
Méthodologie de spécification pour un système informatique de guidage verbal : le déplacement des déficients visuels en ville

Florence Gaunet

Xavier Briffault

LIMSI-CNRS
Bat 508, Bp 133
91 403 Orsay

RÉSUMÉ

Ce travail présente la démarche adoptée pour déterminer les spécifications fonctionnelles pour un système informatique portatif de guidage urbain pour déficients visuels. Nous présentons tout d'abord l'état de l'art sur l'espace urbain perçu par les déficients visuels et les capacités sensorielles des déficients visuels utilisables pour les déplacements en milieu urbain. Afin d'identifier les instructions optimales en fonction de l'architecture de l'environnement rencontré, une analyse de la tâche de déplacement en environnement inconnu guidée verbalement est proposée comme méthodologie. Une démarche comportant un ensemble de cinq expérimentations ainsi que l'analyse du travail des instructeurs de la locomotion indépendante pratiquée en institution spécialisée est présentée. Les résultats issus de la première expérimentation -Étape 1, instructions verbales de guidage- sont enfin décrits.

MOTS-CLÉS

aveugle, déplacement, ville, guidage, spécifications

1 INTRODUCTION

Le tissu urbain européen présente la particularité d'être particulièrement complexe -si on le compare à son équivalent nord-américain- et nécessite l'usage de nombreuses aides signalétiques pour pouvoir s'y déplacer. Ces déplacements, souvent difficiles même pour des usagers voyants, deviennent quasiment impossibles pour des personnes atteintes de déficience visuelle sévère (cécité totale ou partielle) qui ne peuvent accéder à l'information nécessaire, essentiellement présentée sous forme visuelle.

Les techniques actuellement disponibles pour satisfaire les besoins des personnes déficientes visuelles dans ce domaine du déplacement urbain (feux rouges parlants, guidage sonore dédié, bandes tactiles au sol, cartes brailles...) ont malheureusement la caractéristique d'être coûteuses, lourdes et lentes à mettre en place. Elles ne traitent que des problèmes très ponctuels, sont parfois peu efficaces et maintiennent les personnes handicapées dans une position de dépendance vis à vis de l'équipement collectif ou d'accompagnateurs.

Les problèmes d'accessibilité des villes aux déficients visuels (bien décrits dans Hughes, 1989) nous ont amenés à concevoir un système de guidage individuel, portatif, de faible coût, évolutif, ne nécessitant aucun équipement des villes, n'entraînant ainsi aucune discrimination, et que nous pensons donc être d'une utilité et d'une "utilisabilité" optimales.

Ce type de système, similaire à ceux qui sont utilisés actuellement dans les voitures (e.g. Carminat, Christine...), est aujourd'hui techniquement réalisable, en raison de l'arrivée simultanée à maturité de plusieurs technologies (ordinateurs ultra-portatifs, systèmes de localisation très précis, cartes numériques de grande précision, systèmes de synthèse et reconnaissance vocale).

Le premier système de guidage pour handicapés visuels proposé remonte à 1989 (Brusnighan et al., 1989). La faible précision de localisation a rendu ce système inutilisable. Un système issu de la

recherche universitaire (conçu par la Fondation Arkenstone) utilise une synthèse vocale; il mentionne les rues et quelques bâtiments importants rencontrés lors du parcours (Fruchterman, 1996) ainsi que des instructions de guidage simplifiées. Cependant, la précision de la localisation fournie est restreinte et le guidage est donc peu précis. Un autre travail de recherche a également conduit à la réalisation d' un prototype de guidage pour les déficients visuels appelé MoBIC (Mobility of Blind and Elderly People Interacting with Computers, Petrie et al., 1996). Le MoBIC Outdoor System (MoODS) est similaire à celui produit par Arkenstone, avec en plus un système de correction différentiel du signal GPS. Il a cependant rencontré des problèmes de commercialisation. Enfin, un dernier système est en cours de développement à l' Université de Californie, Santa Barbara. Il possède en plus des fonctions décrites dans les systèmes présentés ci-dessus un système d' acoustique virtuelle : la personne entend les noms de bâtiments, d' intersections, etc. comme s' ils venaient de l' endroit ou se trouve l' objet décrit. Ce procédé facilite l' intégration des lieux rencontrés lors du parcours et permet donc de construire plus rapidement une bonne représentation de l' environnement (Loomis et al., 1998; Golledge et al., 1998; Loomis, Golledge et Klatzky, sous presse).

De façon générale, tous les systèmes mentionnés fournissent des instructions de guidage sommaires, adaptées pour des villes américaines (rues orthogonales....). Le guidage devient plus complexe pour des villes européennes dont les rues ne sont pas orthogonales. De plus, trouver et parcourir un passage piéton est plus difficile en France qu' aux Etats-Unis par exemple.

Si la technique ne pose plus de problèmes, les caractéristiques d' un guidage efficace de personnes déficientes visuelles en environnement urbain complexe -comme les villes françaises- par un système informatique portatif restent à définir. C' est l' objet du présent article.

2 PROBLEMATIQUE DU DEPLACEMENT DES DEFICIENTS VISUELS EN MILIEU URBAIN

Deux problèmes différents doivent être distingués dans l' activité de déplacement des déficients visuels : la locomotion et le guidage. La maîtrise de la locomotion concerne la capacité de se déplacer de façon autonome dans l' espace proximal, et repose sur la détection des obstacles, le maintien de trajectoire, le repérage auditif, tactile et proprioceptif dans l' espace. En milieu urbain, une locomotion maîtrisée permet à un déficient visuel un déplacement autonome dans un environnement connu. Pour assister cette locomotion, les déficients visuels ont recours au chien-guide (très minoritairement, quelques milliers de chiens-guides seulement en France) ou à la canne (en très grande majorité). Les systèmes d' aide à la locomotion tels que le Sonic Path Finder (McKinley, Goldfarb et Goodrich, 1994) qui présente une reconstitution de l' environnement par des informations sonores n' ont pas à ce jour trouvé leur utilité dans la vie quotidienne des déficients visuels (pour une revue des aides électroniques à la locomotion, voir Loomis, Golledge et Klatzky, sous presse).

Le guidage (plus précisément la capacité d' être guidé) est la capacité à réaliser un parcours autonome en milieu urbain connu ou inconnu à l' aide d' instructions de guidage fournies par un tiers. Cette capacité repose sur la maîtrise de la locomotion, et ne peut s' y substituer. Cependant, les instructions de guidage fournies doivent, pour être utilisables, prendre en considération les stratégies perceptivo-motrices et cognitives utilisées par les non-voyants pour se déplacer, et les limitations engendrées par le handicap visuel. Les instructions fournies aux déficients visuels par les instructeurs de locomotion spécialisés ou par les déficients visuels eux-mêmes, sont, on le sait, parfaitement utilisables pour le déplacement dans des environnements urbain inconnus.

Dans le but de pouvoir faire produire par un système informatique portatif localisé des descriptions efficaces, l' objectif du travail décrit dans cet article est de proposer des règles adaptées à la fois aux besoins des personnes guidées et aux capacités et limites des systèmes informatiques actuels; ces règles sont basées sur l' analyse des instructions de guidage transmis à un déficient visuel par un autre déficient visuel.

3 LA LOCOMOTION DES DEFICIENTS VISUELS EN MILIEU URBAIN

En l' absence de vision, les informations utilisées pour la locomotion sont de nature auditive, tactile, proprioceptive et olfactive (Strelow, 1985; Thinus-Blanc, et Gaunet, 1997). L' information sonore est utilisée pour situer des voies routières à l' aide du flux de circulation, mais aussi pour situer les obstacles et assurer le suivi des murs (echo-localisation). L' information tactilo-proprio-kinesthésique, est issue des données fournies par le contact des pieds et de la canne sur le sol, par les mouvements

du chien, et éventuellement par des explorations manuelles, mais aussi de la détection des variations de pression de l' air associées à la présence d' obstacles. Elle est utilisée pour détecter les changements de niveaux qui renseignent sur la présence de bateaux, de sortie de parking et de trottoir. L' information proprioceptive -issue des étirements des muscles et des stimulations perçues par le système vestibulaire- permet l' intégration de trajet (calcul des distances et des orientations) et le contrôle d' un déplacement guidé.

A partir de ces éléments, deux problèmes sont particulièrement délicats (AVH, 2000; Foulke, 1971; Hill, 1976) : localiser l' endroit de traversée d' une rue et le repérage dans l' espace.

Les déplacements sont assistés par l' utilisation de la canne blanche ou du chien-guide. Le chien-guide avantage largement le piéton : la détection des obstacles (piétons, arbre, poteaux, poubelles, boîte à lettre, etc.) et la recherche des passages piétons sont complètement pris en charge par le chien alors qu' avec une canne, la personne mobilise ses ressources attentionnelles pour suivre la trajectoire et détecter des obstacles. Le facteur stress est également essentiel, un déplacement sans chien étant plus dangereux, plus lent et plus aléatoire.

4 LE GUIDAGE DES DEFICIENTS VISUELS EN MILIEU EN MILIEU URBAIN

Le guidage d' un non-voyant peut être fait par plusieurs méthodes :

- guidage par le chien, dans le cas où celui-ci connaît l' itinéraire
- guidage au bras par un accompagnateur
- guidage sur la base d' une description fournie avant le départ pour tout le trajet
- guidage par une description incrémentale fournie pendant le trajet

Les descriptions d' itinéraires sont classiquement fournies sous forme verbale, gestuelle et graphique (Denis et Briffault, 2000; Chalmé et al., 2000). La modalité gestuelle est inexploitable par les déficients visuels. La modalité graphique, par exemple sous la forme de carte tactile, peut permettre à une personne de se repérer mais est difficilement utilisable (Espinosa et al., 1998), en particulier dans une situation de locomotion où l' une des deux mains est nécessairement utilisée pour la canne ou le chien. La modalité verbale est donc la seule utilisable. Le mode de transmission est l' écrit ou l' oral. Pour les mêmes raisons que celles évoquées précédemment, l' utilisation d' un support écrit est difficile pendant le déplacement. Par ailleurs, tous les déficients visuels ne maîtrisent pas le braille. Les descriptions les plus adaptées pour parcourir des itinéraires inconnus sont donc celles fournies verbalement, à l' oral. C' est le cas rencontré le plus communément. En effet, les déficients visuels familiers d' un itinéraire et les instructeurs de la locomotion fournissent des descriptions d' itinéraires utilisables par d' autres personnes, voyantes ou déficientes visuelles. Ces descriptions sont fonctionnelles. En revanche les temps de parcours peuvent être variables selon les compétences de la personne déficiente visuelle à utiliser correctement les informations, en particulier les informations auditives liées au trafic automobile, aux murs de bâtiments pour effectuer les réorientations et les informations auditives et tactiles pour réaliser une traversée de rue. De l' aide aux passants peut-être demandée pour la réalisation de certaines traversées de rues, comme par exemple les traversées en deux temps avec un îlot à parcourir. En raison de contraintes de mémorisation évidentes, la description n' est pas fournie dans sa totalité avant le départ. Les descriptions sont donc fournies et utilisées incrémentalement pendant le trajet, sous forme orale.

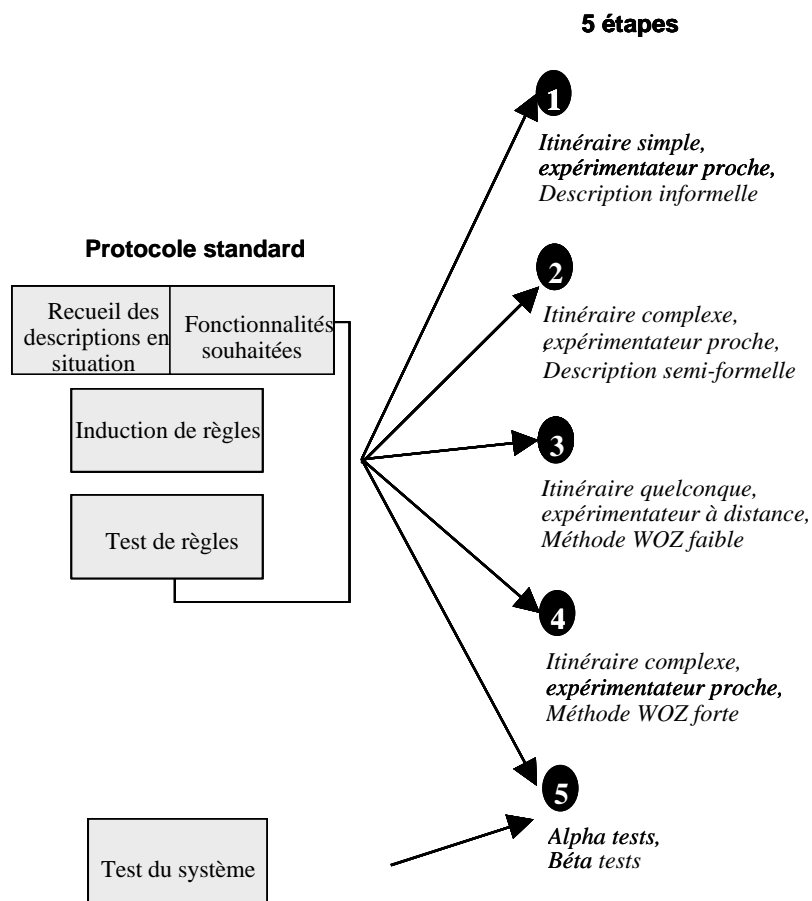
Dans le cas d' un système informatique, nous proposons donc de fournir les descriptions sur le mode verbal-oral et la synthèse vocale sera donc le média privilégié¹. L' étude que nous décrivons ci-dessous a donc pour objectif précis de déterminer la forme, le contenu et les conditions de délivrance d' instructions de guidage verbales fournies pendant le trajet par une synthèse vocale.

Les descriptions fournies par un système informatique d' aide à la navigation répondent à des contraintes différentes de celles qui peuvent être élaborées par une personne. En effet, la description élaborée par une personne repose sur ses perceptions sensorielles (tactiles, proprioceptives et sonores), auxquelles un système informatique n' a pas accès. Les règles de guidage devront donc être fondées sur les règles spontanément utilisées entre les personnes, mais adaptées aux contraintes logicielles, matérielles et aux éléments disponibles dans les bases de données géographiques. Une certaine adaptation du déficient visuel aux règles proposées sera donc nécessaire par rapport au guidage dit naturel.

¹ L' utilisation intensive de l' audition pour le déplacement pose cependant des problèmes additionnels sur le type d' écouteur qui pourra être utilisé. Des écouteurs n' obturant pas le conduit auditif sont probablement les plus adaptés.

5 METHODOLOGIE ADOPTÉE

Les informations présentées ci-dessus sont relatives à des processus cognitifs et perceptivo-moteurs généraux, indépendants de l'activité de déplacement. Notre objectif initial était de synthétiser ces connaissances, issues pour la plupart des travaux en psychologie cognitive, selon la méthode traditionnelle de la psychologie expérimentale, en les complétant par des études additionnelles, sur les processus généraux et par du recueil d'information auprès d'experts (instructeurs de locomotion). Cette orientation méthodologique initiale n'a malheureusement pas donné les résultats escomptés. Les interviews (hors contexte de déplacement effectif) de personnes déficientes visuelles et d'instructeurs de la locomotion sur les règles présidant au guidage verbal efficace des déficients visuels ne nous ont pas permis d'obtenir des informations utilisables. Les connaissances générales sur la cognition spatiale chez les aveugles, acquises pour la plupart en laboratoire sont totalement inexploitable dans des situations réelles. L'analyse purement linguistique des échanges de guidage entre personnes aveugles ne permet pas l'induction des règles générant ces descriptions, et ne prend pas en compte les incontournables limitations des systèmes informatiques qui obligent à modifier la situation d'interaction. Nous avons donc été conduits à proposer une méthodologie différente, fondée sur l'analyse de la production d'instructions de guidage *durant l'activité de déplacement*. Le guidage s'inscrit en effet dans une activité de déplacement, qu'il ne prescrit pas, mais dans laquelle il intervient comme une ressource supplémentaire. L'étude du guidage en situation de déplacement dans un environnement réel ainsi que celle de la locomotion indépendante s'impose. Nous avons donc choisi de conduire les 5 étapes d'investigation suivantes (figure 1) :



² Un courant de recherche, dans lequel nous nous sommes inscrits pendant plusieurs années, considère la situation d'interaction humain-humain comme le paradigme idéal pour la conception de systèmes d'interactions humain-ordinateur. Cette orientation nous paraît aujourd'hui dénuée de fondements et sans possibilités d'applications pratiques. Notre approche est désormais de travailler sur la situation spécifique de l'interaction homme-machine, en observant les perturbations engendrées dans une situation d'interaction naturelle, humain-humain, par l'introduction progressive des caractéristiques d'un artefact informatique.

Figure 1 : Etapes d'investigations. Un protocole standard -recueil des descriptions en situation et des fonctionnalités souhaitées, induction de règles et test de règles- est appliqué dans chacune des 5 étapes.

Etape 1 : *Les descriptions d'itinéraires produites par un déficient visuel familier d'un itinéraire, qu'il destine à un autre déficient visuel, sont collectées; des règles de guidage en sont extraites et l'efficacité de ces règles est immédiatement testée.*

Dans un premier temps, le déficient visuel et l' expérimentateur parcourent ensemble un itinéraire connu du déficient visuel et inconnu de l' expérimentateur; ce dernier se trouve 1 mètre devant le déficient visuel qui lui fournit les instructions incrémentalement. L' expérimentateur relève chaque instruction, réalise l' action correspondant à l' instruction jusqu' au terme du parcours. Le guidage par le déficient visuel est réalisé avec une précision d' environ 5 mètres.

Dans un deuxième temps, l' expérimentateur demande au déficient visuel les fonctions dont il souhaiterait disposer dans un système de guidage. Enfin, dans un troisième temps, des règles de guidage sont extraites des instructions produites : l' expérimentateur analyse les relations entre les descriptions d' itinéraires produites et les configurations de l' environnement urbain associées. La formulation utilisée pour un type de configuration est utilisée lorsque la même configuration se présente pour un nouvel itinéraire. Les règles sont appliquées à un itinéraire inconnu du déficient visuel : après une pause de 15 minutes permettant à l' expérimentateur de synthétiser les informations obtenues à partir des deux premières expérimentations, de concevoir les règles de guidage correspondantes et de les appliquer à un itinéraire connu de l' expérimentateur et inconnu du sujet, une liste d' instructions est produite pour un itinéraire inconnu du sujet. Puis, l' efficacité de cette liste d' instruction est testée : les erreurs de parcours sont relevées puis l' expérimentateur et le sujet analysent ensemble les échecs et proposent de nouvelles règles de guidage. Le guidage par l' expérimentateur est réalisé avec une précision d' environ 5 mètres. Les résultats obtenus dans l'étape 1 sont analysés et synthétisés pour affiner les règles de guidage.

De nombreux biais existent à ce niveau : la présence physique de l' expérimentateur, ressentie par le sujet, lui fournit de précieuses informations non verbales, dont la portée est accrue par les capacités auditives des aveugles. L' expérimentateur ne peut produire en temps réel des descriptions systématiques issues des règles, et introduit donc des variations en fonction de ses implicites. Les variations de ton, de rythme des descriptions fournies par l' expérimentateur renseignent le sujet sur la proximité d' une rue, d' un passage dangereux, de véhicules...

Etape 2 : Les règles sont testées auprès de déficients visuels sur un itinéraire comportant à la fois des portions de parcours sans difficulté (quartiers calmes, rues en croix, traversées sans îlots, ...) mais également quelques difficultés comme le parcours de rues piétonnes, d'escalier, de place à grand trafic automobile mais sans passage piétons avec îlots, ...). Les résultats obtenus dans l'étape 2 sont analysés et synthétisés pour affiner les règles de guidage. Les biais sont identiques à ceux de l' étape 1.

Etape 3 : Un parcours d'itinéraire présentant des difficultés similaires et nouvelles est testé, mais le guidage s'effectue par un expérimentateur se tenant à distance à l'aide d'un talkie-walkie. Ce protocole élimine la possibilité que le sujet utilise des informations liées à la proximité physique de l' expérimentateur. Cependant, les autres biais subsistent. Les résultats obtenus dans l'étape 3 sont analysés et synthétisés pour affiner les règles de guidage.

Etape 4 : L'Etape 3 est reproduite sur un nouvel itinéraire avec des difficultés similaires, mais les descriptions sont engendrées par un système informatique, et retransmises par talkie-walkie au sujet. L' expérimentateur ne voit plus le participant; la position du sujet est transmise au guideur par un GPS. Ce protocole lève les biais de l' étape 3. Le dernier biais restant est alors que le sujet ne manipule pas directement le système, ce qui diminue sa charge et rend la tâche plus aisée.

Etape 5 : Ce dernier biais est levé, en fournissant au participant le système portatif qu' il doit alors manipuler lui-même lors du parcours d'un nouvel itinéraire. Dans cette étape, on s'intéressera aux fonctions nécessaires pour interagir avec le système.

En parallèle, une *analyse de la locomotion indépendante* est réalisée auprès d' instructeurs de locomotion afin de recueillir une expertise plus poussée sur le modèle utilisateur : quelles sont les informations auditives et tactiles utilisées pour trouver un passage piéton, un feu, pour décider de traverser, pour identifier la configuration d'une intersection simple et complexe, ...

6 ETUDE : ETAPE 1

Jusqu' à présent, ont été conduites les études relatives à l' étape 1 et 2. Nous présentons ici l' étude relative à l'étape 1 qui a été conduite à Paris, sur une population de 8 personnes atteintes de cécité totale, et utilisant une canne blanche (cas le plus difficile). Les parcours sont réalisés dans des quartiers résidentiels et des quartiers commerçants très fréquentés.

Les données obtenues pour chaque sujet ont été compilées pour obtenir des règles générales.

6.1. Production de descriptions d'itinéraires

Les productions de descriptions d' itinéraires fournissent chacune des spécifications qui se recourent pour une large part : tous les sujets mentionnent des fonctions de guidage identiques. En revanche, la différence entre les sujets porte sur le niveau de détail de chaque fonction.

La synthèse de l' analyse des productions de descriptions d' itinéraires permet d'identifier les fonctions suivantes :

- **Fonction de localisation et d'orientation** : quelle que soit la position du déficient visuel, la description détaillée de la position (rue, numéro de bâtiment et/ou bâtiments spécifiques, le nombre de voies urbaines, le sens de circulation des véhicules, le sens de parcours de la personne par rapport au sens de circulation des véhicules) et de l' orientation sont fournies. Cette fonction doit être accessible en permanence. Cette fonction permet au déficient visuel de pouvoir confirmer sa position et son orientation en se basant sur sa perception et en demandant confirmation aux passants
- **Fonction de progression** : l' action de progression dans une rue est explicitement prescrite
- **Fonction de description de l'intersection** : le niveau de l' intersection (simple, moyenne, complexe), le sens de parcours de l' intersection et la description horaire des voies sont fournies (toutes ou seulement les rues parcourues sont mentionnées)
- **Fonction de réorientation dans une rue** : l' instruction de s' engager dans une rue située sur le même trottoir est explicitement fournie
- **Fonction d'annonce de traversée** : le prochain passage protégé à parcourir est explicitement prescrit (un temps, deux temps sur îlot, ...) et le niveau de difficulté du passage protégé est mentionné
- **Fonction recherche de passage piéton** : mentionne que le passage doit être recherché
- **Fonction de réorientation sur place** : des informations sur l' orientation par rapport à la trajectoire attendue et l' orientation à suivre sont fournies
- **Fonction d'annonce d'intersection** : l' approche d' une intersection est explicitement prescrite
- **Fonction de réorientation après traversée** : la nature de l' orientation à prendre après la traversée est prescrite
- **Fonction de mention de l'arrêt du parcours** : l' atteinte du but est explicitement mentionnée

Le tableau ci-dessous montre, dans la première colonne, les fonctions de guidage qui ont été identifiées après analyse des productions de descriptions d' itinéraires par l' ensemble des sujets. La deuxième colonne du tableau montre quelques exemples des différentes instanciations des fonctions.

Fonction	Les différents contenus des fonctions observés
A. localisation et orientation	Vous êtes au 10 de la rue de Trévise Vous êtes dos à la mairie On est devant le café Européen C' est une rue à double sens, vous allez dans le sens contraire des voitures, vous êtes sur le trottoir de gauche
B. progression	Avancer Suivre le pan coupé Faire 2 pas Descendre les escaliers
C. description de l' intersection	A 8 h, il y a la rue Pelleport, à 12h la rue Belgrand, à 3h la rue Pelleport, et à 6h la rue Belgrand La rue de la Mouzaia coupe la rue des Lilas
D. réorientation dans une rue	Tourner à droite prendre la rue à droite
E. annonce de traversée	On traverse la rue Traversière On traverse la rue du Faubourg St Antoine sur notre gauche On passe 2 rues C' est une traversée en deux temps
F. recherche de passage piéton	Chercher le passage Trouver le passage piéton à droite
G. réorientation sur place	Tourner d' un quart de tour à gauche

	Obliquer légèrement à gauche
H. réorientation après traversée	Après la traversée, tourner de 90° à gauche Traverser la rue Baudelaire sur sa gauche, continuer tout droit dans la rue St Antoine
I. annonce d' intersection	Vous arrivez à une intersection A 30m, il y a une intersection
J. mention de l' arrêt du parcours	On est à l' Opéra On continue jusqu' au n°157

Tableau 1 : les 10 fonctions et les différentes instanciations de chaque fonction

6.2. Questionnaire

A la question : "*quelles sont les fonctions qui vous paraissent fondamentales à intégrer dans un système d' aide à la navigation ?*" les sujets ne mentionnent que 6 des fonctions identifiées ci-dessus, mais mentionnent par ailleurs 5 nouvelles fonctions (voir les cinq dernières lignes du tableau 2). Le questionnaire complète donc l' étude des productions de descriptions d' itinéraire.

Les fonctions supplémentaires demandées sont :

- Différents niveaux de détail de chaque fonction doivent être fournis (K) : les déficients visuels ont des capacités de repérage différentes et l'utilisation de différents niveaux de détail permet à un système automatique de guidage de s' adapter à chaque utilisateur.
- Des itinéraires de contournement sont vivement souhaités pour les cas où les itinéraires seraient complexes (L).
- Les déficients visuels détenteurs d' une canne blanche expriment leur difficulté à trouver les passages piétons et souhaitent une aide à la localisation des passages protégés. Ce n' est pas le cas pour les personnes se déplaçant avec un chien-guide. Les escaliers doivent également pouvoir être annoncé (M) et la mention de la largeur des trottoirs aiderait le choix de la stratégie de maintien de la trajectoire : suivi de mur ou de bord de trottoir, selon la configuration de l' environnement (N).
- Enfin, tous mentionnent finalement qu' ils souhaitent qu' une fonction accessible à tout moment (O) -alors qu' ils sont engagés dans un parcours spécifique- leur fournisse la localisation des commerces et bâtiments spécifiques les plus proches, la description de l' environnement immédiat (configuration des voies).

Le tableau 2 ci-dessous synthétise les données obtenues auprès de l' ensemble des sujets.

Fonctions mentionnées par les sujets	Nombre de sujets ayant mentionnés ces fonctions
A. localisation et orientation	8
B. progression	8
C. description de l' intersection	8
D. réorientation dans une rue	8
E. annonce de traversée	8
F. recherche de passage	8
K. différents niveaux de détail des descriptions	5
L. itinéraire de contournement	3
M. escaliers et passages piétons	1
N. taille des trottoirs	1
O. description environnement	2

Tableau 2 : à gauche, les fonctions souhaitées, mentionnées verbalement par les sujets; à droite, le nombre de sujets ayant mentionné ces fonctions

Pour terminer, la fonction suivante, proposée par l' expérimentateur, devra enfin être considérée :

- **Fonction d' entrée du lieu de départ et de la destination(P)** : cette fonction permet la saisie des points de départ et d' arrivée du trajet de l' utilisateur

6.3. Utilisation de descriptions d'itinéraires

Les fonctions ont été appliquées et testées sur des parcours allant de quartiers résidentiels calmes aux quartiers commerçants très fréquentés. La figure 2 montre un parcours inconnu sur lequel un non-voyant a été guidé avec succès. Le tableau 3 montre les descriptions utilisées pour le guidage à partir des règles induites.

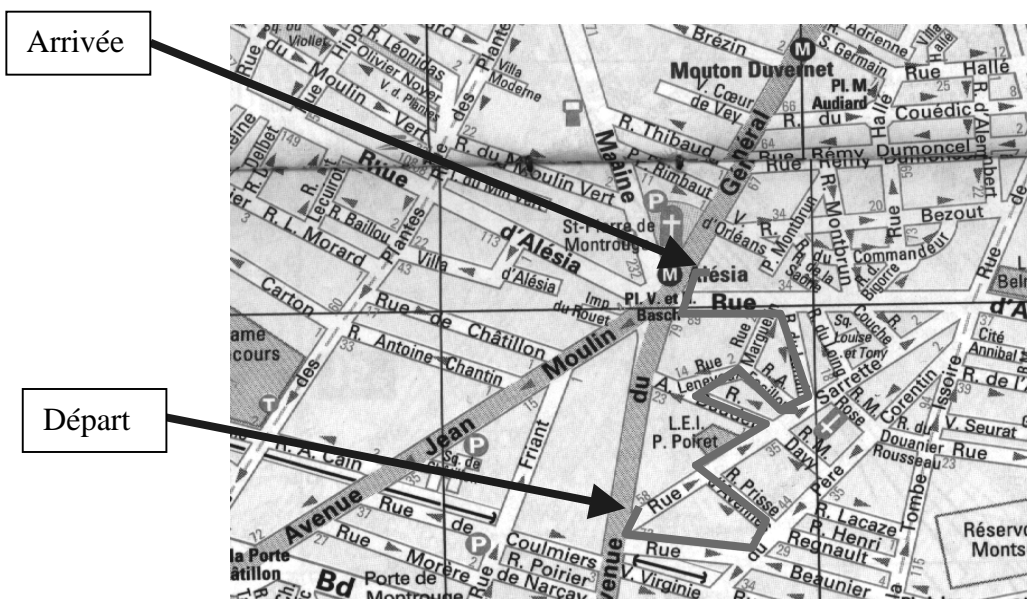


Figure 2 : Itinéraire inconnu d' un non-voyant

Description fournie au sujet	Fonctions de guidage
Vous êtes à l' intersection de l' avenue du Général Leclerc et de la rue de Sarette. Vous êtes sur le trottoir de gauche de l' avenue du Général Leclerc.	Localisation et orientation
Traversez la rue de Sarette	Annonce de traversée
Prendre la rue à gauche, la rue Beauhier	Réorientation dans une rue
Avancez dans la rue Beauhier	Progression
Prendre à gauche dans la rue du père Corentin	Réorientation dans une rue
Prendre à gauche dans la rue Prisse d' Avenes	Réorientation dans une rue
Traversez la rue en face, la rue de Sarette	Annonce de traversée
Faire ¼ de tour sur soi à droite	Réorientation sur place
Avancer dans la rue de Sarette	Progression
Traversez en face la rue A. Daudet	Annonce de traversée
Faire ¼ de tour sur soi à gauche	Réorientation sur place
Vous êtes sur le trottoir de droite de la rue A. Daudet	Localisation et orientation
Avancer dans la rue A. Daudet	Progression
Prendre à droite dans la rue Leneveux	Réorientation dans une rue
Avancer dans la rue Leneveux	Progression
Prendre à droite dans la rue Focillon	Réorientation dans une rue
Avancer dans la rue Focillon	Progression
Vous arrivez à une intersection	Annonce d' intersection
Faire ¼ de tour à gauche	Réorientation sur place
Traversez la rue Faucillon	Annonce de traversée
Prendre à gauche dans la rue de Lumain	Réorientation dans une rue
Faire ¼ de tour à gauche	Réorientation sur place
Traversez la rue en face, la rue Marguerin	Annonce de traversée
Vous êtes dans la rue d' Alésia, sur le trottoir de gauche	Localisation et orientation
Avancer dans la rue d' Alésia	Progression
Vous arrivez à une intersection	Annonce d' intersection
Traversez la rue d' Alésia sur votre droite	Annonce de traversée
C' est un passage piéton à deux temps, avec un îlot	Description passage
Vous êtes arrivé	Mention de l' arrêt du parcours

Tableau 3 : Description fournie au déficient visuel et fonctions de guidage correspondantes

De façon générale, les règles sont fonctionnelles dans le cas de parcours réalisés dans des quartiers résidentiels comportant des rues, des petites intersections à 4 ou 5 branches (exemple : voir l' intersection simple sur la figure 2) des traversées à un temps situées en bout de chaussée. A titre d'exemple, l'intersection du Bd Saint Michel et du Bd Saint Germain peut être parcourue. On note une petite difficulté pour les personnes se déplaçant avec une canne blanche pour repérer l' emplacement du passage protégé lors du parcours d' intersections asymétriques dans des quartiers résidentiels.

En revanche, on note l' impossibilité de réaliser le parcours de grandes (exemple : place Saint Michel) et très grandes intersections (exemple : place Opéra-Bastille) en particulier lorsque les passages piétons ne sont pas situés en bout de chaussées et que les traversées sont à deux ou trois temps.

7 CONCLUSION

Cette étude présente une démarche visant à déterminer les prescriptions verbales de guidage nécessaires aux déplacements orientés de déficients visuels dans une ville inconnue.

Les données issues de la psychologie cognitive ne nous ayant pas permis d'obtenir des informations utiles pour répondre à notre objectif, nous avons proposé une démarche générale en 5 étapes, permettant d'affiner les règles de guidage tout en éliminant progressivement les biais liés à l'intervention de l'expérimentateur et de l'ordinateur dans la tâche de déplacement. Cette démarche commence par l'analyse de la situation naturelle dans laquelle les déficients visuels se guident entre eux dans le cadre de leurs activités quotidiennes (communication homme-homme), en passant par le guidage verbal réalisé via une simulation de système final (méthode dite du Wizard of Oz) puis par le système final.

Grâce à la première étape de cette étude, comportant trois phases -production de descriptions d' itinéraires, questionnaire et utilisation de descriptions d' itinéraires- nous avons pu identifier les principales fonctions de guidage permettant à des personnes déficientes visuelles de trouver leur chemin dans un environnement urbain inconnu. La démarche adoptée a prouvé son intérêt. En effet, la complémentarité de l' étude comportementale et de l' interview apparaît clairement : durant l' interview, les sujets ne décrivent pas spontanément les fonctions qu' ils utilisent en situation. Par ailleurs, l' étude comportementale, limitée par les situations rencontrées, ne permet pas de faire émerger toutes les fonctions jugées utiles (et vérifiées comme telles par la suite). L' importance de réaliser l' interview immédiatement après la mise en situation apparaît donc clairement. Finalement, l'évaluation sur un parcours inconnu des informations recueillies a permis d'identifier une quinzaine de fonction (A à P, cf. section 6.). Les impossibilités de parcours de certains trajets conduisent à envisager une fonction supplémentaire de choix de la difficulté du parcours que l'utilisateur veut parcourir avant le début du parcours et en cours de parcours (Q) ainsi qu'une fonction de vérification de la trajectoire de l'utilisateur (R).

Les fonctions identifiées ici sont utilisables pour des parcours réalisés dans des quartiers résidentiels impliquant des rues, des petites intersections et des traversées à un temps. Ce guidage est réalisé à 5 mètres près. Différents niveaux de détail sont nécessaires pour chaque fonction pour répondre aux différents profils utilisateurs : personne avec chien-guide, avec canne blanche et bonne orientation spatiale et avec canne blanche et mauvaise orientation spatiale, degré de connaissance de l' environnement, du système...

Cette expertise acquise sur le guidage des déficients visuels, apporte en outre des éléments précis sur les caractéristiques techniques indispensables d' un système de guidage, en particulier en ce qui concerne le degré de précision de la localisation et de l' orientation ainsi que les éléments à ajouter dans les bases de données géographiques, par rapport aux bases de données utilisées pour les systèmes d' aide à la navigation automobile ou pour les piétons voyants :

- l' ambiguïté de certaines situations lors des déplacements en ville (e.g. places complexes) rend plus confortable la localisation à un mètre près et l' orientation à quelques degrés près, en particulier pour pouvoir localiser précisément les passages piétons. Cependant, le guidage à 5 mètres, voire 10 mètres et plus est possible : les déficients visuels se guident déjà entre eux sans GPS !

- passages piétons et leurs caractéristiques, feux, ...

En conclusion, cette étude préliminaire confirme qu' avec quelques ajouts aux bases de données de navigation actuellement disponibles et une précision de localisation à 10 mètres près, un système de guidage verbal informatique permettant à des personnes déficientes visuelles de se déplacer dans un environnement urbain inconnu est réalisable. Cette étude montre également que pour guider dans des environnements urbains complexes, ce sont les niveaux de détails et la précision de localisation qui doivent être améliorés.

Sur le plan méthodologique, cette étude montre selon nous l'importance, pour la réalisation de systèmes informatique efficaces, d'une analyse détaillée de l'activité réelle des usagers, dans laquelle le système devra venir s'insérer. Cette orientation méthodologique, souvent préconisée, mais rarement réellement mise en œuvre, impose de prendre en considération les perturbations engendrées par le système informatique lui-même dans cette activité. L'activité à prendre en considération pour réaliser un nouveau système n'est pas l'activité initiale (sans le système) mais l'activité finale (avec le système). Cet apparent paradoxe est résolu par l'utilisation des méthodes de type magicien d'Oz à plusieurs étapes, telle que celle que nous avons proposée. Appliquée ici à un cas relativement simple, cette méthodologie peut selon nous également être appliquée dans des domaines plus complexes, le risque d'échec d'un outillage informatique inadapté étant d'ailleurs d'autant plus grave dans une situation complexe.

8 BIBLIOGRAPHIE

- AVH (Association Valentin Haüy) (2000). Groupe des instructeurs de la locomotion, communication personnelle.
- Brusnighan, D. A., Strauss, M. G., Floyd, J. M. et Wheeler, B. C. (1989). *Orientation aid implementing the Global Positioning System*. In S. Buus (Ed.), *Proceedings of the Fifteenth Annual Northeast Bioengineering Conference*, pp. 33-34. Boston: IEEE.
- Chalmé, S., Briffault, X., Denis, M., Gaunet, F. et Nathan, F. (2000). Aides verbales à la navigation automobile : L' impact des instructions directionnelles sur le comportement d' un pilote à l' approche de carrefours. *Le Travail Humain*, 63, 4, 353-376.
- Denis, M. et Briffault, X.(2000). Analyse des dialogues de navigation à bord d' un véhicule automobile. *Le Travail Humain*, 63, 1, 59-88.
- Espinosa, A., Ungar, S., Ochaita, E., Blades, M. et Spencer, C. (1998). Comparing methods for introducing blind and visually impaired people to unfamiliar urban environments. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 277-287.
- Foulke, E. (1971). The perceptual basis for mobility. *Research Bulletin of the American for the Blind*, 23, 1-8.
- Fruchterman, J. (1996). *Talking maps and GPS systems*. Paper presented at *The Rank Prize Funds Symposium on Technology to Assist the Blind and Visually Impaired*, Grasmere, Cumbria, England, March 25-28, 1996.
- Golledge, R. G., Klatzky, R. L., Loomis, J. M., Speigle, J. et Tietz, J. (1998). A geographical information system for a GPS based personal guidance system. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, 727-749.
- Hill, E.W. (1976). *Orientation and mobility : A guide for the practionner*. New York : American Foundation for the Blind.
- Hughes, J-F (1989). *Déficiance visuelle et Urbanisme, L' accessibilité de la ville aux aveugles et mal-voyants*, Ed Jacques Lanore.
- Loomis, J. M., Golledge, R. G. et Klatzky, R. L. (1998). Navigation system for the blind : Auditory display modes and guidance. *Presence : Teleoperators and Virtual Environments*, 7, 193-203.
- Loomis, J., Golledge, R.G. et Klatzky, R.L. (sous presse). GPS-based navigation systems for the visually impaired. In W. Barfield and T. Caudell (Eds.), *Principles and Applications of Augmented Virtual Environments*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

- McKinley J., Goldfarb E. & Goodrich G. (1994). *An Evaluation of the Sonic Pathfinder*. Proceedings of the 7th. International Mobility Conference, Melbourne. RGDA, Melbourne. pp. 177 - 179.
- Petrie, H., Johnson, V. Strothotte, T. Raab, A., Fritz, S. et Michel, R. (1996). MoBIC : designing a travel aid for blind and elderly people. *Journal of Navigation*, 49, 45-52.
- Strelow, E. R. (1985). What is needed for a theory of mobility : Direct perception and cognitive maps --lessons from the blind. *Psychological Review*, 92, 226-248.
- Thinus-Blanc, C. et Gaunet, F. (1997). Space representations in the blind : Vision as a spatial sense ? *Psychological Bulletin*, 121, 20-42

Remerciements

Nous remercions la Fédération des Aveugles de France et l' association Valentin Hauy -en particulier Janet Green- de nous avoir mis en contact avec des personnes déficientes visuels.