception d'une série télévisée marocaine *Bnat Lalla Mennana*. Tourné dans la petite ville rurale de Chefchaouen située au Nord du Maroc, le feuilleton a entraîné une forte identification des habitants à cette production télévisuelle, mais a aussi suscité un fort rejet de la part de publics locaux dits non-fans. Les questions soulevées portent sur l'identité collective, les représentations médiatiques et, plus largement, les impacts sociologiques qui sont appréhendés comme des externalités médiatiques et sociologiques.

Nous vous souhaitons à toutes et à tous une très bonne lecture et nous vous remercions de votre fidélité.

Sylvie LELEU-MERVIEL et Khaldoun ZREIK  
Rédacteurs en chef

# Un dispositif de prévisualisation qui améliore la navigation : comparaison entre une tablette tactile et une souris 3 D

*A preview device that improves navigation: comparison between a touchpad and mouse 3 D*

Mohamed DJOUANI (1), Stéphane CARO-DAMBREVILLE (2), Jean-Michel BOUCHEIX (3)

(1) Laboratoire CIMEOS, EA4177 Equipe Cosmos, Université de Bourgogne  
[mohameddjouani@hotmail.fr](mailto:mohameddjouani@hotmail.fr)

(2) Laboratoire MICA, EA4426, Université Bordeaux-Montaigne  
[stephane.caro@u-bordeaux-montaigne.fr](mailto:stephane.caro@u-bordeaux-montaigne.fr)

(3) Laboratoire LEAD, UMR CNRS 5022, Université de Bourgogne  
[jean-michel.boucheix@u-bourgogne.fr](mailto:jean-michel.boucheix@u-bourgogne.fr)

**Résumé.** C'est dans le cadre d'une action de recherche pluridisciplinaire (Sciences de l'Information et de la Communication, Psychologie, Ergonomie cognitive) que nous avons voulu vérifier l'hypothèse qu'un dispositif de prévisualisation pouvait améliorer les performances en recherche d'information pour des utilisateurs. L'objectif poursuivi est de tester une condition de prévisualisation en la déclinant sur une tablette tactile (expérience 1) et une souris 3 D incluant des fonctions de navigation modifiées (expérience 2). Deux modalités de recherche sont testées afin de pouvoir analyser les effets de ce dispositif. La première « normale » présente les caractéristiques classiques de recherche, page par page sur un site Web. La seconde « plan » permet de pré-visualiser les pages choisies et de ne sélectionner que les pages pertinentes avant affichage. Nous postulons que ce dispositif de prévisualisation devrait offrir une meilleure interaction entre l'utilisateur et le système et engendrer de meilleures performances (réduction du temps de recherche, diminution de la charge cognitive extrinsèque et amélioration de la charge utile en mémoire). Nous avons demandé à un échantillon de cinquante étudiants et quarante personnes âgées, de trouver un logement cible dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Les variables indépendantes manipulées sont le type de modalité, l'âge, et la complexité de la recherche (variable intra-groupe). Les variables dépendantes sont le temps de recherche, le nombre de consultations de la consigne, le nombre de pages consultées et le score du questionnaire Nasa Tlx. Des effets significatifs sont observés sur les deux supports (tablette tactile et souris 3 D) avec des améliorations notables liées à la condition de prévisualisation.

**Mots-clés.** Recherche d'information, ergonomie, dispositif de prévisualisation, charge cognitive, souris 3 D, tablette tactile.

**Abstract.** It is in the context of an action multidisciplinary research (Information Science and Communication, Psychology, Cognitive Ergonomics) we sought to test the hypothesis that patented preview device could improve performance in research information for users. The objective is to test the condition preview comparing it with a touch pad (Experiment 1) and mouse 3 D navigation features including modified (Experiment 2). Two search conditions are tested in order to analyze the effects of this device. The first "normal" condition with the classic search features, page by page, the second "plan" condition which enables you to preview selected pages and select only relevant pages. We postulate that this preview device should provide a better interaction between the user and the system and lead to better performance (reduced search time, decreased extrinsic load and improved payload memory). We asked a population (students and seniors) to find a target apartment with one or more specific criteria. The independent variables are manipulated, the type of modality, age, and complexity of research (variable intra-group). Dependent variables are the time to research, the number of visits to the set, the number of pages viewed and score the questionnaire Nasa Tlx. Significant effects were observed on both media (touch pad and mouse 3 D) with significant enhancements provided by preview.

**Keywords.** Information retrieval, ergonomics, previewing device, cognitive load, touch mouse 3 D, touch pad.

## 1 Introduction et cadre théorique

### 1.1 La recherche d'information : une activité complexe

La recherche d'information (RI) sur le web est devenue une activité de plus en plus courante (exemple : rechercher une adresse, un logement, consulter un horaire de train, un itinéraire ou la position géographique d'un hôtel...). La quantité d'information disponible et offerte ne cesse de croître sur le web. Ce surcroît d'information complique la tâche de l'utilisateur car l'accès à l'information souhaitée devient de plus en plus difficile. Il engendre certaines difficultés pour l'utilisateur qui peine à trouver ce qu'il recherche en dépit de l'existence des annuaires (ex : Yahoo) ou des moteurs de recherche (ex : Google). Les moteurs de recherche par mots clés renvoient généralement, comme réponse à une requête, une multitude de pages à consulter. L'utilisateur doit souvent faire le tri lui-même, le résultat de la recherche n'étant pas toujours pertinent et l'information trouvée souvent incomplète. Plusieurs études se sont intéressées à la structuration même de l'information (Durand *et al.*, 1997) ou aux facteurs influençant la recherche d'information : les expériences (Ihadjadene & Chaudiron, 2008), les caractéristiques individuelles (Xie & Joo, 2010), le contexte socioculturel (Bruillard & Fluckiger, 2010) et certaines caractéristiques des tâches de recherche (Kim, 2008). Tandis que d'autres ont eu pour objectif de chercher à comprendre le processus de recherche d'information et de le décrire en vue de proposer des modèles de RI. Ces études centrées sur la modélisation décrivent la recherche comme un processus qui se compose de phases, étapes, états (Ellis, 1989 ; Marchionini, 1995). Certaines études réalisées en Psychologie Cognitive Ergonomique (Chevalier & Kicka, 2006) ont mis en lumière les difficultés de traitement de l'information et d'orientation dans les sites web. Elles conduisent souvent au manque d'efficacité dans l'interaction, entraînant pour l'utilisateur l'impossibilité d'atteindre son but. Bon nombre de sites web comportent des contenus et des structurations complexes avec une exigence particulière en termes de ressources cognitives. Devant le nombre croissant des données affichées

et la diversité des tâches à réaliser, naviguer d'une page web à une autre ou survoler les liens d'un simple document devient pour l'utilisateur un exercice délicat à réaliser. Pour accéder à un ensemble de documents, l'utilisateur doit opérer des choix afin de sélectionner les plus pertinents, c'est-à-dire ceux dont le contenu correspond le mieux à son besoin en information.

La recherche d'information dans un document numérique est une activité qui comporte un objectif, un but, et s'effectue par un traitement cognitif souvent complexe des informations présentées. Cela nécessite la mise en œuvre parallèle d'activités mentales liées au traitement de l'information : la compréhension, l'évaluation, la sélection d'informations ; la planification, la régulation et le contrôle de l'activité (Tricot, 1998). Réaliser ces activités mentales avec un support tel que le web rend la tâche particulièrement difficile, car le web est un système évolutif et peu homogène du point de vue de la nature et de la structuration des informations qu'il contient. Autant la consultation sur un site web est aisée et motivante, lorsqu'on se livre à une simple découverte du contenu en se laissant entraîner de liens en liens, autant elle peut s'avérer délicate lorsqu'il s'agit de rechercher une information précise (mode de présentation et organisation des informations).

## 1.2 Modélisation de l'activité cognitive et visualisation de l'information

Plusieurs auteurs ont essayé de caractériser les processus cognitifs mis en œuvre dans la recherche d'informations en proposant des modèles de RI. À partir de travaux antérieurs (Guthrie, 1988), Rouet et Tricot (1998) ont proposé un modèle cyclique des processus cognitifs afin de mieux cerner le comportement et les stratégies mentales des utilisateurs. Le modèle EST (Evaluation/Sélection/Traitement) comprend 3 étapes et correspond au premier niveau. *L'évaluation* permet à l'utilisateur de savoir ce qu'il cherche et de décider de la procédure à appliquer. *La sélection* permet de choisir les informations pertinentes par rapport à l'objectif fixé. *Le traitement* permet d'évaluer la pertinence de l'information trouvée par rapport au but fixé. Ces trois activités qui se déroulent de façon séquentielle dépendent de processus de second niveau : la planification permet de mettre en œuvre une stratégie pour réaliser une tâche ; le contrôle permet de s'assurer de l'adéquation entre le résultat apporté et le but fixé ; la régulation permet d'entreprendre des actions correctrices en cas de problème. En résumé, pour qu'une recherche d'information soit efficace, il convient que l'utilisateur ait une bonne maîtrise de ces métas processus et des processus de base.

Certaines études ont été réalisées dans le but d'offrir un moyen facile de transiter entre plusieurs documents dans l'espace d'information. A titre d'exemple, les travaux de Stuart Pook *et al.* (2000) sur les interfaces « zoomables » peuvent être mentionnés. L'accès à l'information dans des systèmes d'information constitue une tâche primordiale pour de nombreuses applications. Cependant, la visualisation que proposent la plupart de ces systèmes pose souvent des problèmes de désorientation, les utilisateurs ayant fréquemment des difficultés à trouver l'information pertinente ou bien à se localiser ou se repérer. Selon Pook, le premier type d'aide proposé aux utilisateurs correspond à une vue « en profondeur » de l'espace d'information *via* une représentation hiérarchique qui permet d'une part de faciliter la localisation de la position courante et des informations recherchées, et d'autre part d'accélérer la recherche d'information. Le second type d'aide repose sur une succession de vues interactives à la fois transparentes et temporaires que les utilisateurs peuvent contrôler en un seul geste. Ces vues interactives se superposent à la vue courante en y rajoutant des informations contextuelles ou historiques qui aident les utilisateurs à comprendre quel chemin a été effectué pour arriver à un point. Ces types d'aides

permettent de visualiser un espace de travail « en profondeur » différent de celui offert par une interface graphique traditionnelle. Tous les documents peuvent être consultés en vue réduite afin qu'ils apparaissent ensemble dans l'écran et, inversement, on peut zoomer aussi sur les zones de cet espace sur lesquelles les utilisateurs souhaitent travailler.

Le dispositif breveté<sup>1</sup> que nous testons dans ce travail (particulièrement dans la seconde expérience, quand le système est activé à l'aide d'une souris 3D) s'appuie sur les travaux de Pook (2000). Il s'inscrit dans le cadre d'une invention dans le domaine des périphériques pour ordinateurs et plus précisément celui des dispositifs de pointages manuels (les souris informatiques). L'idée principale est de proposer une nouvelle fonctionnalité de prévisualisation du contenu d'un document en donnant aux utilisateurs la possibilité de pouvoir prévisualiser directement une vue réduite des pages ciblées d'un site par un survol des liens. Dès lors, ils accèdent directement et intuitivement à l'information pertinente par une vue en profondeur du document. Ils peuvent ainsi consulter l'information qu'ils estiment pertinente, sans être obligés à chaque fois de refermer une page pour en ouvrir une autre. L'étude présentée ici vise à mesurer les effets de ce dispositif auprès de sujets jeunes et âgés dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. En fait, il s'agit surtout d'examiner si ce dispositif peut améliorer et optimiser la navigation tout en allégeant la charge cognitive des utilisateurs.

Notre interrogation porte donc sur l'efficacité de ce dispositif de prévisualisation susceptible d'être observé et mesuré au plan interactionnel avec une souris 3 D (principe incorporé dans le corps de la souris). Même si, dans la seconde expérience, nous avons fait le choix de porter notre attention sur les effets de ce dispositif avec un périphérique d'interaction spécifique (souris 3 D), nous le comparons néanmoins à une tablette tactile (expérience 1). Peu de données ou travaux sont disponibles sur les changements induits par les technologies mobiles et tactiles sur les utilisateurs. Toutefois, l'intérêt de cette comparaison se situe au niveau de l'analyse de la tâche et de la mise en œuvre des processus cognitifs.

### 1.3 Approche expérimentale et cadre théorique

En vue d'évaluer de manière objective ces processus et de comprendre la nature du traitement de l'information, nous avons eu recours à différentes techniques, à savoir les mesures « on line » et « off line ». Les mesures « on line » permettent de mieux contrôler la réalisation de la tâche en cours, c'est-à-dire la manière dont l'utilisateur traite l'information à partir d'une consigne donnée, et de mesurer son comportement. Cela peut être réalisé en augmentant de manière progressive la complexité de la tâche. Se pose alors le problème de la charge mentale utilisée par l'utilisateur pendant la tâche. Les mesures « off line » permettent d'évaluer la charge mobilisée par l'utilisateur après la tâche. Nous avons donc utilisé des questionnaires « off line » pour mieux évaluer cette charge. Notre cadre théorique prend appui sur les travaux de Sweller (1999) réalisés sur la charge cognitive dans la mesure où la tâche proposée aux utilisateurs entraîne un effort cognitif. Même si le concept est très discuté scientifiquement (Schnotz & Kürschner, 2007 ; De Jong, 2010 ; Moreno, 2010), la théorie de la charge cognitive propose de limiter au maximum tous les éléments qui peuvent surcharger notre attention (par exemple : intégrer des sources d'informations disparates, éviter la redondance d'informations...). Elle se distingue par trois types de charge : la charge intrinsèque, extrinsèque (inutile) et germane (utile). La charge « intrinsèque » fait

---

<sup>1</sup> Caro (07) : Dispositif de pointage pour ordinateur : souris cartographique. INPI, bulletin officiel de la propriété industrielle n° 07/34 du 24.08.2007 (n° de publication 2 886 425).

référence aux caractéristiques du contenu présenté et à son niveau d'interactivité. La charge « extrinsèque » est déterminée par la manière de présenter les informations et elle ne contribue pas à l'apprentissage. La charge « germane » n'a pas d'impact négatif sur la réalisation de la tâche. Elle est pertinente dès lors qu'elle est utile à l'apprentissage.

Durant sa recherche, l'utilisateur doit sélectionner une information précise, la traiter et l'intégrer à d'autres informations. Cette exigence entraîne un effort mental dans le sens où l'utilisateur doit se rappeler en permanence ce qu'il est en train de chercher. Pour Amadiou, van Gog, Paas, Tricot et Mariné (2009), le fait que l'utilisateur soit contraint de sélectionner l'information, la traiter et l'intégrer à d'autres informations impose une forte demande sur les ressources cognitives, ce qui peut conduire à la désorientation et à la surcharge cognitive et avoir des conséquences négatives sur les apprentissages. Nous nous appuyons également sur le modèle de mémoire de travail de Baddeley (1990) qui est sollicitée à de nombreuses reprises et provoque quelquefois un abandon de la recherche lorsque l'effort cognitif est trop important. La mémoire de travail permet de maintenir pendant un temps limité l'information sélectionnée. Sa capacité de stockage est limitée seulement à quelques éléments pendant une courte durée (Miller, 1956). Elle joue un rôle fondamental dans les activités cognitives complexes telles que la compréhension, l'acquisition de nouvelles connaissances, le raisonnement et la résolution de problèmes. Elle assure « la double fonction de traiter et de maintenir temporairement active l'information » (Baddeley, 1990).

Comme le souligne Rouet (2003), « à l'heure actuelle, les données manquent sur la façon dont les personnes âgées utilisent internet pour rechercher des informations et pour dire si la recherche d'un billet de train, d'un programme TV ou d'un lieu de vacances sur internet sont des opérations faciles ou difficiles pour le public ». Cependant, grâce à des études menées en psychologie cognitive, de nombreux résultats démontrent que les personnes âgées sont plus lentes que les jeunes pour réaliser des tâches de recherche d'information dans des sites web (Czaja, Sharit, Ownby, Roth & Nair, 2001 ; Freudenthal, 2001 ; Westerman, Davies, Glendon, Stammers & Matthews, 1995). Ils rencontrent d'autant plus de difficultés lorsque la tâche s'avère complexe (Kubeck, Miller-Albrecht & Murphy, 1999). Mais d'autres études soulignent qu'ils ne font pas forcément plus d'erreurs ou ne sont pas moins précis (Freudenthal, 2001 ; Westerman *et al.*, 1995). Plusieurs explications sont avancées pour rendre compte de ces différences. La diminution de la vitesse de traitement de l'information liée à l'âge, ou au ralentissement général, a été évoquée pour rendre compte de leur lenteur (Czaja *et al.*, 2001 ; Freudenthal, 2001 ; Laberge, & MacKillop, 2008). La faiblesse de leurs performances serait due à une diminution des capacités de la mémoire de travail (Czaja *et al.*, 2001 ; Hudson *et al.*, 2008) notamment de la composante visuospatiale (Freudenthal, 2001 ; Westerman *et al.*, 1995). La recherche sur le web nécessitant de maintenir en mémoire le but de la recherche, les informations traitées et leur emplacement, le traitement des informations serait donc plus coûteux pour les personnes âgées.

## **2 Expériences et protocole**

### **2.1 Un dispositif de navigation qui améliore la recherche d'information**

Lorsque l'utilisateur navigue dans une page d'un site web, il peut éprouver des difficultés à se représenter le document qu'il consulte. Dans notre dispositif, nous proposons une prévisualisation du contenu d'un document numérique. Deux vues viennent se superposer *via* un mécanisme de transparence : l'une représentant la

page courante et l'autre représentant un plan du site (Figure 1). L'utilisateur peut donc facilement distinguer les deux vues. L'affichage du plan présenté sous la forme d'un escamot (fenêtre *pop-up*) est temporaire de manière à ne pas surcharger l'écran. Il disparaît au moment où l'utilisateur n'éprouve plus le besoin de connaître la structure du document. Il s'estompe dès que l'utilisateur termine le geste qui a provoqué son apparition à l'écran. L'avantage de ce dispositif est qu'il permet d'afficher et de manipuler des informations sur écran sans être obligé à chaque fois de refermer une page pour en ouvrir une autre.



Figure 1. Apparition en transparence de la structure du site (Crédit Mutuel).

L'utilisateur peut voir un aperçu de chaque page depuis le plan du site qui permet de visualiser les liens pour les pages dont le lien est survolé par le pointeur. L'effet œil de poisson (figure 2) est destiné à distinguer les trois espaces affichés : la page d'accueil (plein écran), le plan du site en transparence (rectangle), et la page ciblée (escamot *fish-eye*). La page ciblée apparaît de manière éphémère et uniquement si l'utilisateur le souhaite.



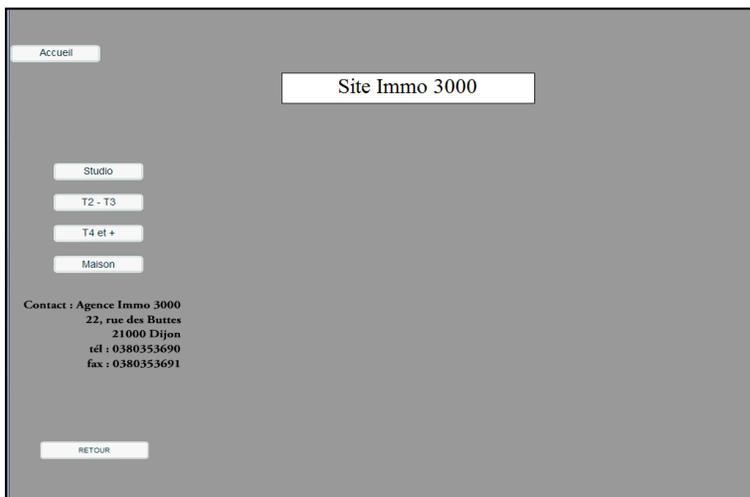
Figure 2. Apparition en transparence d'un aperçu d'une page lors du survol d'un des liens.

## 2.2 Objectifs et hypothèses

L'objectif principal consiste à tester de façon empirique un dispositif de prévisualisation permettant d'accélérer et d'optimiser la recherche d'information dans un document numérique. Il s'agit d'évaluer l'efficacité cognitive de ce dispositif en mesurant les performances d'un échantillon composé d'étudiants et de personnes âgées dans le cadre d'une tâche de recherche de logements.

Dans une première expérience, nous testons deux modalités de recherche avec une tablette tactile. La première modalité « normale » est caractérisée par un mode de consultation classique où l'utilisateur doit, pour parvenir à l'information recherchée, naviguer de pages en pages. La seconde « plan » présente un mode d'affichage sous la forme d'une arborescence où l'utilisateur peut se déplacer de lien en lien avec la possibilité offerte de pré-visualiser l'information pertinente.

En vue de comparer les résultats obtenus avec ce dispositif tactile, nous conduisons une seconde expérience avec une souris 3 D, dans laquelle nous testons la condition de prévisualisation avec les mêmes modalités de recherche. L'intégration de la fonction prévisualisation (apparition du plan et des prévisualisations de page), dans une des commandes de la souris, devrait permettre une utilisation plus fluide de cette fonctionnalité.



**Figure 3.** *Page d'accueil du site expérimental d'agence immobilière*

Nos hypothèses sont les suivantes :

- 1) la modalité plan réduit le temps de recherche quel que soit l'âge des sujets. Cette modalité permet ainsi de localiser et d'extraire plus rapidement l'information pertinente.
- 2) la complexité des questions induit une augmentation significative sur le temps de recherche, la consultation de la consigne et le nombre de pages ouvertes.
- 3) la condition plan favorise les sujets âgés et leur permet de tirer bénéfice du dispositif.

- 4) la condition plan permet d'améliorer de manière significative les temps de recherche des sujets quel que soit l'âge en diminuant la charge mentale en mémoire de travail.

**2.3 Matériel et méthode**

Nous avons élaboré un site d'agence immobilière expérimental (figure 3) avec environ 300 annonces d'appartements et de maisons accompagnées de textes descriptifs (figure 4).

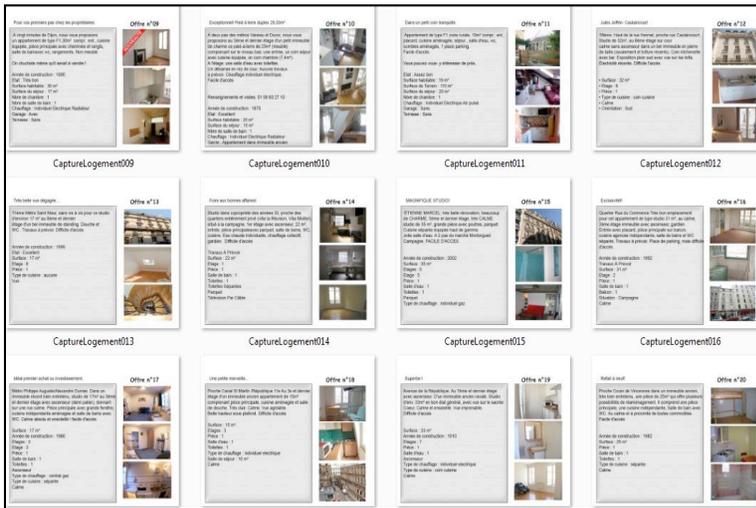


Figure 4. Capture d'écran de quelques annonces de logements

**2.4 Tâche**

Le sujet a pour consigne de chercher et de trouver un logement en tenant compte des critères cibles de la question. Les questions sont identiques dans chacune des modalités et apparaissent dans un ordre contrebalancé. Un programme permet d'enregistrer la question, le temps consommé, le nombre de pages visitées. Nous avons complexifié la tâche pour localiser l'information cible dans le site. Nous avons donc déterminé trois niveaux de complexité en fonction du nombre de critères et de la distance entre chaque lien à parcourir. Autrement dit, pour chaque niveau de complexité, nous augmentons le nombre de critères de la consigne (obligeant ainsi le sujet à solliciter sa mémoire de travail), tout en éloignant la réponse cible à l'aide d'un codage informatique (obligeant d'une certaine manière le sujet à parcourir plusieurs pages web).

**2.5 Procédure**

La procédure comporte principalement trois phases : le pré-test, le test, le post-test. Dans la première phase (pré-test), les consignes sont données oralement par l'expérimentateur. Pour s'assurer de sa bonne compréhension, le pré-test est réalisé pour s'assurer que le sujet a bien saisi les consignes. L'expérimentateur lui présente quelques pages d'écran avec l'objectif de répondre à la question posée. A l'issue, il doit savoir faire apparaître la consigne, parvenir à l'information recherchée, revenir en arrière, et valider la réponse. Dans la seconde phase (test), le sujet doit

rechercher au sein de la condition présentée les informations pour répondre aux questions les unes à la suite des autres. La page d'accueil s'affiche et le sujet fait apparaître la consigne. A la lecture de la consigne, il cherche la réponse à la question en sélectionnant les différents items proposés. D'item en item, il parvient au descriptif de la photo du logement et recherche les informations qui répondent à la consigne. Dans l'éventualité où ceux-ci ne répondent pas à la consigne, le sujet revient en arrière autant de fois que nécessaire jusqu'à ce qu'il trouve les informations en adéquation avec la consigne. Chaque groupe est réparti dans les deux modalités et doit répondre aux mêmes consignes. Dans la troisième phase (post-test), le sujet doit compléter un questionnaire de charge mentale NasaTlx (Maincent, 2001). Ils s'affichent à l'écran une fois seulement le test terminé. Le sujet évalue lui-même la charge mentale fournie durant la tâche en le complétant de manière précise. Le but est de comprendre la mesure subjective des activités mentales dans l'exécution d'une tâche. Le Nasa-Tlx est un outil qui permet de recueillir les évaluations de charge de travail subjective des sujets. Il distingue les six dimensions de charge mentale : exigence mentale, exigence physique, exigence temporelle, charge mentale de travail, performance, effort et niveau de frustration. La description de chaque dimension se trouve dans le tableau 1. Chaque dimension comprend une échelle graduée de 0 à 100 avec une intensité du plus faible au plus élevé.

Dimensions	Pôles	Description
Exigence mentale	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point les activités mentales et perceptives étaient-elles requises pour faire la tâche ?
Exigence physique	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point les activités physiques étaient-elles requises pour faire la tâche (ex., pousser, tirer, tourner, contrôler, activer, etc.) ?
Exigence temporelle	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point avez-vous ressenti la pression du temps due au rythme ou à la vitesse à laquelle la tâche ou les éléments de tâche arrivent ?
Performance	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point pensez-vous que vous réussissez à atteindre les buts de la tâche tels que définis par l'expérimentateur ou par vous-même ?
Effort	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point avez-vous eu à travailler (mentalement ou physiquement) pour atteindre votre niveau de performance ?
Frustration	Faible/Elevé	Jusqu'à quel point vous sentiez-vous non confiant, découragé, irrité, stressé et ennuyé vs confiant, avec plaisir, content, relaxe, satisfait de vous durant la tâche ?

**Tableau 1.** Description dimensions de NASA-TLX (Maincent, 2001)

**Le questionnaire MMSE** (version crayon papier) est présenté uniquement aux sujets âgés. Il permet d'examiner et d'évaluer de manière rapide l'état mental des personnes âgées (Folstein, Folstein & McHugh, 1975). Il est utilisé dans le but

d'orienter un diagnostic dans le cadre d'un dépistage de démence de type Alzheimer. Il s'agit d'un questionnaire qui inclut des items d'orientation temporelle (quelle est la date d'aujourd'hui ?) et spatiale (où sommes-nous ?). Le score global est noté sur 30 points. Un score de 26 et plus est considéré dans les études comme témoignant d'un fonctionnement cognitif normal. Un score de 21-26 suggère une démence modérée et un score de moins de 10 peut signifier une démence grave (Folstein *et al.*, 1975). Le questionnaire est sensible au niveau de scolarité de chaque participant et son utilisation doit tenir compte des caractéristiques personnelles de chaque sujet dans le cadre d'un dépistage des troubles cognitifs. Même si ce questionnaire examine de manière globale l'état mental des personnes âgées, il nous renseigne peu sur la nature des processus cognitifs mis en œuvre. Le score global retenu ne permet pas de savoir quels aspects de la cognition sont touchés. Toutefois, nous l'avons utilisé dans nos expériences afin d'avoir des données objectives dans l'interprétation de nos résultats. Autrement dit, il nous a permis d'écartier les sujets ne répondant pas aux exigences d'un fonctionnement cognitif normal.

**Le questionnaire MILL HILL** (version crayon papier) est présenté en dernier et uniquement aux sujets âgés. Il s'agit d'une échelle de vocabulaire destinée à mesurer les aptitudes verbales et qui comprend une série de 34 mots. Pour chaque mot, le sujet doit trouver un synonyme parmi six autres mots qui lui sont présentés. Il voit un mot écrit en majuscules, accompagné de six mots en minuscules. Il doit choisir parmi ces 6 mots, lequel est le meilleur synonyme du mot écrit en majuscules et il doit souligner celui-ci. Les items sont numérotés de 1 à 34 et doivent tous être remplis. Les sujets obtiennent un point pour chaque synonyme correctement sélectionné (aucun crédit pour d'autres réponses). La figure 5 fournit un exemple des items utilisés dans cette épreuve.

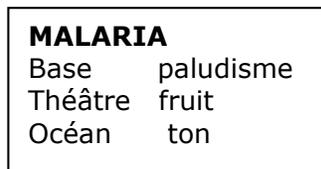


Figure 5. Item utilisé dans le MILL HILL.

## 2.6 Analyse des données

Les analyses de variance portent principalement sur : le temps de réponse, le nombre de consultations de la consigne, le nombre de pages consultées, les scores du questionnaire de la charge cognitive.

## 3 Expérience 1

Les nouveaux dispositifs interactifs, tels que les tablettes tactiles, permettent de faire coïncider l'espace d'affichage avec la surface tactile. De ce fait, ces dispositifs ne nécessitent plus nécessairement un périphérique (souris/stylet) pour manipuler l'information : l'utilisateur peut directement « toucher du doigt » une icône ou une application sur l'écran et la manipuler. Cette première expérience a pour objectif d'étudier les processus cognitifs mis en œuvre lors de la réalisation d'une tâche de recherche de logements effectuée avec une tablette tactile.

### 3.1 Sujets

L'expérience a été menée sur un échantillon de cinquante sujets répartis en deux groupes d'âges distincts. Trente sujets jeunes de niveau BAC+2 (âge moyen = 20,32 ans, écart type = 1,87) et vingt sujets âgés (âge moyen = 68,72 ans, écart type = 5,42) titulaires au moins du brevet des collèges. Tous les sujets ont été recrutés sur la base du volontariat et savent utiliser un navigateur web. Les questionnaires post-test (MMSE et MILL HILL) ont permis d'analyser les résultats des sujets présentant un score dans les limites de la normalité et d'exclure ceux dont le score risquait de présenter une démence plus ou moins faible.

### 3.2 Protocole expérimental

Il comprend un écran tactile (Figure 6) sur lequel est installé le site expérimental d'agence immobilière. Il fonctionne avec le système d'exploitation « Android ». Nous testons deux modalités (normale *versus* plan) qui offrent plusieurs niveaux de sélection sur chaque page. Le sujet interagit à l'aide des doigts.



Figure 6. Tablette tactile

La modalité normale (figure 7) permet au sujet d'accéder à l'information recherchée via la page d'accueil. Dès qu'il a pris connaissance de la consigne de recherche, il sélectionne le type de logement en exerçant un appui du doigt sur la surface tactile. Il parcourt ainsi plusieurs pages (surface, ville/campagne ; meublé/non meublé...). Dès qu'il parvient à la page comprenant le descriptif et la photo du logement, il évalue la pertinence des informations présentées par rapport à la consigne de départ. En appuyant du doigt sur le lien « retour », le sujet peut ainsi revenir en arrière à chaque fois et autant de fois qu'il le souhaite, si l'information trouvée ne correspond pas à la question posée.

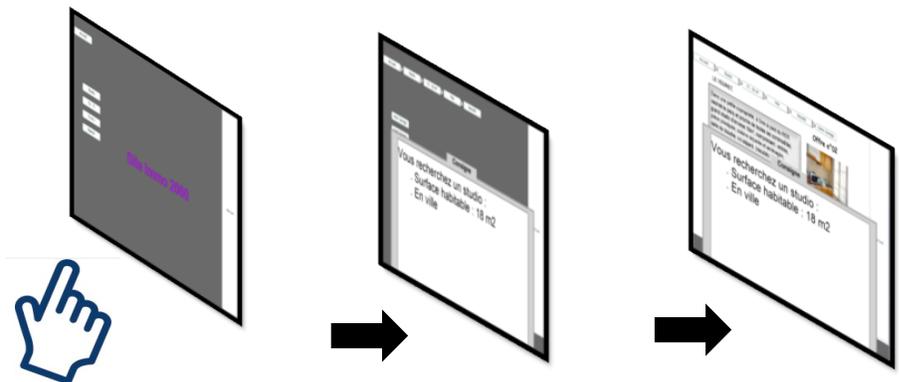


Figure 7. Modalité normale dans le site d'agence immobilière

La modalité plan (figure 8) est présentée sous la forme d'un plan avec une arborescence où apparaît l'ensemble des rubriques à savoir : le type de logement, la surface, le lieu, meublé ou non-meublé, avec ou sans garage, etc. Le sujet peut faire apparaître un escamot de prévisualisation en exerçant un appui des doigts sur la surface tactile. Un premier appui fait apparaître un escamot et dans un second appui, la page d'intérêt dans son intégralité comme s'il avait cliqué sur le lien. Si l'information trouvée correspond à la question posée, il valide la réponse par un appui du doigt sur la surface sélectionnée. Cette modalité met en avant cette notion de « vue en profondeur » du document consulté en présentant le contenu des rubriques et leur niveau de précision.

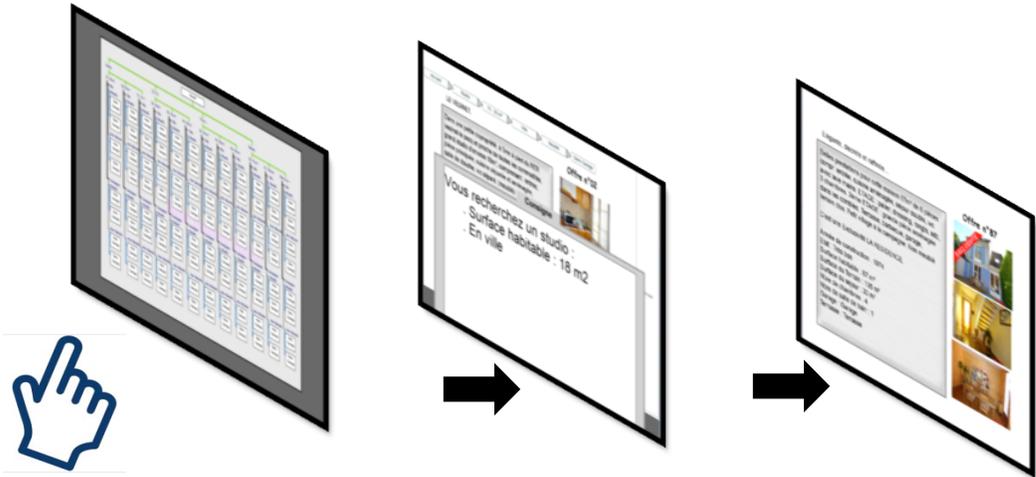


Figure 8. Modalité plan dans le site d'agence immobilière

Les variables indépendantes sont :

- Le type de document
- L'âge (variable inter-sujet)
- La complexité de la recherche (variable intra-groupe).

Les variables dépendantes mesurées sont :

- Le temps de recherche
- Le nombre de pages visitées
- Le nombre de fois où la consigne est consultée
- Le score au questionnaire Nasa Tlx.

Les analyses de variance (ANOVA) ont été réalisées avec l'âge comme facteur inter-sujet (2 modalités : jeunes et âgés), le type de document (2 modalités : normale et plan) et la complexité de la recherche comme variable intra-groupe en mesures répétées (3 niveaux).

### 3.3 Principaux résultats

#### *Mesures online*

##### Temps de recherche

##### • Effet de l'âge

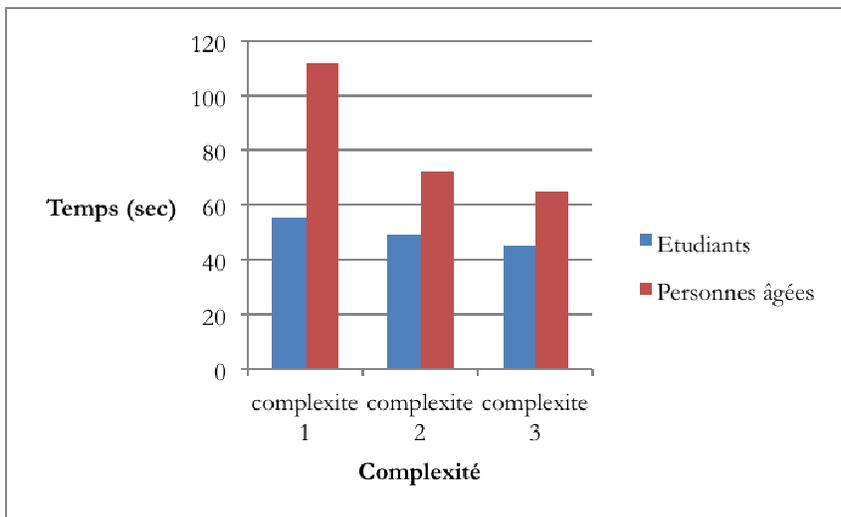
L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'âge ( $F(1,46)=25.26$ ,  $p<.01$ ) suggérant que le groupe étudiants a un temps de recherche plus réduit que le

groupe personnes âgées. Toutefois, l'ANOVA ne montre aucun effet significatif de la modalité ( $F(1,46)= 1.10, p=.29$ ).

- **Effet de la complexité**

La recherche d'information peut également devenir difficile lorsque la complexité des buts ou la quantité d'informations à examiner augmentent. Le sujet doit lire l'énoncé de la question et mémoriser les items de recherche pour parvenir à trouver la bonne réponse. L'ANOVA indique un effet significatif du niveau de complexité des questions ( $F(2,92)=14.02, p< .01$ ). Ce résultat suggère que le temps de recherche diminue de la première à la dernière question alors que la tâche est de plus en plus complexe.

Le graphique 1, figure 9, présente les temps de recherche moyens selon l'âge et le niveau de complexité. Dans cette analyse, nous cherchons à vérifier une éventuelle interaction entre les facteurs (âge et complexité). L'ANOVA des deux facteurs (âge et complexité) montre un effet significatif ( $F(2,92)= 5.62, p<.05$ ) suggérant que le temps de recherche diminue dans les trois niveaux de complexité pour les deux groupes de sujets. L'analyse montre également que cette diminution du temps est plus forte pour le groupe personnes âgées.



**Figure 9.** Temps de recherche moyen pour chaque groupe dans chaque niveau de complexité

La figure 10 présente le temps moyen de recherche selon le type de modalité et le niveau de complexité. L'analyse révèle un effet significatif de l'interaction des deux facteurs complexité et modalité ( $F(2,92)=4.35, p<.01$ ) indiquant que le temps de recherche diminue dans chaque modalité. Cette diminution est plus forte dans la condition plan.

L'interaction entre les facteurs (âge et modalité) n'indique pas d'effet significatif ( $F(1,46)=1.69, p=.19$ ). Les graphiques 11 (a, b, c) présentent les temps moyens de recherche selon les 3 facteurs complexité, âge, et modalité. L'analyse des facteurs conjoints (complexité, âge et modalité) montre un effet significatif de l'interaction ( $F(2,92)=4.01, p<.05$ ) suggérant que le temps de recherche est plus

long pour les personnes âgées dans les trois niveaux de complexité. La différence entre les modalités s'estompe alors que le niveau de complexité augmente, suggérant un effet d'apprentissage du dispositif en faveur du groupe personnes âgées. Les étudiants tirent parti dès le début de la modalité plan avec des temps de recherche toujours plus réduits que dans la modalité normale.

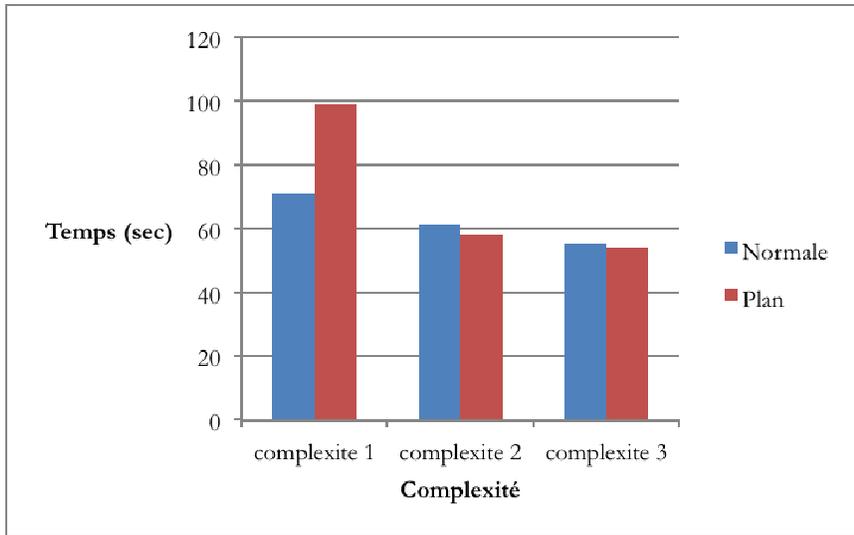


Figure 10. Temps de recherche moyen de chaque modalité dans chaque niveau de complexité

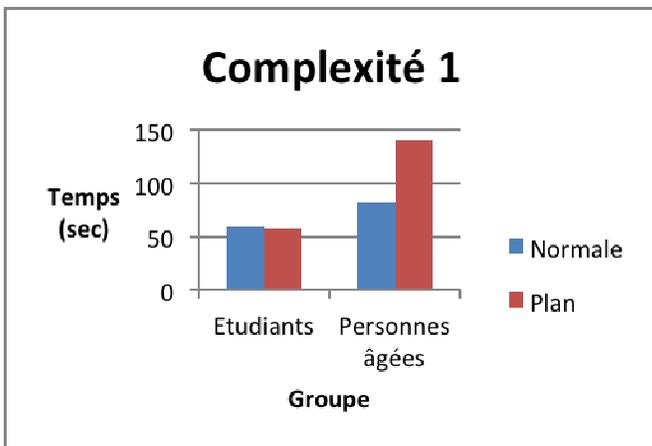


Figure 11a. Temps moyen de recherche selon le niveau de complexité

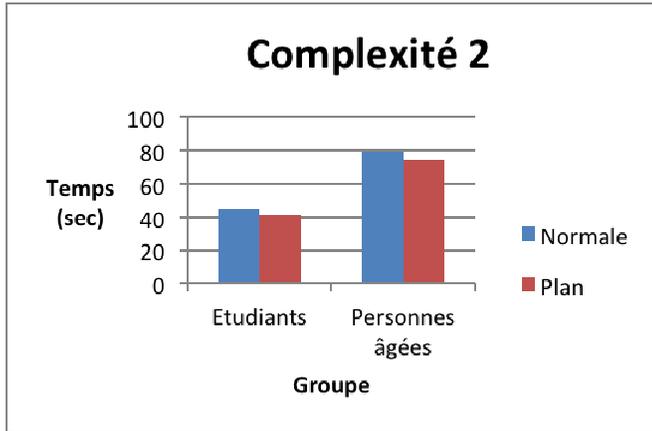


Figure 11b. Temps moyen de recherche selon le niveau de complexité

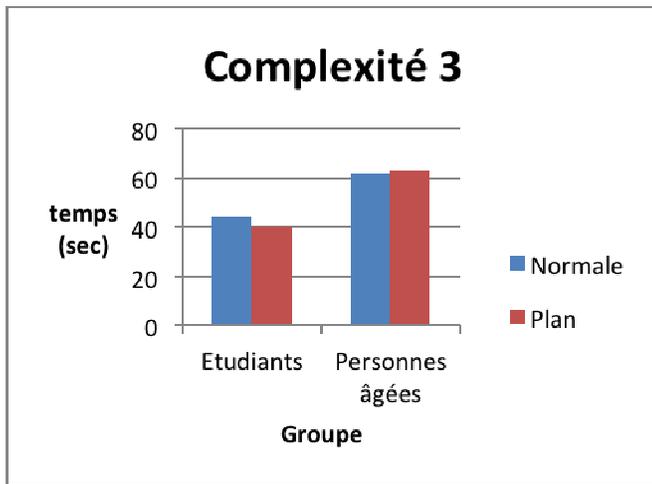


Figure 11c. Temps moyen de recherche selon le niveau de complexité

#### Nombre de consultations de la consigne

La consultation de la consigne donne une indication pertinente du traitement de l'information par le sujet. Il s'agit de savoir, en quelque sorte, à partir de quel niveau de complexité le sujet éprouve des difficultés à localiser l'information, la comprendre et la mémoriser. La mesure du nombre de consultations de la consigne est un indicateur permettant de mieux analyser la manière dont le sujet traite l'information. Nous postulons qu'un nombre de consultations croissant de la consigne pourrait traduire, chez le sujet, une difficulté à maintenir en mémoire les informations qu'il recherche.

- **Effet de l'âge**

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'âge ( $F(1,46)=16.68, p<.01$ ) suggérant que le groupe étudiants consulte moins la consigne.

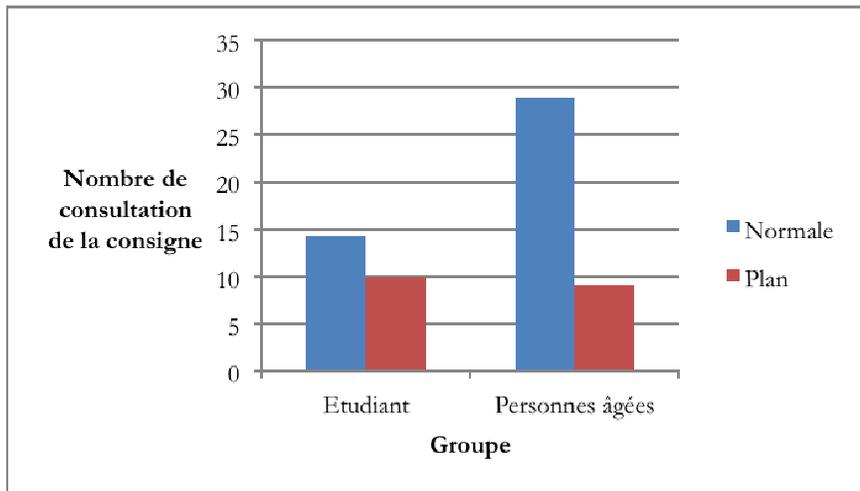
- **Effet de la modalité**

L'ANOVA indique un effet significatif de la modalité, ( $F(1,46)=45.18, p<.01$ ) montrant que la consigne est doublement plus consultée dans la modalité normale que dans la modalité plan.

- **Effet de la complexité**

L'ANOVA suggère un effet significatif de la variable complexité ( $F(2,92)=5.14, p<.05$ ). Ce résultat suggère une augmentation croissante du nombre de consultations de la consigne, traduisant une difficulté chez les sujets à localiser l'information quand la complexité augmente. L'analyse des facteurs conjoints des facteurs (âge et complexité) ne met pas en évidence un effet significatif de l'interaction ( $F(2,92)=.35, p=.70$ ), ainsi que des facteurs (modalité et complexité) ( $F(2,92)=3.01, p=0.54$ ).

Le graphique 12 présente le nombre moyen de consultations de la consigne selon l'âge et la modalité. L'ANOVA indique un effet significatif de l'interaction des facteurs (âge et modalité) suggérant que la consigne est moins consultée dans la modalité plan. Ce résultat montre que les personnes âgées consultent moins la consigne dans la modalité plan que les étudiants.



**Figure 12.** Nombre de consultations de la consigne selon l'âge et la modalité

L'analyse conjointe des facteurs (complexité, âge, et modalité) ne montre pas d'effet significatif de l'interaction ( $F(2,92)=.67, p=.51$ ).

### Nombre d'écrans consultés

Le nombre de pages consultées correspond aux nombres de pages ouvertes (descriptif + photographie du logement) où le sujet doit chercher l'information

pertinente pour répondre à la consigne. Il représente un indicateur comportemental relatif à l'objectif visé. L'analyse de la variance ne révèle pas d'effet significatif de l'âge ( $F(1,46)=.96, p=.32$ ).

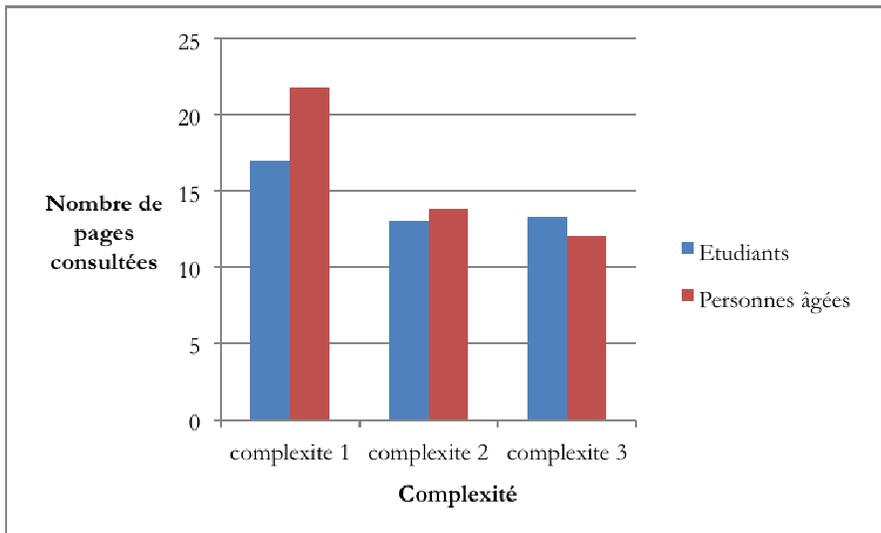
- **Effet de la modalité**

L'ANOVA indique un effet significatif de la modalité ( $F(1,46)=17.64, p<.01$ ) montrant ainsi que le nombre de pages ouvertes est plus important dans la modalité plan que dans la modalité normale alors que les temps de recherche sont souvent plus courts.

- **Effet de la complexité**

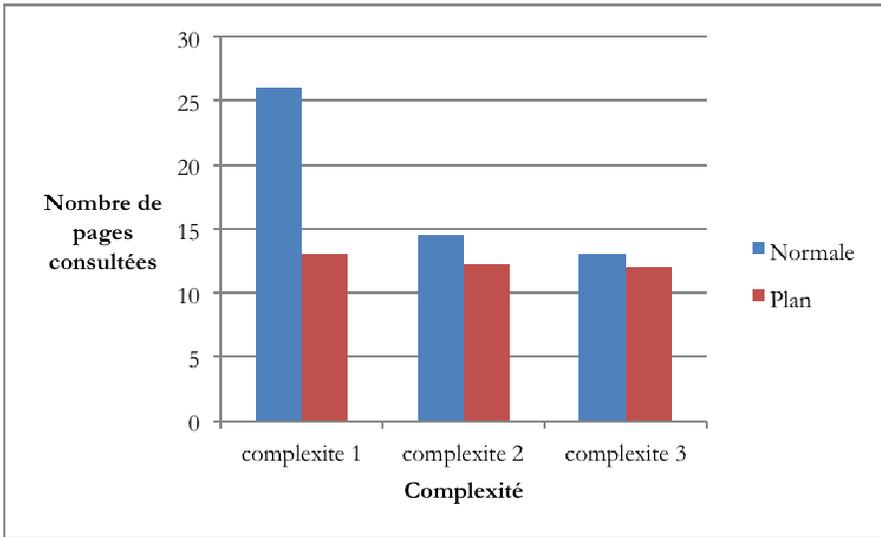
L'analyse de la variance révèle un effet significatif du niveau de complexité ( $F(2,92)=25.90, p<.01$ ), suggérant que le nombre de pages visitées diminue de la première question à la dernière question. L'ANOVA n'indique pas d'effet d'interaction des deux facteurs (âge et modalité) ( $F(1,46)=2.57, p=.11$ ).

Le graphique 13 présente le nombre moyen de pages consultées selon l'âge et la complexité. L'analyse présente un effet significatif de l'interaction (âge et complexité) ( $F(2,92)=4.10, p<.05$ ), suggérant une diminution du nombre de pages visitées du premier niveau au dernier niveau de complexité.



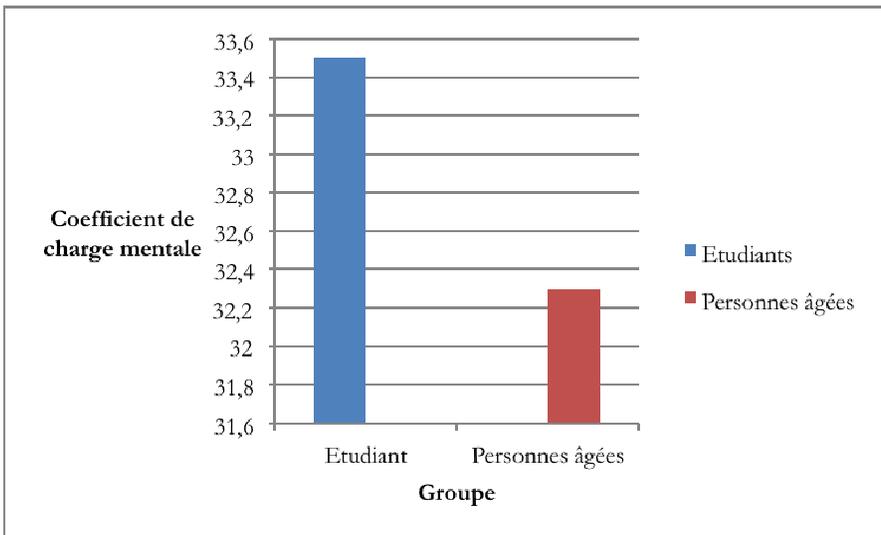
**Figure 13.** Nombre moyen de pages consultées selon l'âge et la complexité

Le graphique 14 présente le nombre moyen de pages consultées selon la modalité et la complexité. L'analyse de la variance montre un effet significatif de l'interaction des facteurs (modalité et complexité) ( $F(2,92)=20.10, p<0.1$ ). Ce résultat indique une diminution du nombre de consultation des pages du premier au dernier niveau de complexité.



**Figure 14.** Nombre moyen de pages consultées selon la modalité et la complexité

L'analyse de la variance des facteurs (complexité, âge et modalité) ne montre pas d'effet d'interaction ( $F(2,92)=.34, p=.70$ ).



**Figure 15.** Score de la charge mentale selon l'âge

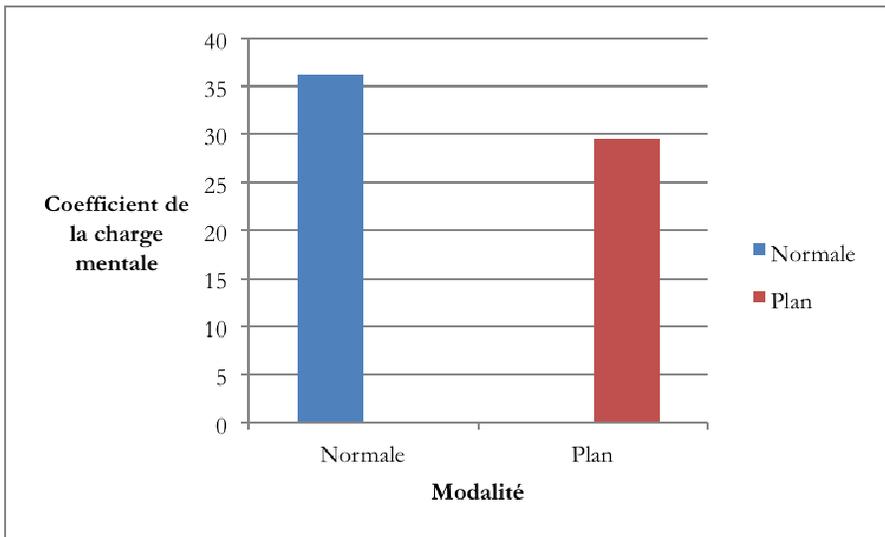
*Mesures offline*

Mesure subjective de la charge mentale

Après avoir terminé le test, les sujets doivent évaluer la charge de travail en répondant au questionnaire NASA TLX. Les résultats obtenus permettent de déterminer un coefficient de charge (score de la charge mentale).

Le graphique 15 présente le score de la charge mentale selon l'âge. L'ANOVA ne met pas en évidence un effet significatif de l'âge ( $F(1,46)=.14, p=.70$ ).

Le graphique 16 présente le score de la charge mentale selon la modalité. L'analyse de la variance montre un effet significatif de la modalité plan ( $F(1,46)=6.93, p<0.1$ ). Ce résultat traduit une réduction de la charge mentale dans la modalité plan. Ce qui implique que dans la modalité normale, les sujets doivent réaliser un effort plus important pour trouver l'information.



**Figure 16.** *Score de la charge mentale selon la modalité*

L'analyse conjointe des facteurs (âge et modalité) ne mettent pas en évidence un effet d'interaction ( $F(1,46)=.02, p=.87$ ).

En résumé, l'examen de ces résultats révèle certaines constantes et certaines différences. Globalement, les personnes âgées mettent plus de temps à trouver la réponse que les étudiants. Même si le niveau de complexité augmente, le temps de recherche diminue de la première à la dernière question dans chaque groupe. C'est dans la modalité plan que les sujets consultent le moins la consigne et les personnes âgées moins que les étudiants. De plus, les sujets consulteraient plus de pages avec une diminution significative du nombre de pages en faveur du groupe âgé.

### 3.4 Discussion

Dans cette étude, les objectifs poursuivis étaient d'évaluer les effets d'un dispositif mobile tactile pouvant offrir, d'une part, une meilleure interaction entre des utilisateurs et un système, et d'autre part, d'améliorer leurs performances de recherche. La première hypothèse émise est que la modalité plan réduit le temps de recherche quel que soit l'âge des sujets. La deuxième hypothèse est que la complexité des questions induit une augmentation significative sur le temps de

recherche, la consultation de la consigne et le nombre de pages ouvertes. La troisième hypothèse est que la condition plan favorise les personnes âgées et leur permet de tirer bénéfice du dispositif. Plusieurs résultats intéressants émergent de cette expérimentation.

Concernant la première hypothèse, les résultats obtenus révèlent que le facteur modalité n'a pas d'effet sur le temps de recherche, mais sur le nombre de consultations de la consigne et du nombre de pages consultées. Toutefois, l'effet de modalité joue en faveur du nombre de consultations de la consigne et du nombre de pages visitées. Ces données suggèrent que le temps moyen de recherche pour l'ensemble des sujets n'augmente pas ou ne diminue pas selon la modalité. Toutefois, les personnes âgées consulteraient plus la consigne avec un nombre de visite plus fréquent sur les pages que les étudiants. La réduction de la capacité de mémoire de travail chez les adultes âgés relativement aux adultes jeunes a largement été démontrée dans la littérature et en particulier dans les situations où les participants doivent simultanément traiter et stocker l'information. Les données empiriques tendent à montrer que l'âge affecte tant la capacité de traitement que la capacité de stockage en mémoire de travail. Ces résultats suggèrent que le rôle de la mémoire de travail dans l'explication des différences d'âge dans la performance est plus important lorsque la tâche est plus exigeante en termes de ressources. Ce qui suggère qu'il faut prendre certaines précautions pour interpréter les effets d'âge plus importants dans des tâches complexes, car certaines de ces différences peuvent être dues uniquement à des différences d'âge dans la rapidité avec laquelle des opérations élémentaires sont effectuées (Verhaeghen & Cerella, 2002).

Concernant la deuxième hypothèse, les résultats de notre expérience montrent que la complexité de la tâche a un effet d'apprentissage sur le temps de recherche pour parvenir à la réponse. Plus la complexité de la question augmente, et plus le temps pour trouver la bonne réponse diminue. Certes, ce résultat peut surprendre car il va à l'encontre d'un des aspects du modèle de Rouet et Tricot (1998) à savoir la phase d'évaluation. Selon les auteurs, le sujet, pour parvenir à l'état final, doit à la fois maintenir de manière active une structure de but cohérente avec l'état initial et ensuite la faire évoluer en fonction des informations trouvées durant sa recherche d'information. Or, la difficulté principale réside dans la capacité limitée de la mémoire de travail. Le sujet doit activer et désactiver la structure du but en fonction des informations prélevées, entraînant ainsi une surcharge cognitive. Dans ce cycle, le temps de recherche pour trouver la bonne réponse devrait être plus long du fait de la complexité des questions. Toutefois, nous pouvons quand même interpréter ce résultat par les difficultés qu'ont les sujets à construire une structure cohérente du but lors de la lecture de la consigne. Le sujet chercherait au cours de sa recherche à traiter l'information sans forcément vouloir chercher à mémoriser les items de la recherche. Effectivement, le sujet traite les informations qui lui paraissent les plus pertinentes et inhibe celles qui le sont moins. Or, cette stratégie caractérisée par l'inhibition de certaines informations comporte un coût et pourrait expliquer davantage la diminution du temps de recherche. Le sujet n'aurait plus ainsi à encombrer sa mémoire d'informations inutiles et sélectionnerait celles qui se rapprochent le plus de son but.

Concernant la troisième hypothèse, les résultats obtenus indiquent un effet de l'âge à la fois sur le temps de recherche et sur le nombre de consultations de la consigne. Ces résultats vont dans le sens de la littérature sur le vieillissement cognitif. Ils révèlent que le vieillissement des fonctions exécutives s'accompagne d'une réduction de la vitesse du traitement des informations à savoir la vitesse avec laquelle les opérations mentales sont déclenchées et réalisées. On peut donc penser

que c'est dans la condition plan et parce qu'ils adoptent un mode de traitement profond, focalisé, ciblé au traitement du contenu, que les personnes âgées localisent plus facilement l'information pertinente. La seconde expérience qui suit, teste la même interface avec une souris spécifique qui dispose d'une commande progressive (enfoncement du corps de la souris sur des ressorts) permettant de visualiser le plan du site progressivement en transparence.

## **4 Expérience 2**

Dans cette seconde expérience, nous postulons qu'un dispositif de pointage manuel électronique avec des fonctions de navigation légèrement modifiées pourrait avoir un impact sur les ressources cognitives des sujets dans le cadre d'une tâche de recherche d'information. Non seulement, il favoriserait la consultation d'information en s'affranchissant de certaines exigences mentales, mais selon la théorie de Sweller (1990), il diminuerait la charge cognitive extrinsèque en mémoire pour allouer de meilleures ressources à la charge utile. Pour confirmer cette hypothèse, nous avons changé volontairement les modalités de consultation d'une souris informatique 3D (Lexip). Pour accéder à un document ou une information et obtenir ainsi une « vue en profondeur », l'utilisateur doit exercer un appui prolongé et continu de la main sur le corps de la souris (figure 17), puis exécuter éventuellement un déplacement latéral, si celui-ci souhaite consulter d'autres informations ou survoler les liens d'une page web et en afficher des aperçus. Nous cherchons à examiner si dans certaines conditions expérimentales, les sujets sont susceptibles de bénéficier des effets favorables de ce dispositif.

### **4.1 Sujets**

Vingt sujets jeunes étudiants en BTS (âge moyen = 21,41 ans, écart-type = 2,22) et vingt sujets âgés (âge moyen = 64,54 ans, écart-type = 4,14) titulaires au minimum du BEPC ont participé à l'expérimentation sans aucune rétribution. Tous les sujets savent se servir d'un navigateur web. Les tests MMSE et MILL HILL ont permis d'analyser les résultats des sujets dont les scores se situaient dans les limites de la normalité.

### **4.2 Protocole expérimental**

Le matériel est identique à celui de l'expérience 1 à la différence qu'il est présenté sur un écran d'ordinateur portable (taille 15") sous le système d'exploitation Windows Seven. Le dispositif que nous souhaitons tester est donc intégré dans une souris informatique 3 D dont les modalités d'exécution ont été modifiées, notamment dans la condition plan de l'expérience. Pour accéder au plan du site, le sujet doit exercer un appui prolongé de la main sur le corps de la souris. L'arborescence du site apparaît à l'écran et le sujet peut prévisualiser les informations en déplaçant le curseur de la souris sur les liens. Dès qu'il se positionne sur un lien, un escamot (texte + photo du logement) apparaît. Si le sujet souhaite obtenir une vue en plein écran, il relâche sa main sur le corps de la souris. Le déplacement et la consultation des informations dans la modalité plan sont ainsi conditionnés à un enfoncement vertical de la main sur le corps de la souris informatique 3D.

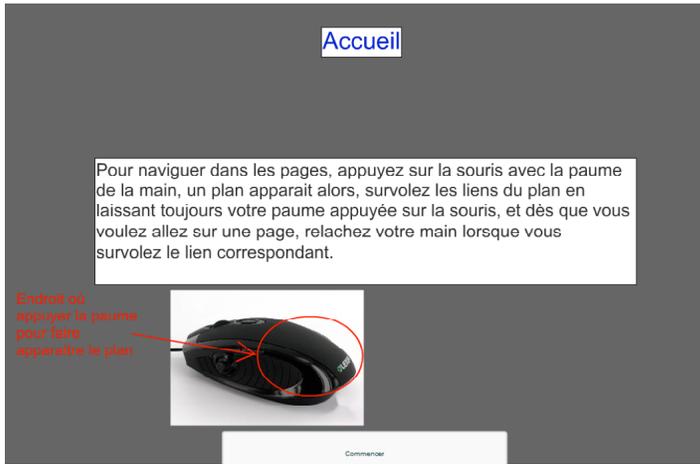


Figure 17. Souris 3 D (Lexip)

Le site web expérimental développé avec le programme « Macromedia Projector », comprend deux modalités de recherche (normale *vs* plan). Dans la modalité normale (figure 18), le sujet sélectionne le type de logement à partir des informations présentes à l'écran. Il voit ainsi apparaître les organisateurs de navigations au fur et à mesure qu'il se déplace dans le document. Par exemple, la consigne donnée au sujet est « recherchez un studio de 18 m<sup>2</sup>, en ville, meublé, sans garage ». Le sujet clique < studio < ville < meublé < sans garage < et voit apparaître une offre de studio avec les caractéristiques cibles. Durant la navigation, il peut effectuer autant de retours en arrière à chaque niveau dès lors qu'il estime que les éléments de réponses ne sont pas satisfaisants.

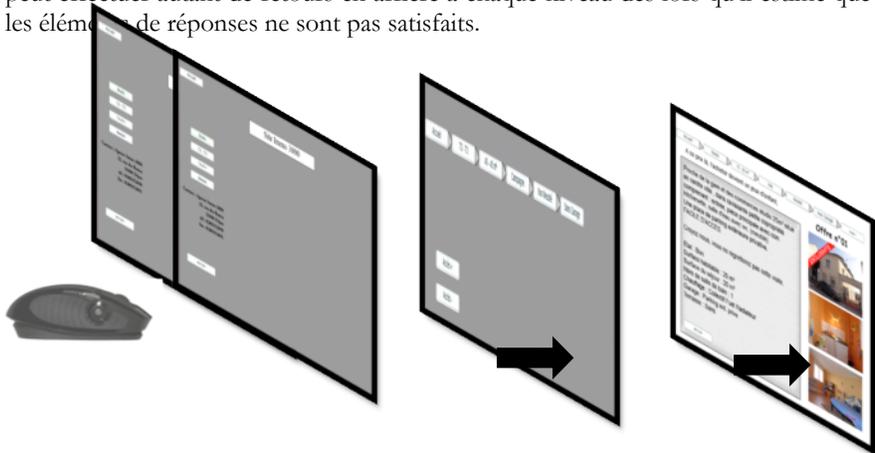


Figure 18. Modalité normale

Dans la modalité plan (figure 19), le sujet accède à l'information recherchée par un appui de la main sur le corps de la souris. En positionnant le curseur sur le lien de l'arborescence, il fait apparaître un escamot comprenant la description et la photographie du logement. Dès qu'il relâche la main, la photographie du logement s'affiche pleinement, accompagnée de ses caractéristiques. Il peut donc ainsi

positionner le curseur de la souris sur l'ensemble du plan de site et par un déplacement latéral sélectionner un ou plusieurs liens très rapidement.

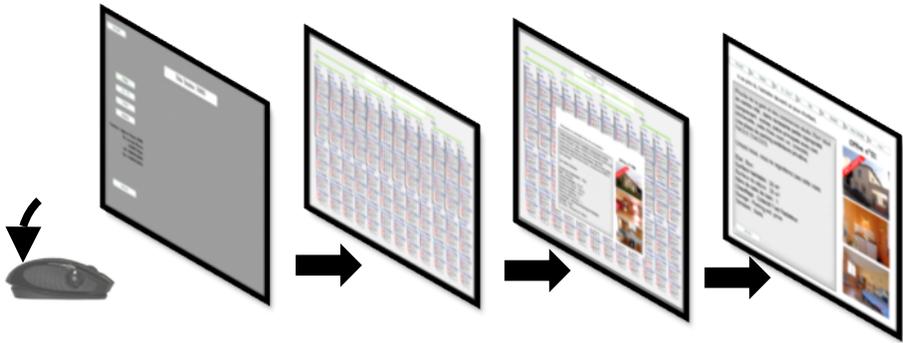


Figure 19. Modalité plan

### 4.3 Principaux résultats

#### Mesures online

#### Temps de recherche

- Effet de l'âge

L'ANOVA indique un effet significatif de l'âge ( $F(1,36)=19.77, p<.01$ ), suggérant que le temps de recherche est plus réduit dans le groupe étudiants. Alors que le groupe personnes âgées met plus de temps pour répondre à la consigne.

- Effet de la modalité

L'analyse de la variance montre un effet significatif de la modalité ( $F(1,36)=5.37, p<.05$ ), suggérant que les sujets mettent moins de temps à trouver l'information dans la modalité plan alors que le temps de recherche est plus long dans la modalité normale. L'ANOVA n'indique pas d'effet significatif de la complexité ( $F(2,72)=2.37, p=.10$ ).

- Interaction des facteurs âge et modalité (graphique 20)

L'ANOVA montre un effet significatif de l'interaction des facteurs conjoints (âge et modalité) ( $F(1,36)=27.27, p<.01$ ). Ce résultat indique que le temps de recherche des personnes âgées est plus réduit dans la modalité plan, tandis qu'il est plus important pour les étudiants.

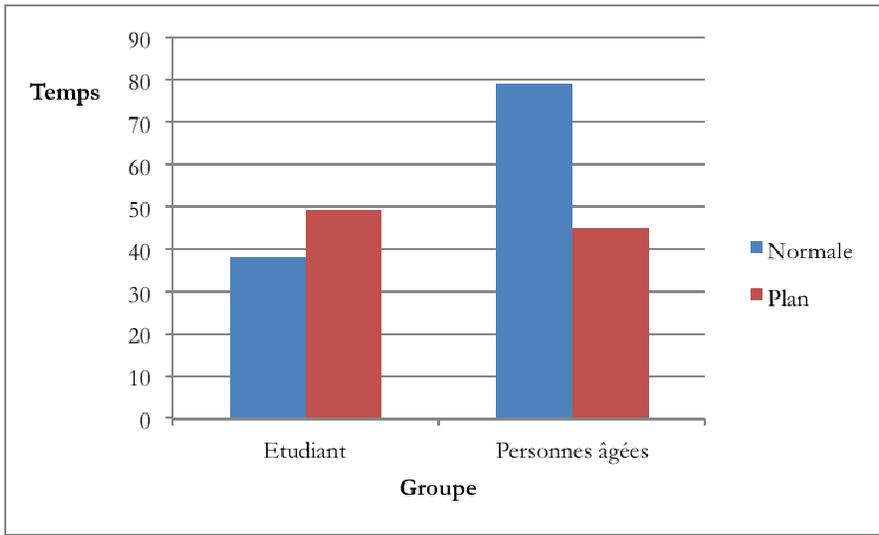


Figure 20. Temps moyen de recherche selon l'âge et la modalité

• Interaction des facteurs âge et complexité (graphique 21)

L'ANOVA révèle un effet significatif de l'interaction des facteurs (âge et complexité) ( $F(2,72)=5.80, p<.01$ ) suggérant que le temps de recherche pour les personnes âgées augmente dès le premier niveau de complexité jusqu'au dernier.

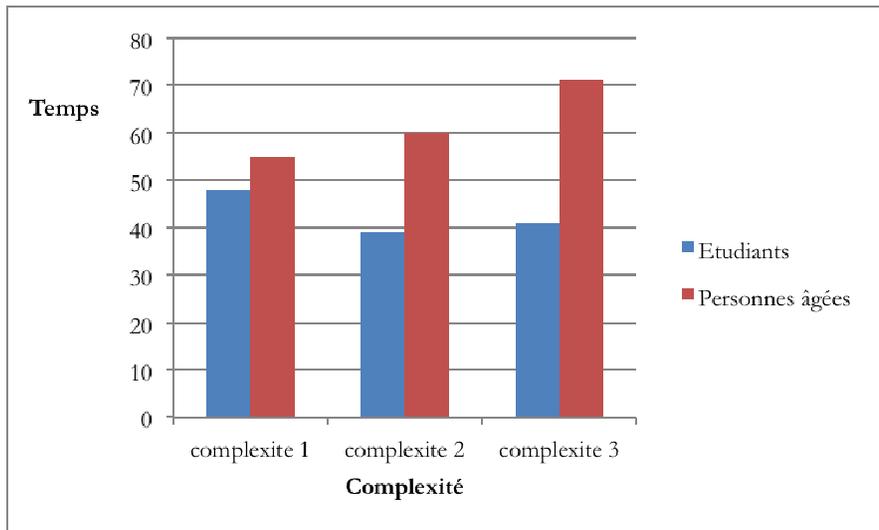


Figure 21. Temps moyen de recherche selon l'âge et la complexité

• Interaction des facteurs modalité et complexité (graphique 22)

L'ANOVA montre un effet significatif de l'interaction des deux facteurs modalité et complexité ( $F(2,72)=8.60, p<.01$ ), suggérant que le temps de recherche est moins long dans la modalité plan à partir du deuxième niveau de complexité.

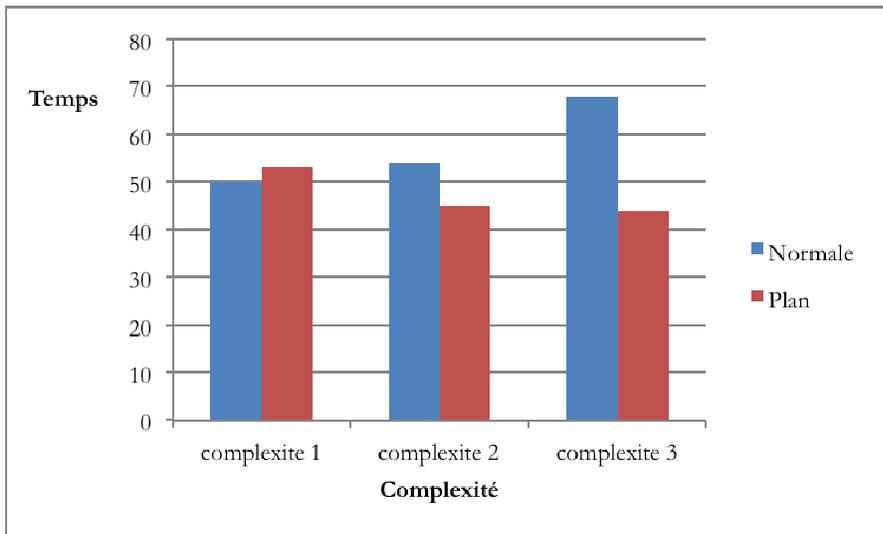


Figure 22. Temps moyen de recherche selon la modalité et la complexité

- **Interaction des facteurs complexité, âge et modalité**

L'analyse de la variance met en évidence un effet significatif de l'interaction des facteurs (complexité, âge et modalité), ( $F(2,72)=9.37, p<.01$ ). Ce résultat indique que les étudiants ont un temps de recherche moins long dans la modalité normale de la première question à la dernière question. Tandis que les sujets âgés ont un temps de recherche moins long dans la modalité plan du premier niveau de complexité jusqu'au dernier (sauf complexité 2).

#### Nombre de consultations de la consigne

- **Effet de l'âge**

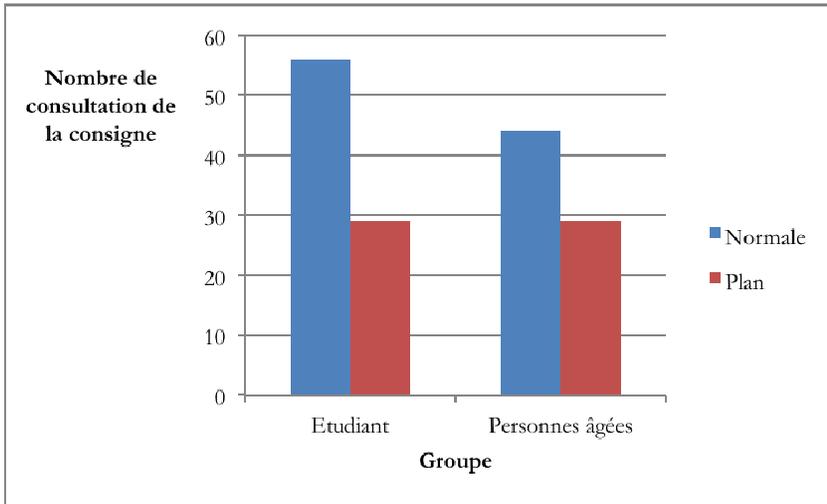
L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'âge,  $F(1,36)=4.62, p<.05$ ) suggérant que les personnes âgées consultent moins la consigne durant la tâche de recherche de logements.

- **Effet de la modalité**

L'ANOVA met en évidence un effet significatif de la modalité ( $F(1,36)=49.07, p<.01$ ). Cette analyse indique que les sujets consultent moins la consigne dans la modalité plan que dans la modalité normale. L'analyse de la variance ne met pas en évidence un effet significatif de la complexité ( $F(2,72)=3.11, p=.05$ ).

- **Interaction des facteurs âge et modalité (graphique 23)**

L'ANOVA indique un effet significatif de l'interaction des facteurs (âge et modalité) ( $F(1,36)=4.43, p<.05$ ). Ce résultat montre que la consigne est moins consultée dans la modalité plan par les deux groupes de sujets.

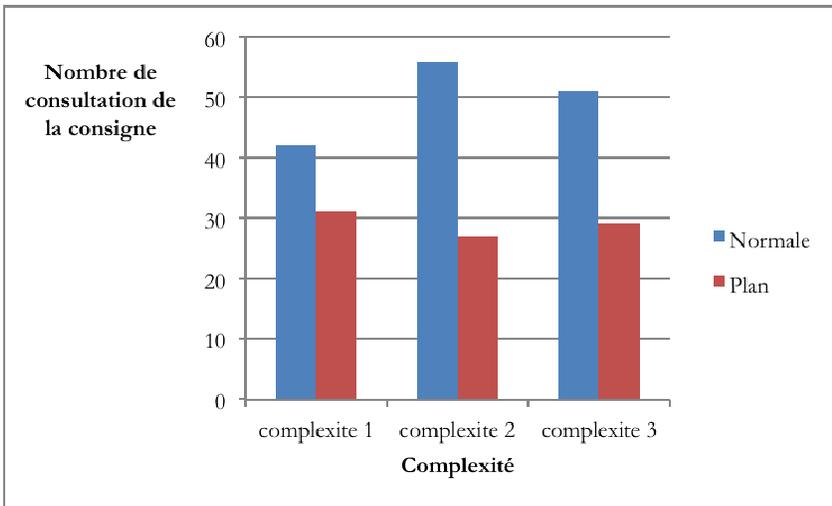


**Figure 23.** Nombre moyen de la consultation de la consigne selon l'âge et la modalité

L'analyse de la variance des facteurs complexité et âge ( $F(2,72)=2.46, p=.09$ ) ne met pas en évidence une interaction.

• **Interaction des facteurs modalité et complexité (graphique 24)**

L'ANOVA montre un effet significatif des facteurs modalité et complexité ( $F(2,72)=8.09, p<.01$ ). L'analyse montre que le nombre de consultations de la consigne est plus réduit dans la modalité plan et plus élevé dans la modalité normale du premier niveau de complexité jusqu'au dernier.



**Figure 24.** Nombre moyen de consultations de la consigne selon la modalité et la complexité

L'analyse de la variance des facteurs de l'interaction (complexité, âge et modalité) n'indique pas d'effet significatif ( $F(2,72)=.80, p=.45$ ).

#### Nombre de pages d'écran consultées

L'ANOVA ne met pas en évidence un effet significatif de l'âge ( $F(1,36)=3.08, p=.08$ ) ni de la modalité ( $F(1,36)=1.65, p=.20$ ).

- **Effet de la complexité (graphique 25)**

L'ANOVA montre un effet significatif de la complexité ( $F(2,72)=6.84, p<.01$ ). Les sujets consultent plus de pages dans le premier niveau de complexité traduisant une difficulté à construire le but de recherche. La réduction des deux autres niveaux de complexité pourrait suggérer un effet d'apprentissage.

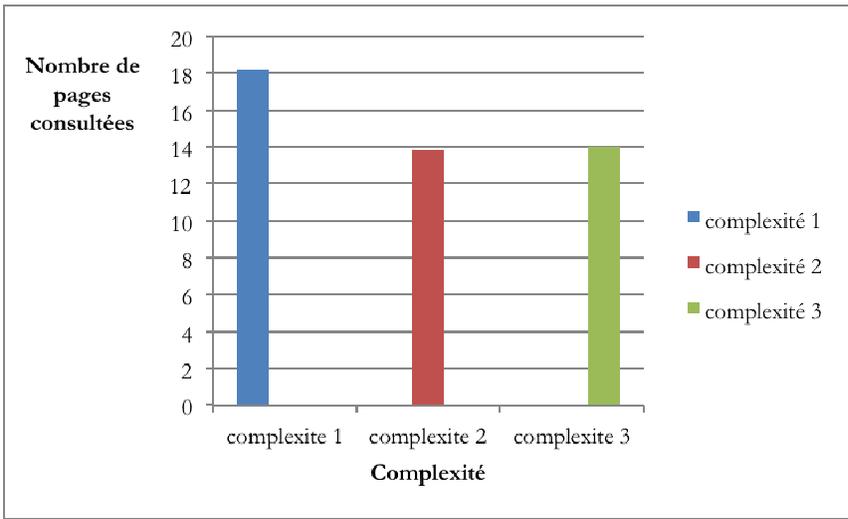


Figure 25. Nombre moyen des pages consultées selon la complexité

- **Interaction des facteurs âge et modalité (graphique 26)**

L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'interaction des facteurs âge et modalité ( $F(1,36)=18.02, p<.01$ ). Ce résultat indique que le nombre de pages consultées diminue dans la modalité plan pour les personnes âgées tandis qu'il augmente pour les étudiants.

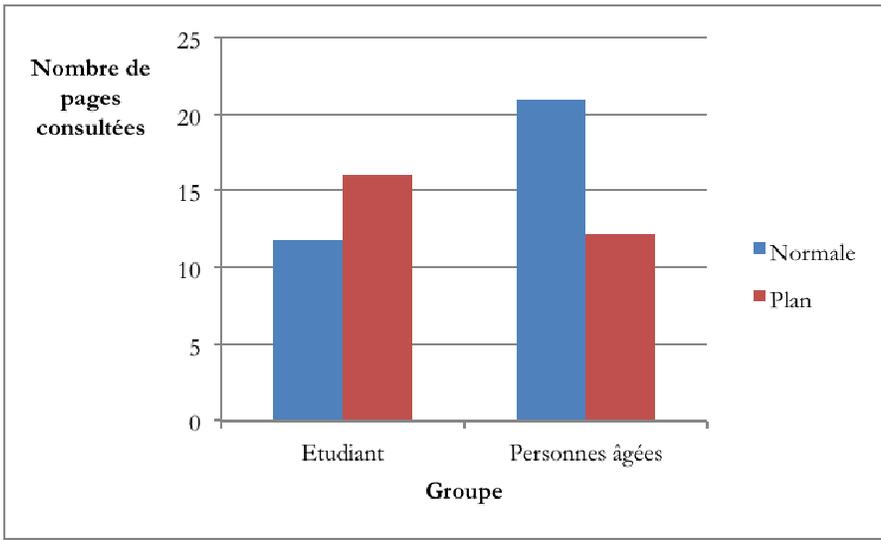


Figure 26. Nombre moyen des pages consultées selon l'âge et la modalité

L'analyse de la variance ne montre pas d'effet significatif de l'interaction des facteurs complexité et âge ( $F(2,72)=2.86, p=.06$ ).

- **Interaction des facteurs modalité et complexité (graphique 27)**

L'ANOVA réalisée révèle un effet significatif de l'interaction des facteurs (modalité et complexité) ( $F(2,72)=6.94, p<.01$ ), suggérant que les sujets consultent moins de pages dans la modalité plan dans le premier niveau de complexité et le dernier.

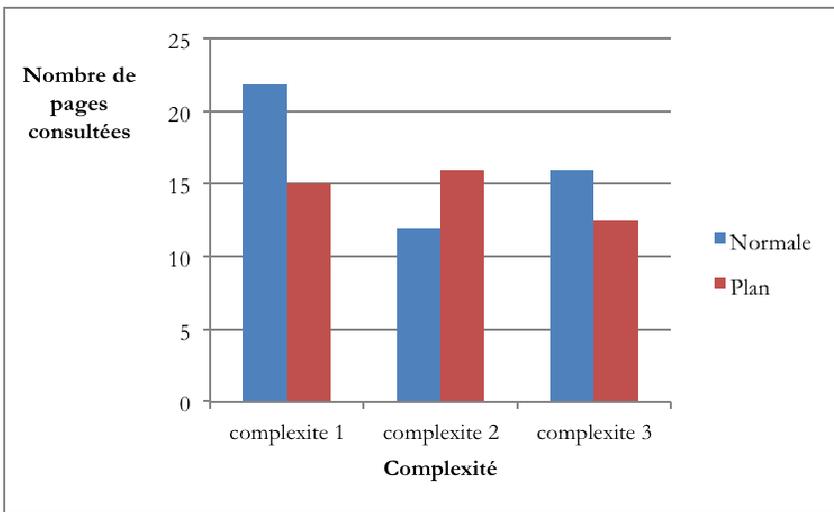


Figure 27. Nombre moyen des pages consultées selon la modalité et la complexité

Mesures off line

### Mesure subjective de la charge mentale

Le graphique 28 présente le score de la charge mentale selon l'âge. L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'âge ( $F(1,44)=8.26, p<.01$ ), suggérant que les sujets âgés ont une charge de pénibilité moins importante que les étudiants.

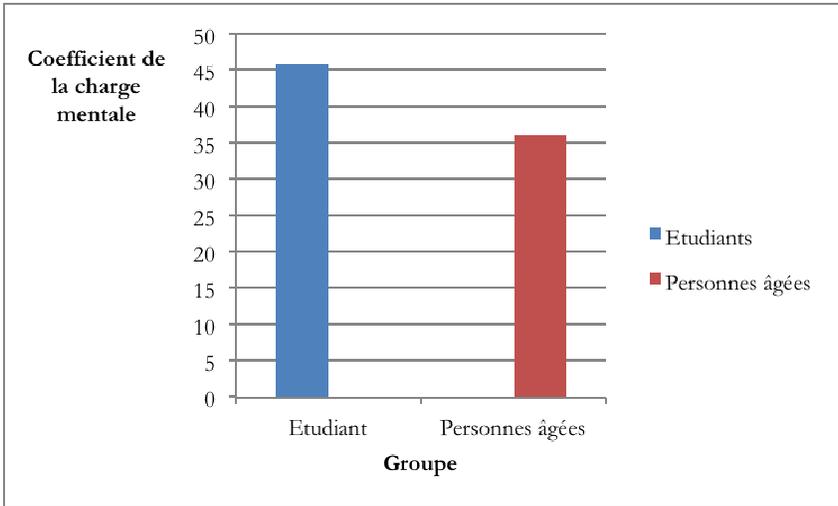
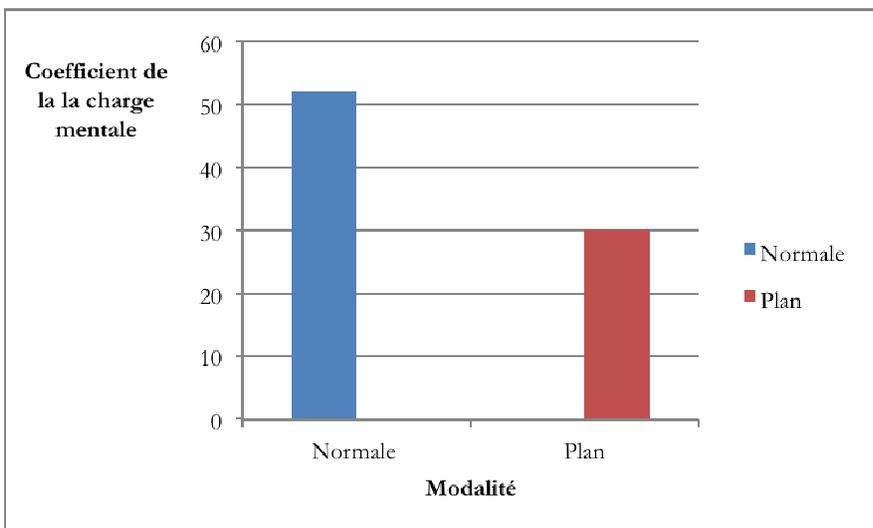


Figure 28. Score de la charge mentale selon l'âge

Le graphique 29 présente le score de la charge mentale selon la modalité. L'analyse de la variance montre un effet significatif de la modalité ( $F(1,44)=45.05, p<0.1$ ). Ce résultat révèle que les sujets ont un score de charge mentale plus élevé dans la modalité normale et plus réduit dans la modalité plan. L'analyse de l'interaction des facteurs âge et modalité ne montre pas d'effet significatif ( $F(1,44)=3.05, p=.08$ ).



**Figure 29.** *Score de la charge mentale selon la modalité*

En résumé, l'analyse confirme un effet de l'âge et de la modalité suggérant que d'une part, le temps de recherche est plus élevé chez les sujets âgés et que d'autre part, la condition plan leur permet de trouver l'information plus rapidement. On observe également que le temps de recherche augmente en fonction du niveau de complexité des questions pour les sujets âgés. D'autre part, les sujets consultent moins la consigne dans la modalité plan. Le nombre de pages visitées révèle qu'ils réduisent leur consultation à partir du deuxième niveau de complexité. Le coefficient de charge mentale est plus réduit dans la modalité plan pour ce qui concerne les sujets âgés.

#### 4.4 Discussion

Dans cette seconde expérience, l'objectif principal consistait à confirmer les effets d'un dispositif de prévisualisation incorporé dans une souris 3 D, permettant d'alléger les mécanismes de recherche et de traitement de l'information et d'optimiser la recherche d'information. L'hypothèse soutenue est que la condition plan permet d'améliorer de manière significative les temps de recherche des sujets quel que soit l'âge, diminuant ainsi la charge mentale en mémoire de travail. Les résultats obtenus confirment notre hypothèse. L'analyse de la variance indique un effet significatif de l'âge sur l'activité de recherche d'information. Ce résultat suggère que globalement les personnes âgées mettent plus de temps que les étudiants à trouver l'information. Ce constat va dans le sens des études menées sur le vieillissement (Czaja *et al.*, 2001 ; Freudenthal, 2001 ; Rouet *et al.*, 2004 ; Westerman, 1998) dès lors que les sujets âgés mettent davantage de temps à retrouver l'information. Ils ont plus de difficultés que les sujets jeunes pour retrouver l'information quel que soit le système de recherche utilisé. Certains auteurs y voient la confirmation des difficultés pour les sujets âgés à inhiber l'information non pertinente tout en maintenant le but de recherche. Ihadjadène, Le Rouzo, Graff et Martins (2005) ont étudié l'effet de l'âge en comparant les performances de 24 sujets jeunes et âgés en manipulant le type d'information à chercher. L'effet relevé concerne le nombre d'étapes parcourues, plus important chez les sujets âgés que les sujets jeunes. Les personnes âgées auraient tendance à parcourir plus de liens pour vérifier et comparer la pertinence des informations trouvées. Ce qui explique cette difficulté à maintenir la représentation du but en mémoire. Ces résultats vont dans le sens de ce qui est connu du vieillissement cognitif, c'est-à-dire la diminution des capacités en mémoire de travail avec l'âge. Le vieillissement cognitif a donc une influence sur l'activité de recherche, les sujets âgés mettant plus de temps à trouver l'information, effectuant un plus grand nombre d'étapes, et engageant plus de ressources cognitives que les sujets jeunes.

D'autre part, les résultats obtenus révèlent un effet de la modalité, confirmé par la diminution du temps de recherche des sujets dans la condition plan suggérant que les informations sont trouvées plus rapidement. Ce qui indique que c'est la condition normale qui engendre un temps de recherche plus long. Alors que dans la modalité plan, les sujets auraient moins de sous buts à sélectionner, limitant ainsi le stockage et le traitement des informations. La modalité plan exigerait ainsi, de la part des sujets, de maintenir activé le but de la recherche dans la mémoire de travail tout en consultant les informations affichées sur l'écran. Ce constat confirme la phase d'évaluation du modèle proposé par Rouet et Tricot (1998) car « si, pour une raison ou pour une autre, la gestion de l'activité de sélection ou de compréhension

entraîne une surcharge cognitive, alors la représentation du but va être momentanément sortie de la mémoire de travail » (Tricot *et al.*, 1998).

Par ailleurs, la lecture de la consigne fait l'objet d'un traitement cognitif qui intervient dans la complexité de la tâche à effectuer. La complexité des questions nécessite, de la part des sujets, des traitements en mémoire de travail. Nous avons ainsi observé qu'une augmentation de la complexité des questions, par l'ajout d'items supplémentaires, n'entraîne pas d'effet de difficulté de la tâche. Ce constat suggère que les sujets ne cherchent pas forcément à mémoriser les items de recherche du libellé de la question au fur et à mesure que le niveau de complexité augmente. Les sujets éprouveraient plus des difficultés à gérer une série de sélections sans doute en raison du maintien et du traitement simultané des informations qui parviennent en mémoire.

Les résultats du questionnaire de la mesure subjective de la charge mentale des sujets montrent un effet significatif de l'âge et de la modalité. D'une part, ils révèlent que les seniors ont une charge de pénibilité moins importante que les étudiants et d'autre part, que la diminution de la charge reste en faveur de la modalité plan. « La charge mentale dépendrait simultanément des contraintes de la tâche que doivent réaliser les sujets et de leurs capacités de traitement, ce qui correspondrait à la quantité de ressources allouées, à un instant donné, au système de traitement pour résoudre une tâche particulière en utilisant une stratégie donnée » (Kahneman, 1973). La charge cognitive apparaît dès qu'un nombre important d'informations à retenir parvient dans la mémoire des sujets. Dès qu'ils doivent retenir une information à partir de l'énoncé de la question, ils font un effort plus ou moins important pour lire et comprendre, et donc plus ou moins coûteux en ressources cognitives. Dans la modalité normale, il y a une plus forte interactivité entre les éléments à traiter car les sujets doivent à la fois lire la consigne, mémoriser les items de recherche, et feuilleter chaque page du document tout en cherchant les éléments de réponse pertinents de manière à satisfaire le but de recherche. Si le but n'est pas satisfait, c'est-à-dire si la réponse ne correspond pas à l'état initial de la question, ils doivent remonter les étapes une à une, et reconsidérer le but de recherche. Prenons l'exemple de la question suivante : « vous recherchez un studio de 18 m<sup>2</sup>, en ville ». Pour parvenir à la réponse, ils doivent suivre toutes les étapes de la recherche y compris explorer les items non précisés dans la question (meublé ou non meublé ?), (garage ou sans garage ?). Ils doivent donc mettre en lien les items de recherche, et plus les items présentés sont nombreux, plus l'interactivité est forte entre eux. Si la page représentant le descriptif du logement n'indique pas les éléments de réponses pertinents, alors les sujets doivent revenir en arrière et « re-planifier » leur recherche. Après plusieurs tentatives infructueuses, les sujets doivent déployer un effort mental de plus en plus coûteux pour parvenir au bon résultat. Autrement dit, les sujets doivent dépenser un certain effort pour trouver la bonne réponse dans la mesure où ils ne savent pas où elle se trouve. Cet effort impose donc des demandes cognitives lourdes. En fonction de son intensité, il produit une forte ou faible interactivité. Cet effet « interactivité » entre éléments a été mis en évidence à plusieurs reprises (Sweller & Chandler, 1994). Il correspond à la charge cognitive intrinsèque.

Les difficultés peuvent aussi provenir de la manière dont les informations sont perçues. Dans la modalité plan, les sujets n'ont pas à parcourir toutes les étapes de recherche décrites dans la modalité normale. Autrement dit, pour accéder à l'information pertinente, ils doivent faire apparaître une fenêtre de prévisualisation et mettre en adéquation les informations présentées avec le but initial de recherche. Cette modalité de navigation liée au format de prévisualisation des informations

correspond à un type de charge décrit dans les travaux de Sweller (1999). C'est la charge extrinsèque. La théorie de la charge cognitive nous renseigne sur l'idée qu'il est possible de réduire la charge cognitive extrinsèque et libérer des ressources pour la charge cognitive intrinsèque (qui contribue directement à l'atteinte du but de la tâche). Dans la modalité plan, les sujets auraient moins de sous-buts à parcourir car ils bénéficieraient de la condition de prévisualisation, ils ne sélectionneraient que les éléments pertinents pour parvenir à la bonne réponse. Autrement dit, ils n'auraient pas à parcourir toutes les pages web de manière linéaire et à revenir en arrière si la réponse trouvée ne correspond pas au but de recherche. La modalité plan permet aux sujets de se focaliser sur les informations pertinentes, réduisant ainsi la charge extrinsèque et libérant la charge germane pour améliorer la planification de la recherche.

## 5 Conclusion générale

L'objectif principal de ces deux expériences était de tester la condition de prévisualisation avec un dispositif de pointage tactile (tablette tactile) et un dispositif de pointage manuel (souris 3 D, incluant des fonctions de navigation modifiées). Nous nous attendions à observer des effets significatifs déjà observés lors des expérimentations précédentes (Djouani *et al.*, 2011 ; Djouani *et al.*, 2014).

Les résultats de la première expérience indiquent un effet significatif de l'âge et de la complexité mais ne mettent pas en évidence un effet de la modalité sur le temps de recherche. D'une part, les personnes âgées mettent plus de temps que les étudiants pour trouver les informations, et d'autre part, les temps de recherche diminuent de la première à la dernière question. Ce que nous observons serait dû à un effet de complexité de la tâche qui se traduit plus fortement chez les sujets âgés que les sujets jeunes. Cette explication peut s'entendre dans la mesure où les écarts de performance entre sujets jeunes et âgés sont généralement plus importants avec l'augmentation de la complexité d'une tâche (Salthouse, 1996). Toutefois, l'explication en termes de complexité reste à préciser car la tâche ne s'avère pas plus difficile selon les mesures (temps de recherche et nombre de pages). Concernant les variables temps et pages consultées, le niveau de complexité est réduit de la première à la dernière question. Concernant la variable consultation de la consigne, le niveau de complexité augmente de la première à la dernière question. Autrement dit, les sujets trouveraient plus facilement la réponse en consultant de manière plus fréquente la consigne. S'agissant de la modalité, l'analyse de la variance n'indique pas d'effet significatif.

Les résultats de la seconde expérience confirment les effets significatifs (âge et modalité) des expérimentations précédentes. D'une part, le nombre de pages consultées dans le premier niveau de complexité pour chaque groupe est statistiquement plus élevé et d'autre part, il est moins élevé dans la modalité plan en faveur des sujets âgés et plus élevé pour les sujets jeunes. Par ailleurs, ce dispositif de pointage manuel permet de réduire le temps de recherche d'information ainsi que le nombre de consultations de la consigne et présente donc l'avantage d'être moins coûteux d'un point de vue cognitif. Dans ces deux études, les résultats observés font apparaître que l'effet de l'âge a une influence quel que soit le dispositif (tablette tactile vs souris 3 D). À l'inverse des étudiants qui ont une tendance à trouver plus rapidement les réponses, les personnes âgées échouent davantage à répondre à la consigne. Ce qui suggère qu'elles peuvent avoir des difficultés dans la recherche d'information du fait d'un déficit de ressources générales, qui déclinent avec l'âge. L'avancée en âge s'accompagne d'un déficit des composantes

attentionnelles et visuelles. Les personnes âgées éprouvent davantage de difficultés à détecter la présence d'éléments pertinents, notamment lorsque la recherche est complexe (Plude & Hoyer, 1985). Ce résultat est à la fois intéressant et prometteur car une telle influence sélective de l'âge en recherche d'information ne pouvait être totalement prédite en comparant ces deux dispositifs. Il confirme, d'une certaine manière, les différences de mémorisation liées à l'âge dans une tâche de recherche de logements. Avec la souris 3 D, les sujets tirent bénéfice de la condition plan dans laquelle ils trouvent plus rapidement l'information pertinente. La condition normale implique une exploration linéaire des pages web tels « un livre ou un journal » alors que la condition plan contraint le sujet à un mode d'exploration moins linéaire. C'est parce qu'elle réduirait la distance d'accès entre deux informations éloignées qu'elle influencerait ainsi les performances des sujets. Ce constat va dans le sens des travaux de Wickens et Carswell (1995) qui indiquent que la distance physique entre les informations dispensées sur plusieurs écrans peut accroître le coût d'accès aux informations. Au regard des différences significatives observées dans la modalité normale et la modalité plan, nous confirmons que l'utilisation de ce dispositif de prévisualisation pourrait conduire effectivement à une optimisation des performances liées à une tâche de recherche d'information et à une amélioration notable des performances pour les publics âgés, surtout quand elle est associée à un mode d'interaction *ad hoc* (souris 3 D).

L'arrivée quotidienne des nouveaux outils numériques, avec le développement des nouvelles interfaces, prouve que cette présente étude est loin d'être complète pour avoir suffisamment de recul. La visualisation d'information est un domaine encore récent. Elle permet de représenter des données mais aussi de naviguer dans ces données et de les modifier. Elle représente un champ de recherche très prometteur pour l'exploration et la compréhension de données. C'est dans les techniques d'interaction que l'on peut attendre les développements les plus significatifs, notamment en améliorant les techniques de visualisation et la recherche d'information. Même si nos expérimentations comportent certaines limites, les perspectives de ce travail consisteraient à poursuivre les analyses de ce dispositif de prévisualisation en sélectionnant par exemple une autre tâche que « la recherche de logements ». Par ailleurs, le niveau d'étude entre les sujets jeunes et âgés n'étant pas identique dans le cadre de nos expériences, nous pourrions aussi envisager d'expérimenter ce dispositif avec un autre échantillon plus homogène. Enfin, nous pourrions affiner notre analyse par des indicateurs de performances et de charge cognitive plus précis et plus spécifiques à ce type de tâche. Plusieurs auteurs ont émis des critiques sur la théorie de la charge cognitive tant d'un point de vue conceptuel (Schnotz & Kürschner, 2007) que d'un point de vue méthodologique (De Jong, 2010 ; Moreno, 2010). Ils mettent en cause la validité des résultats obtenus lors d'études menées en laboratoire, de façon décontextualisée, avec des personnes ne présentant pas d'intérêt particulier pour les matières d'apprentissage proposées. Ceci ouvre vers la nécessité d'expérimentations en situation écologique.

## Bibliographie

Amadiou, F., van Gog, T., Paas, F., Tricot, A., & Mariné, C. (2009). Effects of prior knowledge and conceptual map structure on disorientation, cognitive load, and learning. *Learning & Instruction*, 19:376-386.

Baddeley, A. D. (1990). *La mémoire humaine : Théorie et pratique*. Presses universitaire de Grenoble.

Bruillard, É. & Fluckiger, C. (2010). TIC : Analyse de certains obstacles à la mobilisation des compétences issues des pratiques personnelles dans les activités scolaires. In François Chapron et Eric Delamotte (Dir.). *L'éducation à la culture informationnelle* (pp.198-207). Villeurbanne : presses de l'ENSSIB.

Czaja, S. J., Sharit, J., Ownby, R., Roth, D. L. & Nair, S. (2001). Examining age differences in performance of a complex information search and retrieval task. *Psychology and Aging*, 16(4):564-579.

Chevalier, A. & Kicka, M. (2006). Web designers and web users: influence of the ergonomic quality of the web site on the information search. *International journal of human/computer studies*, 64(10):1031–1048.

De Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research and instructional design: some food for thought. *Instructional science*, 38:105-134.

Djouani, M., Caro, S., Boucheix, J.-M. (2014). Un système de navigation pour optimiser la recherche d'information sur le web. *RIHM Revue des interactions humaines médiatisées*, 15(1):21-49.

Djouani, M., Caro, S., Boucheix, J.-M. & Bugaiska, A. (2011). Recherche d'information dans les documents numériques : vers une variation des modalités d'exécution procédurale. In *Proceedings of Conférence en Recherche d'Informations et Applications – CORIA 2011, 8th French Information Retrieval Conference*, Gabriella Pasi, Patrice Bellot (Eds.), Éditions Universitaires d'Avignon, Avignon, p. 255-270. (<http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/conf/coria/coria2011.html>).

Durand, A., Laubin, J.M. & Leleu-Merviel, S. (1997). Vers une classification des procédés d'interactivité par niveaux corrélés aux données. *Revue Internationale Hypertextes, Hypermédia*. 1(2-3-4):367-382.

Ellis, D. (1989). A behavioural approach to information retrieval system design. *Journal of Documentation*, 45:171-212.

Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR, (1975). Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*,12:189-198.

Freudenthal, D. (2001). Age differences in the performance of information retrieval tasks. *Behaviour & Information Technology*, 20(1):9-22.

Guthrie, J. T. (1988). Locating information in documents - examination of a cognitive model. *Reading Research Quarterly*, 23(2):178-199.

Hudson, C., Scialfa, C., Diaz-Marino, R., Laberge, J. & MacKillop, S. (2008). Effects of navigation aids on web performance in younger and older adults. *Gerontechnology*, 7:3–21.

Hudson, C. E., Scialfa, C. T., Diaz-Marino, R., Laberge, J. & MacKillop, S. D. (2008). Effects of navigation aids on web performance in younger and older adults. *Gerontechnology*, 7:3-21.

Ihadjadene, M., Le Rouzo, M.L., Graff, V., & Martins, D. (2005). La recherche d'information chez les personnes âgées. Actes du Colloque *Enjeux et usages des T.I.C. : Aspects sociaux et culturels*, L. Vieira et N. Pinède-Wojciechow (Eds.), Tome 1 (pp. 159-166). Bordeaux, France, Université de Bordeaux 3, Gresic.

- Ihadjadene, M. & Chaudiron, S. (2008). « L'étude des dispositifs d'accès à l'information électronique ». In *Sciences de l'information : Problématiques émergentes*, Paris, Hermès, p. 183-207.
- Ihadjadene, M. & Martins, D. (2004). Experts dans le domaine, experts en internet, les effets sur la recherche d'information. Paris, *Hermès* 39.
- Kim, J. (2008). Task as a context of information seeking: an investigation of daily life tasks on the web. *Libri*, 58:172-181.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kubeck, J. E., Miller-Albrecht, S. A. & Murphy, M. D. (1999). Finding information on the World Wide Web: Exploring older adults' exploration. *Educational Gerontology*, 25(2):167-183.
- Maincent, A. (2001). Le NASA TLX, traduit en français et adapté pour le Laboratoire d'Etudes et d'Analyses de la Cognition et des Modèles, Lyon.
- Marchionini, G. (1995). Information seeking strategies in electronic environments. New York : Cambridge University Press.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63:81-97.
- Moreno, R. (2010). Cognitive load theory : more food for thought. *Instructional science*, 38:135-141.
- Plude, D. J. & Hoyer, W. J. (1985). Attention and performance: Identifying and localizing deficits. In N. Charness (Ed.), *Aging and Human Performance* (pp. 83-89). New York: Wiley and Sons, Ltd.
- Pook, S., Lecolinet, E., Vaysseix, G. & Barillot, E. (2000). Control menus! Execution and control in a single interactor. *CHI 2000*.
- Rouet, J.-F., Ros., C., Jégou, G., & Metta, S. (2004). Chercher des informations dans les menus Web : interaction entre tâche, type de menu et variables individuelles. *Le Travail Humain*, 67 : 379-397.
- Rouet, J.-F. & Tricot, A. (1998). Chercher de l'information dans un hypertexte : vers un modèle des processus cognitifs. In A. Tricot & J.-F. Rouet (Eds.) *Hypertextes et Hypermédias* (pp. 57-74). Paris : Hermès.
- Rouet, J.-F. (2003). *100 fenêtres sur Internet : rapport de fin de contrat*. Poitiers : Maison des Sciences de l'Homme et de la Société.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3):403-428.
- Schnotz, W. & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19:469-508.
- Sweller, J. & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition & Instruction*, 12:185.
- Sweller, J. (1999). Instructional design in technical areas, *Australian Education Review*, 43.

Tricot, A. *et al.* (1998). Un point sur la modélisation des tâches de recherche d'informations dans le domaine des hypermédias. *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, (pp. 35-56). Paris : Hermès.

Westerman, S. J., Davies, D. R., Glendon, A. I., Stammers, R. B. & Matthews, G. (1995). Age and cognitive ability as predictors of computerized information retrieval. *Behaviour & Information Technology*, 14(5):313-326.

Wickens, C.D. & Carswell, C.M. (1995). The proximity compatibility principle: Its psychological foundations and its relevance to display design. *Human Factors*, 37:473-494.

Xie, I. & Joo, S. (2010). Transitions in Search Tactics During the web-Based Search Process. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(11):2188–2205.

**Remerciements :** *Les auteurs de cet article remercient l'ensemble des lycées de la Côte d'Or, l'IUT de Dijon, le club IURRARD de Quétigny, et l'OPAD de Dijon, pour leur contribution bénévole aux expérimentations. Ces expériences ont été menées dans le cadre d'une thèse financée par la région Bourgogne en partenariat avec le Gérontopôle du CHU de Dijon.*