
Aides techniques multi-sensorielles à la navigation piétonne : efficacité et expérience utilisateur auprès d'adultes âgés

Angélique Montuwy

IFSTTAR - LEPSIS – 25 allée des marronniers – 78000 Versailles (France)

Telecom ParisTech – Institut i3 – 46 rue Barrault – 75013 Paris (France)

angelique.montuwy@ifsttar.fr

Béatrice Cahour

Telecom ParisTech – Institut i3 – 46 rue Barrault – 75013 Paris (France)

Aurélié Dommès

IFSTTAR - LEPSIS – 25 allée des marronniers – 78000 Versailles (France)

RÉSUMÉ

Préserver les capacités de mobilité piétonne chez les personnes âgées est aujourd'hui essentiel pour leur qualité de vie et leur autonomie. En effet, alors que la population mondiale vieillit, la mobilité piétonne est l'un de moyen de transport les plus importants des personnes âgées. Cependant, compte tenu des aménagements urbains actuels mais aussi des déclins perceptifs et cognitifs liés à l'âge, naviguer à pied en milieu urbain peut s'avérer complexe pour ces personnes. La conception d'une aide à la navigation piétonne qui prenne en compte ces contraintes pour une meilleure efficacité et une meilleure expérience utilisateur peut s'appuyer sur différentes modalités sensorielles, impliquant différentes innovations techniques. Cette recherche se compose de deux études, sur simulateur et en environnement réel, afin de déterminer les aides techniques multi-sensorielles (visuelle, auditive et/ou haptique) les plus adaptées et appréciées par les piétons vieillissants, en environnement urbain.

MOTS-CLÉS

Viellissement, navigation, aides, piéton, modalités sensorielles, GPS

1 INTRODUCTION

Si la mobilité piétonne est un mode de transport simple, durable et gratuit, elle n'a pendant longtemps fait l'objet que de peu d'attention dans le champ scientifique. Elle est pourtant un mode de déplacement communément partagé par une grande partie de la population et permet de réduire le trafic routier, la pollution atmosphérique associée et de favoriser l'activité physique des individus (ITF, 2012). Si les politiques de mobilité durable offrent un regain d'intérêt pour la mobilité piétonne, ceci s'opère dans un contexte de vieillissement mondial de la population. En effet, selon l'OMS (2015), le nombre de personnes âgées de 60 ans et plus devrait doubler d'ici 2050, pour représenter à terme plus de 20% de la population mondiale. La mobilité piétonne constitue un des modes de déplacement principaux des personnes âgées, surtout en ville. Ainsi en 2008, en France, 39% des déplacements s'effectuaient à pied chez les personnes âgées de 75 ans et plus, la dépendance à la marche augmentant avec l'âge (CGDD, 2010). La mobilité piétonne représente donc un enjeu majeur pour l'autonomie et la santé des personnes âgées, des difficultés liées à la mobilité piétonne pouvant conduire à terme à des stratégies d'évitement (Burns, 1999) et à une diminution de l'autonomie des personnes.

La mobilité piétonne des personnes âgées peut cependant s'avérer particulièrement complexe dans des environnements urbains pas toujours adaptés aux piétons. Dans de nombreuses villes, la place prédominante de la voiture s'est constituée au détriment des piétons (Scharlach, 2009), et si de nouvelles politiques d'aménagement ont vu le jour (voies de bus, pistes cyclables,

trottoirs partagés), les environnements urbains modernes peuvent sembler complexes pour les piétons âgés. Leur cheminement s'en trouve bouleversé, en prise avec une continue et totale interaction avec tous les usagers de la route. Cette complexité peut amener les personnes âgées à réduire leurs déplacements en ville, ou à n'emprunter que des chemins connus. Ainsi, si à 55 ans, les personnes effectuent en moyenne 4 déplacements par jour en dehors de leur domicile (tout moyen de transport confondu), ce nombre est réduit de moitié à 75 ans (LMI, 2014), limitant d'autant l'autonomie de ces personnes.

L'amélioration de la qualité et du confort des cheminements piétons peut s'envisager par des modifications d'infrastructure, qui sont très coûteuses et longues à mettre en place. Un moyen moins coûteux et plus rapide consisterait à fournir aux usagers piétons âgés une aide technique efficace et adaptée afin de faciliter leur navigation et leur orientation en environnement urbain, en prenant en compte les déclin cognitifs et perceptifs liés au vieillissement normal, mais aussi les ressources attentionnelles et sensorielles nécessaires à la navigation piétonne. Afin de limiter la dépendance au dispositif d'aide, celui-ci devrait également favoriser une meilleure connaissance de l'environnement alentour, et offrir une bonne expérience utilisateur, afin de faciliter leur appropriation.

2 PROBLÉMATIQUE

Il s'agit ici d'identifier quelle(s) modalité(s) sensorielle(s) peut/peuvent être la/les plus pertinente(s) pour aider les personnes âgées à naviguer en milieu urbain. La conception d'une aide à la navigation demande en effet de prendre en considération le contexte et les enjeux de la mobilité piétonne pour les publics âgés, mais aussi les contraintes sensorielles et cognitives liées au vieillissement et à la navigation spatiale. Pour ce faire, différentes technologies émergentes ainsi que différentes modalités sensorielles (visuelle, auditive et/ou haptique) peuvent être mobilisées, afin de concevoir une aide à la navigation pour les piétons âgés qui soit à la fois efficace et bien acceptée par des publics pas toujours à l'aise avec les technologies nouvelles. Des dispositifs techniques tels que la « réalité augmentée », le son spatialisé ou encore les dispositifs vibrotactiles mobiles (*haptic wearable*) seront testés en environnement virtuel puis en environnement réel. Les évaluations de ces aides se feront auprès d'usagers de la route plus ou moins âgés (à partir de 55 ans et jusqu'à un âge très avancé) et habitués aux déplacements en environnements urbains, à travers notamment des tâches de navigation, des tâches de rappel de l'environnement et des entretiens inspirés des méthodes de l'explicitation et de l'auto-confrontation. Ces choix méthodologiques nous permettront de couvrir plusieurs dimensions de l'expérience de navigation avec les différentes aides techniques.

3 TRAVAUX EXISTANTS

Avec le vieillissement normal, les capacités de navigation et d'orientation se dégradent (Lithfous et al., 2013). Plusieurs travaux s'accordent ainsi à montrer que les personnes âgées présentent plus de difficultés à localiser leurs buts et à se souvenir du trajet, comparativement à des adultes plus jeunes. Ils marchent sur une plus grande distance, mettent plus de temps pour réaliser la tâche, et commettent plus d'erreurs de navigation. Si les cartes au format papier sont les aides à la navigation les plus anciennes et les plus communes, leur haut degré d'abstraction et le partage d'attention qu'elles nécessitent pour être orientées et interprétées en contexte naturel ne les rendent pas toujours simple d'usage (Kolbe, 2004). Ceci est d'autant plus vrai chez les personnes âgées dont les ressources attentionnelles (Strayer & Drews, 2004) et les capacités de rotation mentale sont altérées (Berg, Hertzog, Hunt, 1982). Si le développement des technologies GPS s'est longtemps adressé aux conducteurs, la question des aides techniques à la navigation piétonne émerge dans la littérature et sur le marché commercial depuis une dizaine d'années. Néanmoins, très peu de travaux et de dispositifs s'intéressent aux personnes âgées, bien que ces dernières puissent en tirer un réel bénéfice. De plus, les aides techniques s'appuient aujourd'hui majoritairement sur les modalités sensorielles visuelles et auditives, déjà fortement mobilisées dans la navigation, et sur des formes de communication (texte, instructions verbales) pouvant engendrer un coût cognitif élevé pour l'utilisateur.

(Kolbe, 2004). C'est pourquoi d'autres modalités et d'autres formes de communication peuvent être envisagées, en particulier pour un public âgé.

Ces dernières années, l'émergence de systèmes mettant en œuvre la réalité augmentée a montré son efficacité pour la navigation automobile (Kim & Dey, 2009) et piétonne (Walther-Franks & Malaka, 2008) auprès de publics jeunes. Ces systèmes consistent en l'ajout d'informations de type flèche directionnelle dans le champ de vision de l'individu à travers des lunettes, ou par incrustation sur le retour vidéo de la caméra d'un smartphone. Ceci permet de limiter le partage attentionnel entre l'aide et l'environnement de navigation, et offre des informations à faible degré d'abstraction. Les dispositifs mettant en œuvre des sons non verbaux spatialisés pour les piétons (McGookin, Brewster, & Priego, 2009) ont aussi montré leur intérêt auprès de publics jeunes. Ces dispositifs reposent sur la capacité naturelle de l'être humain à localiser les sons dans l'environnement, invitant l'utilisateur à suivre une source sonore virtuelle pour aller d'un point A à un point B. Ceci permet de réduire la charge cognitive par rapport à la compréhension d'instructions verbales parfois longues, et permet de prendre part à une conversation, ce qui est difficile avec les aides verbales. Enfin, l'efficacité des systèmes d'aide vibrotactiles pour la navigation a été démontrée dans plusieurs publications (pour une synthèse voir Paneels et al., 2013). Ils consistent en un ensemble de vibreurs placés sur la peau directement, qui transmettent les informations de navigation à travers une modulation du rythme, de l'intensité, de la durée ou du schéma de vibration. Il en existe pour le torse, les pieds ou encore les poignets.

L'incrustation de flèches dans le champ de vision, le son spatialisé et les informations vibrotactiles se révèlent souvent très efficaces en termes de réduction du temps de réaction, et de focalisation de l'attention sur des éléments importants pour la navigation (Pielot et al., 2012 ; Walther-Franks & Malaka, 2008 ; Liljedahl et al., 2012). Aucun de ces travaux n'a cependant été mené auprès de personnes âgées, et les dispositifs testés ne prennent pas en compte les déclin perceptifs et cognitifs pouvant intervenir avec l'âge. De plus, peu de ces travaux s'intéressent à l'expérience utilisateur avec le dispositif testé, ou se limitent à un questionnaire de satisfaction. Enfin, ces aides s'appuient généralement sur une seule modalité sensorielle, sans tirer parti de la multimodalité (Wickens, 1984) qui pourrait faciliter le traitement de l'information de navigation et l'usage de l'aide dans différents contextes (ex : environnement plus ou moins bruyant). Les deux études présentées ci-après devraient permettre d'éclairer ces différentes dimensions, aujourd'hui largement absentes de la littérature dédiée aux aides à la navigation.

4 EXPERIMENTATION SUR SIMULATEUR PIETON

Une première étude, menée au printemps et à l'été 2016, et réalisée en environnement virtuel, permettra de déterminer quel(s) type(s) ou combinaison(s) de messages sensoriels semble(nt) le(s) plus efficace(s) pour la navigation piétonne urbaine et l'acquisition de connaissances spatiales à propos des repères de l'environnement, utiles à une navigation autonome (bâtiments, parcs). Cette première étude permettra également de questionner l'expérience utilisateur, le vécu subjectif pendant l'usage, notamment quant à l'agréabilité, la clarté, la compréhensibilité et la confiance des individus dans l'aide fournie pour rejoindre leur destination.

4.1 Dispositif expérimental

Trois aides techniques (une aide visuelle, une aide auditive et une aide haptique) seront testées seules lors d'une première séance, puis couplées deux à deux lors d'une deuxième séance afin de limiter la fatigue inhérente à la durée de l'expérimentation. Une carte papier sera utilisée comme condition contrôle. Ces aides techniques consistent en l'incrustation de flèches directionnelles dans le champ de vision (cf. figure 1), en l'utilisation de sons spatialisés oreille gauche/oreille droite à travers un casque à conduction osseuse (cf. figure 2) et en l'usage d'un bracelet vibrotactile à trois vibreurs porté au poignet droit (cf. figure 3). Ces aides techniques délivreront à l'individu six types de messages différents au cours de la navigation : deux messages distincts indiquant de prendre à droite ou à gauche au prochain carrefour, deux messages distincts

indiquant d'emprunter un rond-point par la droite ou la gauche, un message de demi-tour lorsque la personne s'est trompée de chemin et un message d'arrivée.



Figure 1: Exemple de flèche (tourner à gauche)



Figure 2: Casque à conduction osseuse

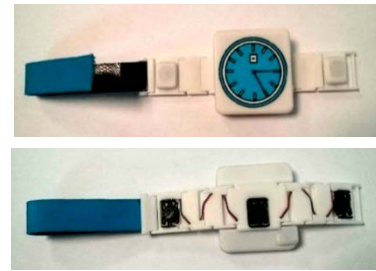


Figure 3: Bracelet vibrotactile

Ces aides seront testées sur simulateur de navigation piétonne, qui permet aux participants de naviguer dans une ville virtuelle via une interface de commande de type manche de direction (sans marche réelle du participant). Ce simulateur est composé de 3 écrans de PC (LCD, 47 pouces) pour la visualisation de la ville virtuelle. La possibilité est offerte aux participants de naviguer debout ou de prendre appui sur un tabouret haut pour leur confort.

Un échantillon à parité entre hommes et femmes de 60 personnes, dont 20 adultes d'âge moyen (55 - 65 ans), 20 jeunes retraités (65-75 ans) et 20 personnes âgées de plus de 75 ans, participera à l'étude. Les personnes devront toutes être autonomes et indépendantes, vivre à leur domicile et se déplacer quotidiennement sans canne ni béquille.

4.2 Tâches, entretiens et questionnaires

Sept conditions expérimentales seront testées au cours de l'étude (aide visuelle seule, aide auditive seule, aide haptique seule, carte seule, aides visuelle et auditive couplées, aides visuelle et haptique couplées, aides auditive et haptique couplée), réparties sur deux séances afin de limiter la fatigue des participants. Pour chaque condition, il sera proposé une tâche de navigation sur simulateur, un entretien post-activité et une tâche de rappel de l'environnement. Des questionnaires viendront également compléter les données.

4.2.1 Tâche de navigation

En réponse aux sept conditions expérimentales, les participants réaliseront sept tâches de navigation, d'une durée de 15 minutes chacune environ, phase de familiarisation comprise. Pour chaque itinéraire, un point de départ et d'arrivée sont proposés au participant. Chaque itinéraire comprend : deux virages à gauche en intersection simple, deux virages à droite en intersection simple, un rond-point à prendre sur la gauche, et un rond-point à prendre à droite. Par défaut, en l'absence de message fourni par l'aide, il est demandé au participant de continuer tout droit aux intersections. L'objectif de la tâche est d'arriver au point de destination en s'aidant de l'aide fournie.

Plusieurs données seront recueillies lors des tâches de navigation sur simulateur pour évaluer la performance par itinéraire : (i) le temps de parcours ; (ii) la distance parcourue ; (iii) le nombre d'actions réalisées pour naviguer (nombre de mouvements du manche de direction) ; (iv) les erreurs de direction (ex. tourner à droite alors que le bracelet indiquait de tourner à gauche) ; (v) la trajectoire empruntée (cette donnée permettra de comparer le parcours théorique prévu par le GPS avec le parcours réalisé par le participant sur un plan 2D).

4.2.2 Entretien

Pour chaque condition expérimentale, un entretien sera réalisé avec le participant afin de mettre en lumière les différents aspects de son expérience vécue de l'activité. L'entretien visera au rappel des émotions, des pensées et des actions effectuées, telles que vécues dans l'instant. Des dimensions telles que la confiance, la compréhensibilité, ou encore le sentiment de sécurité seront abordées. Chaque entretien durera environ 15 minutes.

4.2.3 Tâche de rappel de l'environnement

A l'issue de chaque tâche de navigation, il sera demandé au participant de répondre à une tâche de reconnaissance et de rappel d'itinéraire. Huit photographies de l'environnement seront présentées au participant, quatre étant issues de l'itinéraire qu'il vient de parcourir, et quatre autres étant tirées d'une autre partie de la ville virtuelle. Il sera demandé à la personne de sélectionner les 4 images qu'elle pense avoir croisées au cours de la navigation, puis de les remettre dans l'ordre temporel dans lequel elle les a vues. La durée de la tâche de rappel est d'environ 5 minutes, et permet d'évaluer l'apprentissage de repères dans l'environnement lors de la navigation avec les différentes aides. Seront considérés pour l'analyse des résultats le nombre de photos correctement identifiées et le nombre de photos correctement ordonnancées.

4.2.4 Questionnaires et tests complémentaires

Quelques questionnaires seront proposés à la personne et répartis au cours des deux sessions de l'étude afin de mieux appréhender son expérience navigation, ses habitudes de mobilité en environnement urbain connu et inconnu avec ou sans aide à la navigation (GPS, carte etc.), et ses compétences de rotation mentale (très sollicitées lorsqu'on utilise une carte). Ces données seront utiles à l'interprétation des performances des personnes aux tâches de navigation sur simulateur.

5 EXPERIMENTATION EN ENVIRONNEMENT NATUREL

Une seconde étude, menée en environnement réel cette fois, permettra d'approfondir les questions d'efficacité et d'expérience utilisateur de manière plus écologique. Elle cherchera notamment à confronter les résultats issus de l'expérience sur simulateur aux contextes et contraintes de l'environnement réel. Des technologies innovantes disponibles sur le marché ou des applications sur téléphone intelligent seront testées au titre d'aides à la navigation, et comparées aux résultats expérimentaux de l'étude précédente, menée avec des aides simulées ou prototypiques. Compte tenu des développements technologiques actuels, il est aujourd'hui envisagé de tester des lunettes à affichage semi-transparent (type Google Glasses), une application smartphone utilisant des sons spatialisés et des semelles de chaussures à retour haptique, afin de guider les participants en milieu urbain. Cette étude permettra de discuter la pertinence des différentes modalités sensorielles pour une aide à la navigation piétonne efficace et acceptée dans un environnement urbain réel. Seront abordés aussi des questions relatives aux habitudes de mobilité, au design, à la discrétion, à l'utilité et l'utilisabilité de l'aide en contexte réel.

Cette seconde étude aura lieu dans le quartier de la butte aux Cailles (Paris 13^e), qui présente un environnement urbain varié et un certain calme. Des tâches de navigation piétonne et de rappel de repères de l'environnement seront proposées aux participants, de la même manière que pour la première étude. Une observation à faible distance du comportement des participants avec les différentes aides permettra de mesurer leur temps de parcours, le nombre d'erreurs de navigation, d'évaluer la distance totale parcourue, et d'intervenir en cas de besoin. Cette observation permettra également de nourrir à posteriori un entretien d'explicitation de l'expérience vécue de l'utilisateur (Cahour et al., 2016), relatif à l'usage de l'aide à la navigation en contexte réel, de la découverte du dispositif, en passant par la programmation de l'itinéraire ou encore la clarté des messages de navigation. Cette étude, prévue pour le premier semestre 2017, impliquera 15 à 20 participants issus du premier panel.

6 DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Les deux études prévues dans le cadre de la thèse visent à terme à la production de préconisations pour la conception d'une aide technique à la navigation piétonne efficace et bien acceptée par les personnes âgées. Le croisement d'apports théoriques et méthodologiques complémentaires, à travers une expérimentation sur simulateur et en contexte réel, issus de la psychologie cognitive et de la psychologie ergonomique, devraient permettre d'enrichir ce travail de recherche et la pertinence de ces recommandations.

Si nous nous intéressons spécifiquement aux aides techniques et aux possibilités offertes aujourd'hui et dans un futur proche par diverses technologies émergentes, il conviendra de réfléchir avant tout en termes d'usages auprès de publics vieillissants, et non seulement d'innovation technique. Si les cycles d'innovation sont de plus en plus courts, l'usage s'inscrit dans un temps long ; et l'efficacité et l'acceptabilité a priori d'un dispositif dans un contexte expérimental ne présentent que peu de la viabilité de ce dispositif dans un contexte d'usage réel quotidien à long terme. Les observations de terrain, le vécu subjectif des utilisateurs ainsi que la littérature dédiée aux difficultés sensorielles et cognitives des personnes âgées lors de la navigation piétonne nous permettront de pondérer et d'ancrer dans un temps long nos résultats, détachant nos préconisations de toute course à l'innovation.

7 BIBLIOGRAPHIE

- Berg, C, Hertzog, C, Hunt, E. (1982). Age differences in the speed of mental rotation. *Developmental Psychology*, 18, 95-107.
- Burns, P.C. (1999). Navigation and the mobility of older drivers. *The Journal of Gerontology*, 54, 49–55.
- Cahour, B., Salembier, P., Zouinar, M. (in press). Analysing Lived Experience Of Activity. Le Travail Humain, Special issue "Analysing activity, what endures and what is new?", vol. 79, n°2, 2016.
- Commissariat Général du Développement Durable (CGDD). (2010). *La mobilité des Français : Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*. Service de l'observation et des statistiques, Paris. Coll. La revue.
- ITF (2012). Pedestrian Safety, Urban Space and Health. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103654-en>.
- Kim, S., Dey, A. K. (2009). Simulated augmented reality windshield display as a cognitive mapping aid for elder driver navigation. *CHI 2009, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, USA, pp. 133-142.
- Kolbe, T. H. (2004). Augmented Videos and Panoramas for Pedestrian Navigation. *Proceedings of the 2nd Symposium on Location Based Services and TeleCartography 2004*, Wien, Austria, pp. 28-29.
- Laboratoire de la Mobilité Inclusive (LMI). (2014). *Mobilité des séniors en France*. [En ligne] <http://www.mobiliteinclusive.com/2014/11/07/etude-seniors/>
- Liljedahl, M., Lindberg, S., Delsing, K., Polojärvi, M., Saloranta, T., Alakärppä, I. (2012). Testing Two Tools for Multimodal Navigation. *Advances in Human-Computer Interaction*, 1–10.
- Lithfous, S., Dufour, A., Després, O. (2013). Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of Alzheimer's disease: insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews*, 12(1), 201–13. <http://doi.org/10.1016/j.arr.2012.04.007>
- McGookin, D., Brewster, S., Priego, P. (2009). Audio bubbles: Employing non-speech audio to support tourist wayfinding. *Proceedings of HAID 2009*, Dresden, Germany, pp. 41–50.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (2015). Rapport Mondial sur le Vieillissement et la Santé.
- Panëels, S., Anastassova, M., Strachan, S., Van, S.P., Sivacoumarane, S., Bolzmacher, C. (2013). What's Around Me? Multi-Actuator Haptic Feedback on the Wrist. *Proceedings of WorldHaptics 2013*, Daejeon, Korea, pp. 407-712.
- Pielot, M., Poppinga, B., Heuten, W., Boll, S. (2012) Pocketnavigator: studying tactile navigation systems in-situ. *Proceedings of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*, Austin, USA, pp. 3131–3140.
- Scharlach, A. E. (2009). Creating Aging-Friendly Communities. *Generations*, 33(2), 5-11.
- Strayer, D. L., & Drews, F. A. (2004). Profiles in driver distraction: Effects of cell phone conversations on younger and older drivers. *Human Factors*, 46, 640–649.
- Walther-Franks, B., Malaka, R. (2008). Evaluation of an Augmented Photograph-based Pedestrian Navigation System. *Proceedings of the 9th International Symposium on Smart Graphics*. Salamanca, Spain, pp. 28-30.
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman & R. Davies (Eds.), *Varieties of attention* (pp. 63–101). New York: Academic Press.