

Pr. Hélène Sauzéon
Equipe Flowers, Centre Inria de l'université de Bordeaux
Equipe Active, BPH Lab (Inserm-Université de Bordeaux)
Membre Co-Dir Fedrha

Pré-rapport concernant la thèse d'Elen SARGSYAN

[Université Toulouse III Paul Sabatier – ED MITT]

intitulée

« Interfaces Multimodales pour la Compréhension et Navigation des Environnements Complexes par des Personnes avec Déficiences Visuelles »

sous la direction de. Christophe Jouffrais (DR) et Marcos Serrano (MC-HDR)
de Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

- Résumé bref de la thèse : La thèse s'attèle à l'enjeu sociétal de l'inclusion des personnes avec déficiences visuelles (PDV), à travers la problématique de leur offrir des services numériques facilitant leur mobilité ambulatoire. A ce titre, deux outils interactifs multimodaux originaux ont été co-conçus avec les parties prenantes pour être utilisés en étape préparatoire ou exécutive d'un trajet contenant des étapes critiques comme la gestion de carrefours. Les cartes interactives portables "Vous-Etes-Ici" (-VEI ; " You are here " -YAH) aident à créer des cartes cognitives des carrefours et à accomplir avec succès des tâches de repérage et de traversée. Ces cartes utilisent des retours audio et vibratoires pour transmettre des informations spatiales et sont affichées sur des dispositifs mobiles, assurant à la fois portabilité et facilité d'utilisation sur place. Les modèles interactifs en 3D de bâtiments complexes affichent les différents étages d'un bâtiment superposés, permettant aux utilisateurs de mieux comprendre les relations spatiales entre les étages et d'améliorer leur compréhension spatiale globale.
- Hypothèses et approches utilisées : l'hypothèse principale est le rôle critique de l'augmentation de l'intégration multimodale (sonore et tactile) comme alternative d'accessibilité à l'information spatiale en situation de navigation ambulatoire. Pour l'essentiel, des approches de conception centrée utilisateurs associées à des validations psycho-ergonomiques ont été déployées au cours de 2 études utilisateurs.
- Chapitrages : Le **chapitre 1** (15 pages) introduit les éléments factuels en regard de l'incidence des troubles de la vision et ses conséquences en termes de limitations de participation sociale liée aux restrictions d'activités ambulatories. Le **chapitre 2** (25 pages) est un état de l'art en matière d'accessibilité de l'information spatiale aux déficiences visuelles allant d'outils techniques comme les cartes tactiles aux outils numériques interactifs innovants permettant alors de dresser la problématique de la thèse et ses objectifs de conception et d'évaluation de nouveaux dispositifs interactifs. Le **chapitre 3** (8 pages) décrit dans les grandes lignes les méthodes utilisées avec notamment le design participatif et ses étapes itératives avec les différentes parties prenantes (PDV et instructeurs à la mobilité, notamment) ainsi que les outils d'évaluation incluant l'UX et les connaissances spatiales extraites post-interaction avec les dispositifs (e.g., tâche de wayfinding, tâche d'estimation de direction, et description verbale de trajet). Le **chapitre 4** (30 pages) délivre une première contribution empirique remarquable (en cours de révision pour *ISI* 24) incluant la co-conception de YAH map basé sur du feedback audio, vibratoire et tactile, pour la traversée d'intersections avec un panel de concepteurs de 8 participants avec DV et un panel testeurs de 10 participants, tous avec déficiences visuelles et capacités de lecture braille variées. Les résultats du PD révèlent que la taille de la carte tactile est critique en regard des capacités de lecture tactile du participant, et motivent alors l'étude utilisateurs comparant deux cartes mobiles audio-vibratoires (AV) YAH - affichées sur une tablette ou un smartphone - à une carte interactive audio-tactile YAH avec une surcouche tactile (condition de contrôle), et ce, avec un usage à court terme (N=10) et en situation réelle (N=2) sur des mesures UX et de performances spatiales. En particulier des tâches de description spatiales et des tâches de navigation sont proposées et révèlent une bonne et équivalente utilisabilité (effectivité et efficacité de l'acquisition de l'information spatiale utile) pour les trois systèmes comparés, et l'effort consenti à l'usage le confirme (questionnaire NASA-TLX). Par contre, des différences d'expériences émotionnelles sont observées (MeCUE) avec une attractivité plus forte

pour l'affichage tablette comparé à celui du téléphone, malgré une préférence d'usage du téléphone déclarée. Les retours d'expérience des utilisateurs révèlent des différences interindividuelles importantes. Les deux utilisateurs testés à plus long terme en situation quasi-écologique maintiennent leurs performances spatiales. Pris ensemble, les résultats soutiennent que YAH constitue une bonne alternative d'assistance à la traversée de carrefour pour les PDV. Le **Chapitre 5** (30 pages) est la 2nde contribution empirique de la thèse tout aussi remarquée et a déjà fait l'objet d'un article pour la *conférence ACM, CHI'23*. En suivant un processus de co-conception itératif avec des instructeurs en orientation et mobilité (n=4), un outil innovant (modèle interactif imprimé en 3D de la gare de Bordeaux) pour enseigner des connaissances spatiales complexes. Puis une étude qualitative avec des utilisateurs finaux (n=6) comparant ce modèle interactif en 3D à deux cartes tactiles interactives en 2D du même le même lieu. Les résultats montrent que le modèle interactif 3D est utile et utilisable, et surtout permet une meilleure compréhension spatiale de la verticalité des lieux, tout en suscitant une meilleure satisfaction, et ce, comparés aux cartes tactiles 2D. Ainsi, le dispositif 3D interactif constitue un outil adapté et innovant pour ces instructeurs spécialisés. Le **Chapitre 6** (15 pages) est la discussion générale de la thèse qui aborde les contributions scientifiques et « sociétales » des résultats en termes de multimodalité et d'interactivité des systèmes d'assistance spatiale, mais aussi les limites des études menées (tailles des échantillons, représentativités des situation, testés, etc.) et de nouvelles voies de recherches notamment avec les dispositifs de RX.

Dans l'ensemble, ce travail met en exergue la pertinence de penser l'« intégration multimodale interactive » dans les futurs systèmes d'assistance spatiale pour les personnes avec DV tout en soulignant la nécessité d'équilibrer ces innovations en regards des besoins et tests utilisateurs.

- *Evaluation* : Dans l'ensemble, il s'agit d'un projet de recherche et d'un document riche et de très bonne facture. Pour donner un aperçu du résultat de mon évaluation, ce travail dépasse clairement le seuil d'une thèse de doctorat réussie.
 - 1) La thèse est bien écrite, présentant des sujets, des méthodes et des analyses complexes avec clarté et précision. Mme Sargsyan navigue entre méthodologies sophistiquées (qualitatives et quantitatives) d'une manière qui est à la fois accessible et intellectuellement rigoureuse, garantissant que même les idées les plus complexes par leur nature qualitative sont clairement transmises au lecteur. Des représentations radar auraient pu tout de même aider à mieux visualiser les différences d'UX chez les participants pour les deux études.
 - 2) La thèse situe efficacement sa question de recherche centrale avec un état de l'art concis et pertinent (chapitre 2) pour les études menées.
 - 3) Les deux études sont un succès avec deux systèmes co-conçus étayés par des études utilisateur déjà publiées ou en cours de l'être dans les supports d'audience internationalement reconnus.
 - 4) La thèse comprend une discussion réfléchie des limites du travail, démontrant une approche mature de la recherche scientifique.

En ce qui concerne les critiques, elles sont mineures et, pour la plupart, déjà reconnues dans le document (par exemple, la taille relativement petite des échantillons testés). En dehors des critiques déjà reconnues :

- 1) Compte tenu de l'accent mis sur l'acquisition de l'information spatiale, une documentation des capacités spatiales des participants aurait permis aussi de comprendre si l'efficacité de l'assistance varie selon les différences interindividuelles sur ces capacités (e.g., effet de compensation vs. magnification).
- 2) Les participants avec DV sont tous relativement âgés, la question du vieillissement cognitif de ces personnes, notamment en termes d'apprentissage et d'adaptation à l'utilisation d'un nouveau système ou encore de réactance à l'innovation technologique se posent. Le déclin des fonctions exécutives ou encore des mécanismes d'intégration sensorielle multimodale de trajet sont des sujets importants avec l'âge.
- 3) La sévérité et ou durée des troubles ont-ils un impact sur l'évaluation des dispositifs conçus ?
- 4) Sur les dispositifs eux-mêmes, comme dits, ils ne peuvent pas être miniaturisés car ils perdraient de leur efficacité, comment les rendre moins encombrants matériellement parlant ? Tout le long de ma lecture, je n'ai cessé de penser aux contextes d'usage de YAH ou encore

au fait de générer des cartes 3D interactives au fil de l'émancipation ambulatoire des personnes, le passage à l'échelle est-il réellement possible ?

- 5) Sur les perspectives de travail, la RX est évoquée mais tout ce qui relève des LLM multimodaux (pourtant très en vogue) ne sont pas développés. N'y aurait-il pas des pistes pertinentes pour les assistances spatiales ?

Rappelons qu'il s'agit de remarques mineures qui n'enlèvent rien à la qualité du projet de recherche réalisé. Au final, ce document témoigne d'un important travail expérimental à la croisée du domaine des IHM et des assistance technologiques et, du domaine de la psycho-ergonomie et l'ergonomie des interfaces. Même si les résultats obtenus ne sont pas toujours conformes à certaines hypothèses posées, ils sont bien expliqués et argumentés par la doctorante. Aussi, avec grande honnêteté et lucidité, la candidate explicite à bon escient les forces et limites de son travail.

En conclusion, ce travail est conforme aux exigences d'une thèse et **je donne un avis très favorable à la soutenance de cette thèse.**

Fait à Bordeaux, le 20/09/2024

Hélène Sauzéon

