

Se mouvoir sans voir

Incidences de l'environnement urbain sur la perception, la représentation mentale et le stress lors du déplacement de la personne aveugle

Par Nicolas BALTENNECK

Thèse de doctorat en Psychologie

Sous la direction de Serge PORTALIER

Présentée et soutenue publiquement le 26 novembre 2010

Devant un jury composé de : François VITAL-DURAND, Directeur de recherche, INSERM Edouard GENTAZ, Directeur de recherches C.N.R.S., C.N.R.S. Serge PORTALIER, Professeur des universités, Université Lyon 2 Jean VEZINA, Professeur d'université, Université Laval du Québec André DITTMAR, Ingénieur de recherche HDR, C.N.R.S. Delphine PICARD, Professeur des universités, Université Toulouse 2

Table des matières

Contrat de diffusion ..	6
[Epigraphe] ..	7
[Dédicaces] ..	8
Remerciements ..	9
Résumé ..	11
Abstract ..	12
Introduction Générale ..	13
Chapitre I : Approche théorique ..	15
1. Entre perception et action : l'affordance selon Gibson ..	15
1.1. La théorie écologique ..	16
1.2. Les affordances ..	18
1.3. La nature des affordances ..	19
1.4. Conclusion ..	21
2. La cécité ..	22
2.1. Définition de la cécité ..	22
2.2. Différentes catégories de déficits visuels ..	22
2.3. Étiologie de la cécité ..	24
2.4. La cécité, un handicap ? ..	26
2.5. Conclusion ..	27
3. Perception de l'espace et cécité ..	28
3.1. La question de Molyneux ..	28
3.2. Les modalités perceptives sollicitées ..	29
3.3. Relations systémiques et transfert intermodal ..	32
3.4. Les modalités perceptives à l'œuvre chez le sujet aveugle ..	34
3.5. Des capacités perceptives étonnantes ..	36
3.6. Conclusion ..	40
4. Se déplacer dans la cité : une situation stressante pour le piéton aveugle ? ..	41
4.1. Particularités des déplacements chez l'aveugle ..	42
4.2. La locomotion en milieu urbain : une action exigeante pour le piéton aveugle ..	43
4.3. Un environnement hostile ..	46
4.4. Comment définir le stress ? ..	48
4.5. Stress et environnement ..	49
4.6. Une évaluation objective du stress ..	50
4.7. Conclusion ..	54
5. Représentation de l'espace et cécité ..	55
5.1. De l'espace d'action à celui de représentation ..	55
5.2. La représentation de l'espace ..	56
5.3. Représentation de la ville : les cartes mentales ..	59
5.4. Spécificité de la représentation de l'espace chez l'aveugle ..	61
5.5. Conclusion ..	66

6. Aides compensatoires pour le déplacement et environnement urbain ..	66
6.1. Au niveau de la personne ..	67
6.2. Autres techniques d'aide aux déplacements ..	71
6.3. Aménagements urbains et structure architecturale ..	72
6.4. Conclusion ..	79
Chapitre II : Problématique et hypothèses ..	80
1. Objectif ..	80
2. Problématique ..	80
3. Hypothèses générales ..	82
3.1. Modalités sensorielles sollicitées ..	83
3.2. Perception et ressenti ..	83
3.3. Stress et vigilance ..	83
3.4. Représentation et gestion de l'espace ..	83
Chapitre III : Méthodologie ..	84
1. Introduction et présentation générale ..	84
2. Choix du parcours urbain ..	84
2.1. Des ambiances urbaines ..	85
2.2. Vers un parcours urbain... ..	87
2.3. Description du parcours ..	87
3. Population de l'étude ..	99
3.1. Comité Louis Braille ..	99
3.2. Point de Vue sur la Ville ..	100
3.3. Population de l'étude ..	101
3.4. Une démarche éthique ..	102
3.5. Pochette de remerciement ..	102
4. Déroulement du protocole expérimental ..	103
5. Session 1. Perception de l'environnement ..	104
5.1. La technique des parcours commentés ..	104
5.2. Géopositionnement ..	105
5.3. Traitement des commentaires ..	105
6. Session 2. Mémorisation du trajet et construction d'une représentation ..	108
6.1. Mémorisation du trajet ..	109
6.2. Représentation mentale du parcours ..	109
7. Session 3a. Évaluation du stress ..	110
7.1. Questionnaire et stress ressenti ..	111
7.2. Ressentis en termes de confort et de sécurité ..	112
7.3. Activation du système nerveux autonome ..	112
8. Session 3b. Représentation de l'espace ..	121
8.1. Dessiner sans voir ..	121
8.2. Représentation du parcours urbain ..	121
8.3. Orientation et gestion du déplacement ..	127
9. Conclusion ..	128

Chapitre IV : Résultats	130
1. Introduction	130
1.1. Des scènes urbaines	130
1.2. Mode de déplacement et homogénéité de la population	130
1.3. Analyses de contrastes	131
2. Perception de l'environnement et ressenti	132
2.1. Analyse thématique du contenu des parcours commentés	132
2.2. Analyse du questionnaire « ressenti et ambiances urbaines »	145
2.3. Conclusion	148
3. Stress, vigilance et activité électrodermale	149
3.1. Stress et vigilance perçus <i>in situ</i>	149
3.2. Activité électrodermale	153
3.3. Conclusion	162
4. Représentation et gestion de l'espace urbain	163
4.1. Effet de l'environnement sur la représentation	163
4.2. Effet de l'environnement sur la gestion du déplacement	174
4.3. Conclusion	177
Chapitre V : Discussion	178
1. Introduction	178
2. Synthèse des résultats et limites de la recherche	179
2.1. Ressentis et perception de l'environnement	179
2.2. Stress, vigilance et activité électrodermale : un modèle de l'attention ?	182
2.3. Représentation de l'espace et gestion du déplacement	185
2.4. Cécité précoce, cécité tardive et mode de déplacement	189
2.5. L'activité expressive du passant	191
2.6. Conclusion	192
3. Ouvertures	193
3.1. Ambiances et affordances	193
3.2. Perspectives en termes d'aménagements	196
3.3. Cognition située et <i>embodiment</i>	199
Conclusion	201
Bibliographie	203
Annexes	215
1. Formulaire d'information	215
2. Plan du parcours	216
3. Parcours commentés	217
4. Activité électrodermale	238
5. Dessins du parcours	244
6. Questionnaire	248
7. Photos du parcours	249

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

[Epigraphe]

« ***If we knew what we were doing, it wouldn't be called research, would it?*** »
Albert Einstein

[Dédicaces]

A Gaëlle.

Ce travail lui doit beaucoup... Qu'il soit pour elle le témoignage de ma reconnaissance pour ces années de compréhension, de soutien et d'efforts communs.

A la mémoire de mon oncle Alain.

Disparu prématurément, psychologue aux multiples facettes professionnelles, praticien à l'hôpital et à la ville, créateur de plusieurs institutions pour les personnes en situation de handicap, mon enfance a été marquée par ce personnage de cocagne ouvert à la création, à la modernité et aux divertissements. Dois-je ma vocation à cette figure tutélaire ?

Remerciements

Je remercie ici toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ma recherche.

Je souhaite tout d'abord remercier le Professeur Serge Portalier pour avoir accepté de diriger ma thèse. Il a su éveiller chez moi un intérêt profond pour les problématiques passionnantes liées au champ du handicap, dès les premières années de mes études en psychologie. Il a toujours soutenu ce travail en m'invitant à adopter une démarche créative et m'accordant l'autonomie nécessaire à son l'accomplissement.

J'adresse mes plus vifs remerciements à tous les membres du jury, en particulier Delphine Picard et Édouard Gentaz qui ont assumé les rôles de rapporteurs, ainsi que Jean Vezina qui me fait l'honneur de venir du Québec pour évaluer ma recherche. Leur regard et leur expérience me permettront d'être encore plus engagé et perspicace dans mes futures recherches.

J'exprime ma plus vive gratitude à André Dittmar pour m'avoir accueilli dans son équipe à l'INSA avec bienveillance et pour m'avoir accordé sa confiance à un moment important de ma thèse. Je remercie également Bertrand Massot, doctorant, pour son aide de tous les instants, ses idées ingénieuses et pour avoir partagé les techniques de mesure novatrices développées avec ses collègues. Merci également à Claudine Géhin qui a permis et facilité notre rencontre.

Je remercie bien sûr François Vital-Durand, pour m'avoir permis, cette année, de trouver des articles introuvables et pour tous les bons conseils qu'il a toujours pris le temps de me donner depuis mon année de Maîtrise.

Un grand merci tout particulier à Georges Masson, Lise Wagner, Virgile Jouvenet et Alain Duchon-Doris qui m'ont accueilli et épaulé dès les premiers moments de ma réflexion et sont maintenant devenus des amis. Ils ont toujours su m'éclairer sur la cécité qu'ils vivent quotidiennement. C'est aussi grâce à eux que j'ai pu contacter une grande partie des personnes aveugles qui ont accepté de participer à cette aventure.

J'exprime mes plus sincères remerciements à l'ensemble des participants qui sont courageusement venus affronter le froid hivernal. Sans leur engagement, il n'aurait pas été possible de mener à bien ce projet. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail des éléments permettant de défendre l'accessibilité de la cité pour tous, notamment avec Point de Vue sur la Ville.

Comment ne pas citer Flore et Romain, sympathiques étudiants en géographie, ainsi que Sarah, en les remerciant pour leur présence sans faille lors du déroulement de l'expérimentation. Ils sont vaillamment venus user leurs chaussures sur la majeure partie des 100 kilomètres que nous avons effectués à pieds lors des parcours urbains, en assurant la sécurité des participants.

Gilles Rochon, fondateur de EO-Guidage, a toujours été présent pour répondre à nos questions sur les aides techniques et a gracieusement réalisé un plan tactile, pour notre usage dans le protocole de recherche. Christelle Famy et Myriam Azzedine, du Grand Lyon, ont permis le déroulement du protocole de recherche dans des conditions de confort qui ont été très appréciées de tous, en mettant à notre disposition des locaux au cœur de la ville.

Je remercie bien sûr François Osiurak, nouvellement arrivé à Lyon, pour sa présence sans faille, ses conseils judicieux, ses relectures critiques et les longues discussions sur ma thèse, ainsi que Marjorie Poussin, pour avoir elle aussi accepté d'en relire différents morceaux.

Une pensée solidaire pour la petite équipe de la 308K, mes compagnons de thèse, Marion, Sara, Bertrand, et bien sûr notre extra-terrestre... Thomas. Ces remerciements seraient bien incomplets sans citer Martine, personne-ressource pour toute l'équipe.

Enfin je remercie mes parents pour le soutien permanent qu'ils m'ont apporté. Ils ont toujours été présents à chacune des étapes de la longue réalisation de ce document, m'ont soutenu lors des moments difficiles, et ont aussi assuré de nombreuses relectures sans jamais se lasser.

Merci également à tous ceux qui ne figurent pas sur ces pages, mais qui durant ces quelques années de thèse, m'ont beaucoup apporté.

Résumé

Cette recherche propose d'étudier l'incidence de l'environnement urbain sur certains aspects du déplacement de la personne aveugle. Dans une approche écologique, nous prenons en considération plusieurs paramètres en étudiant, en situation réelle, la *perception* et le *ressenti* liés à l'environnement, la vitesse de marche, la représentation *mentale* et enfin le *stress*, vécu et objectivé.

Nous faisons l'hypothèse que la structure urbaine a un effet notable sur l'ensemble de ces paramètres, affectant ou facilitant le déplacement. Notre protocole a mobilisé 27 personnes aveugles, utilisant une canne blanche ou un chien-guide sur un trajet urbain de 1 km, qui offre cinq scènes urbaines successives (« Ruelle A », « Place », « Berges », « Rue » et « Ruelle B »). La première session s'est faite au bras du chercheur afin d'étudier la perception et le ressenti liés à l'environnement, grâce à la technique des trajets commentés. La seconde session a été consacrée à la mémorisation du trajet. Enfin, la troisième session, intégralement enregistrée sur vidéo, a consisté en un déplacement autonome. Nous avons également enregistré l'activité électrodermale *in situ*, afin d'en saisir les variations au fur et à mesure du trajet. Nous avons, enfin, demandé aux participants de dessiner le trajet effectué (carte mentale).

Les résultats indiquent que les différentes scènes présentent des ambiances vécues comme très différentes par les marcheurs aveugles. L'environnement influence le ressenti en termes de plaisir, de sentiment de sécurité et de stress. Il influence également la vitesse de marche, ainsi que la capacité à mener le trajet à son terme. Les « Ruelles » et la « Rue » sont les scènes les plus favorables au déplacement, alors que les espaces ouverts comme la « Place » et les « Berges » se sont avérés défavorables. L'analyse de l'activité électrodermale révèle également un effet de la scène. Elle nous a permis d'identifier des zones problématiques sur le trajet. Ces *nœuds* correspondent aux lieux où les marcheurs aveugles doivent prendre des décisions importantes (traverser la chaussée, choisir une orientation). Enfin, la représentation mentale semble être en rapport avec les aspects précédents et varie en fonction des scènes. Les lieux les plus sécurisants sont *sous-représentés*, alors que les lieux vécus comme les plus stressants sont *surreprésentés* dans les dessins.

Ces résultats invitent à prendre en considération la *perception incarnée* et *l'expérience* que les personnes aveugles ont de leur environnement dans l'élaboration des aménagements de nos cités, pour permettre à tous une meilleure autonomie et liberté de déplacement.

Mots clés : Handicap, cécité, mobilité, locomotion, espace urbain, environnement, ambiances urbaines, affordance, perception, stress, activité électrodermale, représentation mentale, carte cognitive, ville.

Abstract

This study investigates the influence of urban environment on some aspects of the mobility of blind people in the city. Using an *ecological* approach, we explore some mobility parameters in real conditions: environmental perception and feeling, walking speed, cognitive mapping and subjective and objective stress.

Our hypothesis suggests that environmental setup and features have a significant effect on these parameters, affecting or facilitating mobility. Twenty-seven blind subjects were requested to perform a 1-kilometer journey consisting of five successive urban scenes in Lyon (“Street 1”, “Square”, “River-bank”, “Avenue”, “Street 2”). Subjects walked using a white cane or a guide dog. There were three sessions. During the first walking session, blind pedestrians were accompanied all along. We asked them to comment on their perception of and feeling about the surroundings as they walked. The second walking session was devoted to memorizing the route. Finally, we asked subjects to walk independently for the third and last session, which was integrally recorded on video. We also monitored electrodermal physiological signals with an ambulatory device. Once the journey was over, we asked subjects to make a *line-drawing* depicting the route (i.e. a map).

Results suggest that blind pedestrian’s experience of the environment differs according to the urban scene. Environmental conditions affect *enjoyment, safety* and *stress levels*. They also affect *walking speed* and *spatial skills*. “Streets” and “Avenue” are the most favorable scenes for those mobility parameters, where wide open-spaces like “Square” and “River-bank” are unfriendly. The cognitive map seems to be related to these previous observations: its accuracy varies with environmental conditions. Analysis of the drawings indicates that the most secure scenes (i.e. “Avenue”) were *under-represented* while the most stressful scenes and least secure scenes were *over-represented* (i.e. “Square”). Electrodermal monitoring yielded the same scene-effect on the physiological signals, as well as the existence of high-activation areas in the journey, apparently corresponding to *node-places* requiring blind subjects to make important decisions (e.g. having to cross a road, or to choose a direction).

These results invite us to consider the environment *specific-perception* of the visually impaired persons in the development of accessibility aids, in order to offer a greater autonomy and freedom in mobility in our modern cities.

Keywords: Disability, blindness, visual impairment, mobility, walk, locomotion, urban space, urban ambiances, environment, affordance, perception, stress, electrodermal activity, cognitive map, city.

Introduction Générale

Se mouvoir sans voir, ouvrage de François Raynard (1991) relate avec justesse *l'aventure* que peut devenir une excursion en ville pour une personne aveugle. En effet, nos sociétés contemporaines, devenues plus complexes socialement, ont construit à leur image, des environnements urbains également complexes et en constante évolution. Depuis le 19^e siècle, l'urbanisation a concentré une grande partie des activités humaines, telles que l'industrie, l'éducation, la politique, la culture, les loisirs, au cœur de cités qui sont le lieu de déplacement de millions de personnes. Malheureusement, ces structures urbaines ne favorisent pas toujours la mobilité des personnes en *situation de handicap*.

Il est acquis que la vision, en particulier la perception du flux visuel, est l'un des supports principaux de l'acte locomoteur (Thinus Blanc & Gaunet, 1996 ; Wallach & O'Connell, 1953). C'est peut-être l'une des raisons qui explique que l'architecture urbaine soit conçue sur des bases fonctionnelles et esthétiques qui privilégient souvent le *visuel*, au détriment des autres sens (tactile, auditif, proprioceptif, etc.). L'objet de ce travail est de questionner l'incidence de l'environnement urbain sur le déplacement de personnes ne pouvant pas utiliser la vue. Nous savons que l'intégration des données auditives, d'une part, tactiles et proprioceptives, d'autre part, constitue un support fondamental pour le déplacement autonome de l'aveugle (Hatwell 2003 ; Martinez-Sarocchi, 1984). Nous faisons l'hypothèse que la distribution des « *affordances* » selon ces canaux sensoriels participe alors à la création d'ambiances sensibles et particulières pour le piéton aveugle, facilitant ou entravant le déplacement.

Notre recherche propose une approche écologique de l'interaction qui existe entre l'environnement urbain et les personnes aveugles qui le parcourent quotidiennement. Elle se situe à l'articulation de la psychologie environnementale et de la psychologie cognitive. L'objectif est de proposer une approche intégrative de l'incidence de l'environnement urbain sur différents aspects du déplacement que sont la *perception* et le *ressenti*, la *locomotion*, le *stress* et la *représentation spatiale*. Ce regard, que nous espérons assez ouvert, permettra de mettre en lumière les interactions qui peuvent exister entre ces différents aspects.

Ce document s'articule selon cinq grands chapitres. Nous présentons, dans le premier chapitre, le cadre théorique qui soutient cette thèse, avec en particulier les travaux de Gibson et la « théorie écologique » (Gibson, 1986). Cette approche s'intéresse à l'individu¹ qui perçoit et agit dans son environnement. Gibson a principalement exploré la question de la locomotion et des flux sensoriels (en particulier visuels) dans le rapport au *monde*. Pour les sciences physiques, qui décrivent notre *monde* tel qu'il existe, celui-ci est conçu de l'infiniment petit (les atomes) à l'infiniment grand (les galaxies et l'univers). Dans l'approche écologique, qui se place du point de vue de *l'animal*, atomes et galaxies n'existent pas, *l'animal* ne les percevant pas. La dimension écologique s'intéresse précisément à ce qui est perçu donc significatif à l'échelle de l'animal (ou de l'individu) pour mener à bien une *action*. Le concept « *d'affordance* », que nous développerons, illustre cette réciprocité qui existe entre l'animal et l'environnement et offre un cadre de pensée tout à fait intéressant pour envisager la locomotion du piéton aveugle.

¹ Dans ses travaux, Gibson parle d'*animal* en interaction avec son milieu, qu'il définit comme un être qui *perçoit* et *agit*.

La vitesse, la fréquence et la longueur du pas sont, en moyenne, inférieures chez les aveugles, comparativement aux voyants (Clark-Carter, Heyes & Howart, 1987 ; Portalier & Vital-Durand, 1989). Cela traduit probablement la complexité et la difficulté de cette tâche, qui conduirait un nombre important d'adultes aveugles à ne pas quitter, seuls, leur domicile (Clark-Carter et coll., 1986 ; Foulke, 1982 ; Sander, Bournot, Lelièvre & Tallec, 2005). Cela interroge évidemment la notion de *stress* en rapport avec la locomotion en milieu urbain. Nous définissons cette notion de *stress*, fortement polysémique, selon ses aspects à la fois *subjectif* (en terme de ressenti), mais aussi *objectif* (en termes d'activation du système nerveux autonome). L'évaluation du stress chez le piéton aveugle reste relativement peu explorée à notre connaissance. Toutefois, les progrès récents dans le domaine des capteurs biomédicaux permettent d'envisager maintenant des mesures dans des conditions naturelles de déplacement (Dittmar, Vernet-Maury, Rada, Collet, Priez & Delhomme, 1997). Cela répond à notre volonté d'utiliser une méthodologie plaçant cette recherche en conditions réelles, au cœur du lieu de déplacement quotidien de nombreuses personnes aveugles : la cité.

Si la cécité est à l'origine de singularités dans l'action locomotrice, elle l'est aussi dans la représentation mentale de l'environnement. Plusieurs travaux ont ainsi mis en évidence l'existence d'un déficit de la représentation spatiale chez les non-voyants, en particulier chez l'aveugle précoce (Rieser, Lockman & Pick, 1980 ; Veraart & Wanet, 1984). La représentation est un domaine particulièrement étudié en psychologie, que ce soit auprès de sujets ordinaires (Denis, 1994 ; Golledge, 1987, 1999 ; Piaget & Inhelder, 1948/1981) que de sujets aveugles (Gaunet & Thinus-Blanc, 1996 ; Golledge, 1991 ; Ledermann & Klatzky, 1985, 1987). Ces recherches démontrent que se déplacer, s'orienter et planifier des itinéraires s'avèrent être dépendants de la capacité du sujet à se représenter et à mémoriser l'espace (Siegel & White, 1975). Toutefois, nous n'avons relevé que très peu d'études portant sur l'incidence de l'environnement urbain sur cette capacité de représentation spatiale. Nous concluons ce premier chapitre en évoquant certains aspects de la structure de la cité, notamment à travers l'exemple des aides environnementales insérées dans le paysage urbain. Dans notre pays, les lois ont régulièrement évolué depuis une trentaine d'années, afin de favoriser l'accessibilité de l'espace urbain aux personnes en situation de handicap, grâce à la mise en place de dispositifs nécessaires. Ce travail de thèse fait d'ailleurs suite à une recherche précédemment menée en collaboration avec le Grand Lyon, sur l'incidence de plusieurs dispositifs de feux sonores expérimentaux sur le déplacement de personnes aveugles dans un carrefour complexe (Baltenneck, 2005).

Le second chapitre de ce document est consacré à la présentation de la problématique. Nous présentons, dans le chapitre suivant, la méthodologie déployée pour tester nos hypothèses, avec en particulier le protocole de recherche qui se déroule dans les rues de Lyon. Après la présentation des résultats, le cinquième et dernier chapitre de ce document nous permet de discuter les données obtenues et de les mettre en perspective avec les notions « d'ambiance urbaine » et « d'aménagements urbains ». Nous terminons ce travail par une ouverture sur la théorie de la « cognition située », qui nous paraît tout à fait pertinente pour envisager de futurs travaux dans ce domaine.

Chapitre I : Approche théorique

« You don't have to have sight to have vision. »²(Golledge, 2002)

1. Entre perception et action : l'affordance selon Gibson

Lise, participante à notre recherche. « Le bus s'arrête, la porte s'ouvre, je descends. Au son que mes pas et ma canne produisent, je sais si je me trouve devant, avant ou après l'abri bus. Quoi qu'il en soit, je passe derrière et me guide sur la bande de pelouse qui longe le trottoir. Parfois, un vélo me frôle, mais j'en ai toujours été quitte pour une bonne frayeuse. Lorsque l'herbe laisse place au bitume sur ma droite, c'est là qu'il faut tourner. Se succède alors une alternance d'enrobé lisse et d'enrobé plus rugueux. La troisième zone rugueuse se trouve devant le portillon que je dois emprunter pour entrer dans le Parc d'Activité. Entre-temps, mon trajet est souvent ponctué d'éclats de voix. Ce sont les discussions animées des prostituées africaines qui exercent massivement leur art dans le quartier de Gerland. Je cherche à tâtons le portillon d'entrée, soulève le couvercle qui protège le digicode, compose les quatre chiffres magiques et actionne la poignée. Une fois de l'autre côté, je longe la façade des bâtiments. Ce n'est pas le trajet le plus direct, mais c'est le plus sûr pour moi. Je me suis déjà trop souvent perdue sur la zone en voulant couper. Le trottoir est étroit et jalonné d'obstacles dont j'ignore la nature précise. Le dernier de la série me sert de repère. Je me trouve alors juste devant la porte des locaux de mon entreprise. Une bonne journée de travail et il faudra remettre ça ce soir ! »

Lorsque nous évoluons dans un environnement (urbain par exemple), notre posture et notre locomotion s'adaptent très souplement et naturellement au terrain sur lequel nous nous déplaçons, sans en avoir conscience. Nous n'essayons pas d'atteindre des objets inaccessibles, ou nous n'essayons pas de marcher sur des surfaces impropres au déplacement. En effet, excepté à certaines périodes du développement (notamment concernant l'acquisition de la coordination *vision-préhension* ou de la marche) ou dans le cas de certaines pathologies, les chutes et les buts non atteints sont finalement extrêmement rares par rapport au très grand nombre de gestes réalisés quotidiennement avec succès. « L'affordance », néologisme proposé par Gibson (1986), et que nous expliquons plus loin, traduit fidèlement cette faculté de l'homme et de l'animal en général, à guider ses comportements en percevant ce que l'environnement lui offre comme potentialités d'actions. C'est un concept qui découle de la théorie écologique et dont l'utilisation se développe beaucoup, notamment dans des disciplines connexes

² « Il n'est pas nécessaire de voir pour être visionnaire »

à la psychologie, telles que la philosophie, l'ergonomie, la psychologie sociale, les neurosciences, et la robotique (Fritz, Paletta, Kumar, Dorffner, Breithaupt & Rome, 2006).

1.1. La théorie écologique

L'écologie, du grec οἶκος : *oikos* (maison) ; et λόγος : *logos* (discours, sciences, connaissance), est l'étude scientifique des interactions qui déterminent la distribution et l'abondance des organismes vivants. C'est une science biologique qui étudie deux grands ensembles : celui des êtres vivants (biocénose) et le milieu physique (biotope), le tout formant l'écosystème. L'écologie étudie les flux d'énergie et de matières circulant dans cet écosystème. Le terme « écologie » fut proposé en 1866 par le biologiste allemand Haeckel. Nous le définissons aujourd'hui comme :

« ***La science des relations des organismes avec le monde environnant, c'est-à-dire, dans un sens large, la science des conditions d'existence.*** » *Encyclopædia Universalis* (2009)

Luyat et Regia-Corte (2009) définissent l'écologie comme le rapport *triangulaire* entre les individus d'une espèce, l'activité organisée de cette espèce et l'environnement dans lequel cette activité a lieu. Dans la théorie écologique de Gibson, l'environnement est pris au sens de niche écologique et n'est pas simplement synonyme du monde extérieur. Gibson (1986) entend par écologie, l'adaptation de l'animal à son milieu d'évolution. À l'inverse des approches traditionnelles de la perception (bénéviseur notamment), il propose d'étudier la perception en tant que moyen d'adaptation pour l'animal. La perception ne doit pas être un fait de laboratoire, elle s'inscrit avant tout dans l'interaction entre l'organisme et sa niche écologique et dans les apports mutuels entre la perception et l'action. Ces deux postulats fondamentaux forment les piliers de la théorie écologique de Gibson (op. cit.), à savoir :

- le lien mutuel (ou réciprocité) entre l'animal et l'environnement,
- l'indivisibilité entre la *perception* et l'*action*.

1.1.1. L'animal et son environnement

L'environnement (ou niche écologique) ne peut être décrit que par rapport à une espèce donnée, et ceci dans une échelle relative. C'est l'espèce qui est prise comme référence (au regard de son poids, de sa taille, de sa motivation, de ses capacités, etc.). Appliquée à notre recherche, cette réflexion porte sur un individu singulier, privé de la vue, évoluant dans un environnement spécifique, la cité.

Ce système *individu-environnement* constitue l'unité fondamentale d'analyse de l'approche écologique et résulte du postulat de lien mutuel ou de réciprocité entre l'individu et son environnement. Cette réciprocité entre un organisme et son environnement est le lieu d'émergence du processus perceptif (Gibson, 1986).

Chaque organisme possède un environnement dans lequel il évolue préférentiellement, une niche écologique dans laquelle il a réussi son processus d'adaptation, qu'il perçoit à travers le filtre de ses possibilités et motivations, à un instant donné. Ce constat s'applique à l'homme, même si le développement exponentiel des technologies lui offre des défis permanents tels :

- une adaptation à de nouveaux environnements (des conditions extrêmes comme l'espace, les hautes altitudes, les profondeurs des océans, etc.),

- une nouvelle façon d'interagir avec son environnement naturel (se déplacer dans les airs, la robotique, les progrès dans le domaine des prothèses, etc.).

Un aspect clé de notre adaptation à l'environnement réside dans notre capacité à percevoir les relations spatiales des éléments qui le constituent, à comprendre les modifications qui s'opèrent lorsque nous nous y déplaçons et à y projeter nos actions possibles. Dans cette perspective, chacun de nos sens peut être utile dans l'apprehension que nous avons de notre milieu, et dans notre capacité à nous y orienter et à nous y déplacer. Gibson (1958/2009) puis d'autres auteurs comme Warren (1984, 2006) se sont particulièrement intéressés au domaine de la locomotion, en se situant dans cette approche écologique.

1.1.2. La perception et l'action

La théorie de Gibson met l'accent sur l'apport direct de l'action dans le processus perceptif. Connue pour ses prises de positions tranchées, Gibson est en opposition avec une conception plus traditionnelle, qui considère que les organes récepteurs sont passivement stimulés par l'environnement (Cutting, 1982). Il a introduit la notion de systèmes perceptifs actifs (*perceptual systems*). Un exemple édifiant est celui du toucher dynamique (*dynamic touch*) mis en évidence par Turvey (1996, cité par Luyat & Regia-Corte, 2009). Turvey (op. cit.) montre que le fait de balancer activement un objet tenu dans la main, ceci sans le recours à la vision, informe non seulement sur la masse de l'objet, mais également sur des propriétés telles que la longueur ou la forme. Ce n'est alors pas l'exploration haptique par les doigts de la main qui permet de percevoir longueur et forme, mais les dynamiques complexes du mouvement. La perception de l'environnement ne serait donc pas uniquement fonction des stimuli sensoriels offerts par l'environnement, mais également fonction de l'individu et de son rapport à l'environnement. Nous retrouvons cette conception chez Lévy-Leboyer (1980) pour qui « la perception est un processus actif dans lequel l'individu tout entier est impliqué : en percevant l'environnement, il le construit » (Lévy-Leboyer, op. cit., p.59).

Selon Gibson (1986), la perception est un processus émergeant du système *animal-environnement*. Elle permet l'extraction, par l'exploration motrice, d'informations sur notre environnement. Ce n'est donc pas un processus interne d'interprétation, d'inférence à partir de stimuli extérieurs. Une telle conception de la perception s'oppose à l'approche cognitiviste, où la perception est avant tout considérée comme le produit d'une construction mentale. Cette dernière considère la perception uniquement comme un processus cognitif interne, de déduction et d'inférence, fait à partir de connaissances du monde acquises par l'expérience (Delorme, 2003). La théorie de Gibson est restée fortement critiquée par les tenants de cette approche cognitiviste :

« En effet, pour ces derniers (Fodor & Pylyshyn, 1981 ; Jeannerod, 2002 ; Ullman, 1980), Gibson accorde, entre autres, trop d'importance à l'environnement et oublie les intentions du sujet et les processus cognitifs qui en découlent. La richesse de l'entrée visuelle n'est pas suffisante pour réfuter l'existence des représentations internes. » (Luyat & Regia-Corte, 2009, p.305).

De notre point de vue, Gibson (op. cit.) ne réfute pas l'existence d'un mécanisme d'apprentissage par l'expérience, considérant la perception à la fois :

- comme étant *insécable* de l'action : nous devons nous mouvoir pour apprêhender et percevoir notre environnement,
- mais aussi comme modifiée par des connaissances antérieures (stockées en mémoire), grâce à l'expérience.

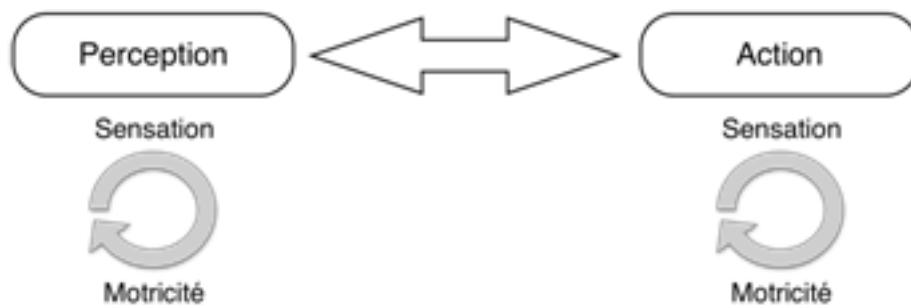


Figure 1 : Perception et actions sont inséparables et sont sous-tendues par des mécanismes de type boucles sensori-motrices

1.2. Les affordances

The affordances of environment are what it offers the animal, what it provides or furnishes, either for good or ill³(Gibson, 1986, p.127)

1.2.1. Définition

Le concept « d'affordance », défini par Gibson (1977), est un pilier de la théorie écologique. Le terme affordance provient de l'anglais *afford*, qui peut se traduire comme le fait d'offrir, de permettre, de fournir. C'est une illustration du lien existant entre les perceptions du sujet et les offrandes (*affordances*) du site. Ce néologisme traduit la faculté des animaux et des humains à guider leurs comportements en percevant ce que leur environnement leur offre en termes de possibilités (et potentialités) d'action. Ce concept rend notamment compte des liaisons étroites qui existent entre perception visuelle et locomotion. La fonction dite « d'analyse de flux » (Gibson, op. cit.), qui sollicite essentiellement les aspects focaux du système visuel, permettrait ainsi au sujet d'anticiper et d'évaluer les obstacles, mais aussi de repérer les directions, etc. Cette évaluation s'avère essentielle pour l'organisation de l'action, du déplacement en l'occurrence. Par ailleurs, selon Gibson (op. cit.), les affordances permettent au sujet de se représenter le plan des lieux dans lesquels il se déplace. Le sujet élabore ainsi une carte cognitive de l'environnement à partir des données perceptives et motrices accumulées au cours de ses expériences, rendant possibles des inférences spatiales, donc les raccourcis et les nouveaux chemins.

1.2.2. Illustration expérimentale des affordances

Warren (1984) a mis en évidence la perception d'une affordance lors de la locomotion, chez l'homme. Deux groupes de sujets étaient étudiés : un groupe de petite taille (moyenne = 163,7 cm) et un groupe de grande taille (moyenne = 189,8 cm). Différents gradins, dont la hauteur de contremarche variait à chaque présentation (de 50,8 cm à 101 cm) étaient projetés sur grand écran. La tâche demandée était de juger, sans action réelle, si l'escalier présenté pouvait être monté sans l'aide des mains. Comme attendu, la hauteur critique de la contremarche jugée comme pouvant être grimpée (*climability*) est plus petite pour les hommes de petite taille (67,13 cm) que pour les hommes de grande taille (81,32 cm). Néanmoins, lorsque l'on rapporte ce seuil à la longueur des jambes des observateurs, un seuil critique se dégage pour l'ensemble des sujets. Ce seuil se définit par un ratio (0.88) qui nous indique qu'un gradin est jugé comme pouvant être monté, sans

³ *Les affordances d'un environnement sont ce qu'il offre à l'animal, ce qu'il lui fournit, pour un bien ou pour un mal.*

s'aider des mains, si la hauteur de la contremarche n'excède pas 88 % de la longueur totale de la jambe de l'observateur.

En complément, Mark (1987, cité par Luyat et Regia-Corte, 2009) a apporté un élément crucial en faveur du caractère *direct* de la perception dans la théorie écologique. Selon ce dernier, la détection d'une affordance ne résulte pas d'une mise en relation interne entre une représentation de la longueur de la jambe (schéma corporel) et une hauteur estimée à une certaine distance. Mark (op. cit.) a, en effet, montré que la possibilité estimée de monter des escaliers dépend d'une certaine proportion par rapport à la « hauteur perçue » depuis les yeux. Cette « hauteur perçue » est notamment fournie dans le flux visuel par le point d'expansion ou de contraction (pour un marcheur en mouvement), ou par le point de fuite au niveau de l'horizon explicite ou implicite. Notons enfin que l'addition d'informations vestibulaires et proprioceptives offre une indication non visuelle sur la hauteur des yeux par rapport au sol.

1.3. La nature des affordances

Gibson (1986) définit l'affordance à la fois comme une donnée *invariante* de l'environnement, mais aussi comme une propriété *émergente* qui n'existerait qu'en rapport avec l'individu (ou l'animal). Selon lui, la personne saisit une affordance en fonction de ses besoins, mais cette dernière reste toujours présente dans l'environnement pour être perçue. L'environnement constituerait donc une collection d'opportunités pour l'action, les affordances étant ce que nous percevons, ou non, de cet environnement à un moment donné. Par exemple, nous ne percevons pas un stylo, mais plutôt « quelque chose pour écrire ». Dans ce cadre, l'individu peut avoir des actions par rapport à de « fausses affordances » (Luyat & Regia-Corte, 2009). Un mirage dans le désert nous fait accélérer le pas pour nous rafraîchir, des sables mouvants semblent pourtant offrir la possibilité de s'y déplacer, ou une baie vitrée sans reflet peut *afforder* à tort le passage. La déficience visuelle est à l'origine de nombreuses situations de ce type. Citons, par exemple, un participant de notre recherche (Georges, communication personnelle, 5 octobre, 2009) qui souffre de rétinite pigmentaire (vision tubulaire). Il décrit la confusion dans laquelle le plongeaient les passages piétons, il y a quelques années, alors que l'évolution de la maladie dont il souffre était à un stade différent :

« Lorsque j'étais très malvoyant, mais pas encore utilisateur de canne blanche, il m'est parfois arrivé de confondre l'alternance clair-sombre que produisent les marches et contremarches d'un escalier vu de face, avec les bandes claires d'un passage piéton sur le goudron. Lorsque l'on pense s'approcher d'une traversée pour piéton, il est toujours très surprenant et déstabilisant de se rendre compte qu'il s'agit en fait d'un escalier. »



Figure 2 : Come sa di sale

Source : © Daniela Nobili (2008)

L'expérience de l'environnement permet de pallier, en partie, ces « fausses affordances ». L'individu perçoit les affordances, mais dans une approche dynamique. Nous illustrons cela par les travaux de Zwart, Ledebt, Fong, De Vries et Savelsbergh (2005) qui se sont plus particulièrement intéressés aux affordances chez l'enfant, en situation de déplacements locomoteurs. Ils ont mis en évidence que la décision d'action chez l'enfant (traverser un fossé) était sous-tendue principalement par l'expérience de la marche. Cette recherche suggère que l'émergence de la perception des affordances provient de l'expérience, donc de l'exploration de l'environnement.

Nous retrouvons cette approche interactive de l'affordance chez Gibson (1986) qu'il ne conçoit ni comme une propriété de l'individu, ni de l'environnement, mais plutôt comme une relation entre les propriétés de l'individu et celles de son environnement. Cette conception de l'affordance est la plus proche du postulat écologique de réciprocité entre l'individu et son environnement, qui constituent tous deux un système indivisible. L'affordance est une propriété de ce système, mais n'est la propriété d'aucun de ces deux éléments pris

séparément. Dans cette approche systémique, nous pouvons donc dire que « le tout est plus que la somme des parties » (Von Bertalanffy, 1973). Cette conception montre un intérêt particulier dans la problématique de la déficience visuelle. Par exemple, une bordure de trottoir qui symbolise matériellement la différence entre la voie de circulation pour les automobiles et la voie de circulation pour les piétons prend une dimension particulière pour un individu qui se déplace sans voir. En effet, la saillance de cette bordure de trottoir, en plus de lui permettre d'identifier qu'il se trouve bien sur l'espace qui lui est réservé (le trottoir), lui offrira (*affordera*) une capacité originale et robuste de guidage, en lui permettant de cheminer de façon rectiligne. Nous pouvons faire l'hypothèse qu'il en va de même pour le flux auditif provoqué par la circulation des automobiles, auquel le piéton voyant ne prête pas d'attention particulière, mais qui servira *d'appui sonore* au piéton aveugle.

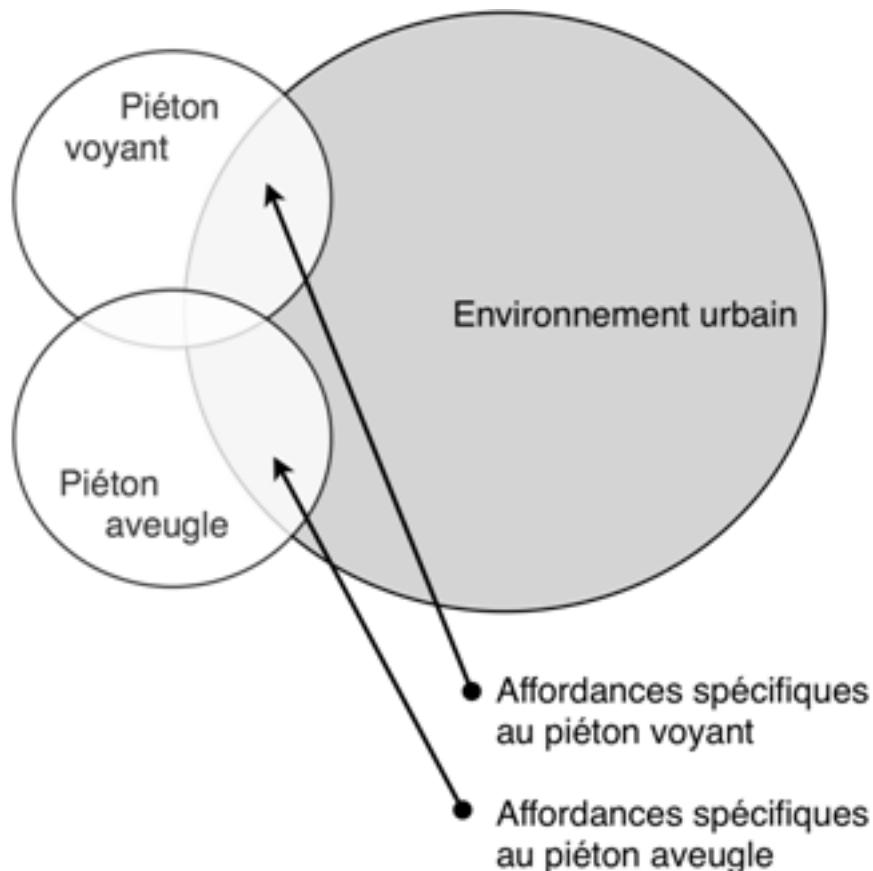


Figure 3 : Illustration des affordances entre le piéton (voyant ou aveugle) et l'environnement urbain

Sur ce schéma, certaines affordances sont communes aux sujets aveugles et voyants.

1.4. Conclusion

Nous situons notre recherche dans le cadre de la théorie écologique de Gibson. Cette approche repose sur un principe de mutualité entre l'individu et son environnement et sur l'indivisibilité entre la perception et l'action. Par conséquent, l'unité d'analyse dans ce cadre spécifique est le système *individu-environnement*. L'*affordance* est centrale dans cette théorie et illustre les liens entre les orientations perceptives du sujet et les prises

ou offrandes du site. La perception est une lecture particulière d'un environnement par un individu (avec ses capacités, ses buts et intentions) à travers les affordances à sa disposition. C'est cette lecture *filtrée* de l'environnement qui lui permet de mener *in situ*, une action dont il a l'intention.

Par conséquent, la théorie écologique fournit à notre recherche un cadre tout à fait intéressant pour envisager la locomotion du piéton aveugle. Elle permet de considérer l'influence mutuelle entre l'individu (en situation de handicap visuel) et son environnement (la cité). Nous faisons ici l'hypothèse que le piéton aveugle extrait des informations originales et spécifiques (ses perceptions) d'un environnement identique (et pourtant bien différent) de celui d'un piéton voyant, dans le but de mener à bien son déplacement. Nous proposons d'aborder justement plus en détail des éléments de définition de la cécité.

2. La cécité

2.1. Définition de la cécité

Le mot cécité vient du latin *caecitas*, ou *caecus* qui signifie « aveugle ». Ce dernier terme est lui-même dérivé du latin *ab oculis* qui signifie « sans les yeux » (Dictionnaire de la Langue Française Le Littré). La cécité correspond donc à l'absence de toute vision puisque c'est l'état de celui qui est privé des yeux.

Nous utilisons dans le langage courant plusieurs termes pour désigner une personne atteinte de cécité : aveugle, amblyope, personne déficiente visuelle, non-voyant, miro (pour l'argot), etc. Cette relative profusion des termes employés nous renvoie à l'hétérogénéité des profils de cette population pour laquelle varient :

« [...] l'origine de la cécité, l'âge de l'apparition du trouble, les résidus visuels encore disponibles, à quoi il faut ajouter évidemment les variations dues au contexte familial d'éducation et à la prise en charge scolaire ». (Hatwell, 2003, p. 10)

Rappelons que la cécité entraîne un handicap au sens où l'entend l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), gênant la vie quotidienne, sociale, l'insertion professionnelle et par conséquent, la *qualité de vie*.

La définition légale de la cécité fixe les seuils de vision en dessous desquels des aides sociales spécifiques sont attribuées. Ces seuils varient d'un pays à l'autre et sont basés essentiellement sur l'acuité visuelle du meilleur œil après correction ainsi que sur la restriction du champ visuel. Pour exemple, aux États-Unis, les personnes sont considérées comme légalement aveugles si elles ont une acuité égale ou inférieure à 1/10^{ème}; ce seuil est de 1/20^{ème} en France.

2.2. Différentes catégories de déficits visuels

Dans la Classification Internationale des Maladies (CIM-10), l'OMS classe les déficiences visuelles selon l'acuité et le champ visuels. Elle a ainsi défini cinq catégories de déficiences

visuelles numérotées de I à V. Les catégories I et II correspondent à la malvoyance. Nous reprenons l'ensemble de ces catégories dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 : Catégories des déficits visuels

Catégorie OMS		Acuité visuelle corrigée		Type de déficience visuelle
		Minimum	Maximum	
Catégorie I	Perte partielle de la vision ou un champ visuel de moins de 20° d'ouverture	1/10	3/10	Malvoyance
Catégorie II	Cécité socialement invalidante (aveugle légal)	1/20	1/10	
Catégorie III	Capacité de compter les doigts à un mètre, ou champ visuel réduit à 10°, mais égal ou supérieur à 5° d'ouverture	1/50	1/20	Cécité
Catégorie IV	Quasi cécité, et/ou champ visuel inférieur à 5° d'ouverture	Perception lumineuse	1/50	
Catégorie V	Cécité absolue (amaurose)	Pas de perception lumineuse		

Source : D'après Data on visual impairment, OMS. Site de l'Organisation mondiale de la santé. [En ligne] : www.who.int/fr/

Selon la classification de l'OMS, que l'on retrouve dans la CIM-10 (plus spécifiquement dans les articles relatifs aux troubles de la vision et cécité : H53-H54), les personnes atteintes de cécité présentent une acuité visuelle ne dépassant pas 1/10^{ème} et/ou un champ visuel rétréci à moins de 20° d'ouverture. Rappelons que contrairement à la croyance populaire, plus des deux tiers de cette population a des résidus visuels. La population atteinte de cécité regroupe donc :

- Des sujets aveugles au sens strict (sujets n'ayant aucune perception visuelle) : ils représentent à peine 10 % de la population des déficients visuels.
- Des sujets ne pouvant être considérés ni comme aveugles (ayant une acuité chiffrable et un certain potentiel visuel) ni comme malvoyants, leur acuité étant comprise entre 1/50 et 1/20.

Précisons enfin que d'autres aspects de la vision peuvent être perturbés, sans être toujours pris en compte dans les définitions légales. Il s'agit notamment de la sensibilité au contraste, de la perception des couleurs, de l'éblouissement, etc.

Selon Hatwell (1999), deux facteurs paraissent tout particulièrement importants dans l'étude différentielle des incidences cognitives de la déficience visuelle : la distinction entre les aveugles complets et partiels et l'âge d'apparition de l'affection visuelle.

2.2.1. Cécité complète et cécité partielle

Les premiers sont privés de toute perception visuelle. Les seconds, dont font partie les personnes atteintes de basse vision, conservent la capacité de percevoir la lumière ou les formes de façon grossière. Chez ces derniers, la vision périphérique n'est pas

toujours altérée. La grande majorité des études concernant les effets de la cécité sur le développement cognitif porte sur la population des aveugles complets (Hatwell, 1999).

2.2.2. L'âge d'apparition de l'atteinte visuelle

Lorsque l'atteinte visuelle est congénitale ou apparaît dans les premières semaines de la vie, elle est qualifiée de cécité précoce (Hatwell, 2003). La définition de la cécité tardive est plus variable. *Stricto sensu*, elle recouvre toutes les cécités survenues après la naissance. En réalité, elle concerne plus particulièrement les sujets ayant perdu la vision après l'âge de trois ou quatre ans, c'est-à-dire après la petite enfance. Avant cette période, il n'y a pas de souvenirs visuels qui soient suffisamment ancrés : autrement dit, l'utilisation des souvenirs visuels est impossible (Hatwell, 2003). Après trois ans, l'enfant construit un « patrimoine visuel » regroupant des souvenirs visuels qu'il garde en mémoire et qu'il pourra utiliser. Une personne ayant perdu la vue à cinq ans se souviendra, par exemple, de l'apparence visuelle d'un chat. En revanche, une personne déficiente visuelle précoce décrira un chat en parlant d'une boule de poils sous la main, se référant à des sensations tactiles.

2.3. Étiologie de la cécité

Dans ce paragraphe, nous nous intéressons, dans un premier temps, aux formes de cécité précoce, apparaissant dans les périodes prénatale, périnatale et de la petite enfance puis aux formes touchant l'adulte. Nous reprenons ici, en partie, les données médicales, épidémiologiques proposées par Hatwell (2003).

2.3.1. Cécité précoce d'origine génétique

Les maladies génétiques représentent aujourd'hui 65 à 75 % des cas de déficience visuelle chez l'enfant. Certaines de ces affections ne sont pas évolutives et sont relativement moins sévères comme l'*albinisme* (absence de pigmentation). Il existe des affections plus graves, évoluant le plus souvent vers la cécité, et dont la plus répandue est la *rétinite pigmentaire*. Si elle apparaît à tout âge, elle représente néanmoins près d'un tiers des cas de cécité chez l'enfant. Le *rétinoblastome*, autre affection génétique, est un cancer de la rétine dont le traitement radical est l'énucléation. Cette affection survient le plus souvent entre les âges de un et quatre ans, et tend à se bilatéraliser si elle n'est pas traitée précocement.

2.3.2. Cécité précoce d'origine congénitale

Les malformations congénitales constituent une autre cause de la cécité de l'enfant. Citons, en raison de sa gravité, le *glaucome congénital*, qui résulte d'une élévation de la tension intraoculaire par obstacle à l'évacuation de l'humeur aqueuse. Par ailleurs, la *cataracte congénitale* (opacification du cristallin) est devenue plus rare, grâce aux traitements préventifs de la rubéole et de la toxoplasmose pendant la grossesse. Lorsqu'elle survient malgré tout, elle est maintenant opérée très tôt chez le nourrisson, diminuant ainsi le risque de malvoyance par non-usage.

2.3.3. Cécité précoce d'origine périnatale

Une cause périnatale de cécité encore importante est la *rétinopathie* des prématurés, appelée anciennement *fibroplasie rétrolentale*. Il s'agit d'une fibrose vitrénne entraînant un décollement de la rétine et survenant dans les premières semaines de vie chez les grands prématurés placés en couveuse, sous hyperoxygénéation. Cette affection s'est étendue dans

les pays industrialisés à partir des années 1940 quand l'usage des incubateurs électriques s'est généralisé, permettant la survie de bébés de très faible poids à la naissance. L'origine de ce trouble a été identifiée à la fin des années 1950. Elle est liée à un excès d'oxygène délivré au bébé pour l'aider à surmonter ses difficultés respiratoires. Un meilleur équilibre des proportions d'oxygène et d'azote, a depuis, fait baisser significativement la fréquence de ce trouble. Celui-ci n'a cependant pas totalement disparu et constitue encore une cause assez fréquente de cécité précoce.

Enfin, les affections plus globales comme les *tumeurs cérébrales* ou les *encéphalopathies* peuvent également être à l'origine de cécité dans la période périnatale.

2.3.4. Cécité tardive liée à des maladies ou au vieillissement

Comme pour l'enfant, la cécité de l'adulte peut être une séquelle de ces affections plus globales que sont les encéphalopathies et les tumeurs cérébrales. Elle s'accompagne alors souvent d'autres handicaps neurologiques ou sensoriels, constituant un tableau pathologique grave. Une autre maladie, le diabète, est l'une des principales causes de déficience visuelle de l'adulte. La *rétinopathie diabétique* est, en effet, l'une des causes les plus invalidantes de cette affection et représente 4,8 % des causes de cécités dans le monde (Resnikoff et coll., 2007). Elle représente 17 % des causes de cécité en Europe (Danemark, Finlande, Islande, Irlande, Italie, Pays-Bas, Angleterre). Le *glaucome* est à l'origine de 12,3 % des cécités dans le monde (18 % en Europe). Sans traitement adéquat, cette maladie entraîne une altération grave du champ visuel. Enfin, certaines myopies graves évolutives peuvent aboutir, elles aussi, à la cécité complète par décollement de la rétine, consécutif à une déchirure périphérique, ou par maculopathie atrophique (atteinte centrale), particulièrement à l'âge adulte.

D'autres formes de cécité apparaissent au cours de la période de sénescence. Nous pensons ici à la *dégénérescence maculaire liée à l'âge* (DMLA). Il s'agit d'une atteinte sévère de la partie centrale de la rétine qui épargne la vision périphérique, n'aboutissant donc pas à une cécité complète. La personne peut garder une certaine autonomie dans ses déplacements grâce aux flux d'informations visuelles conservées et peut bénéficier d'une rééducation orthoptique, dont l'efficacité est souvent proportionnelle à la précocité de sa mise en œuvre. Cette maladie représente l'une des causes les plus importantes de cécité (8,7 %), après le *glaucome* et la *cataracte*. En Europe, la DMLA est à l'origine de 50 % des causes de cécité.

La disproportion qui existe entre les pourcentages en Europe et dans le monde concernant les causes de cécité est due, en partie, au traitement chirurgical de la cataracte dans les pays développés. En effet, la cataracte n'est responsable que de 5 % des causes de cécité en Europe, alors qu'elle cause 50 à 58 % de cécité en Afrique et en Amérique latine (cf. fig. 4).

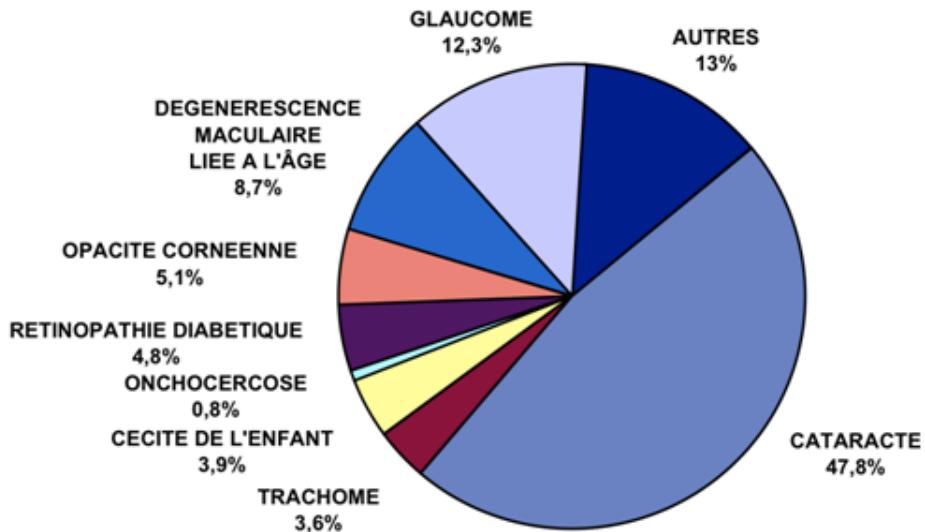


Figure 4 : Importance des causes de cécité sur le nombre total de cas dans le monde en 2002 (45 millions)

Source : Resnikoff et coll. (2007)

2.3.5. Cécité précoce et tardive d'origine accidentelle

Différentes causes telles que les accidents de la route, du travail, ou domestiques peuvent être à l'origine de cécité partielle ou totale. Enfin, différentes formes de maltraitance ont des conséquences graves sur le système visuel fragile du nourrisson. Les enfants souffrant du « Syndrome du bébé secoué » gardent pour 60 % d'entre eux des séquelles très graves (hémorragies intravitréennes), dont la cécité (Becker & Weerts, 2009).

2.4. La cécité, un handicap ?

La cécité consécutive soit à des atteintes de l'œil lui-même, soit de la chaîne de transmission de l'information visuelle, ou encore du cerveau, est considérée, par l'OMS, comme une source de handicap. Mais quelle est la signification de ce mot dans notre société ?

Le terme handicap, *hand in cap* (la main dans le chapeau) est apparu en Angleterre pour désigner au 17^e siècle une modalité d'échanges entre des objets de valeurs différentes, permettant à la transaction de se faire à *parts égales*. Le terme est ensuite intégré dans plusieurs disciplines sportives, comme le golf, ou les courses de chevaux... Dans les courses à handicap, les chevaux portent un poids attribué par le *handicapeur* qui tente, par ce moyen, *d'égaliser les chances* entre les concurrents (Dictionnaire de la Langue Française Le Littré). Ces termes, *à parts égales* et *égaliser les chances*, trouvent aujourd'hui un écho saisissant avec la loi n° 2005-102 du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées »⁴. Le mot *handicap* fut intégré officiellement dans le Dictionnaire de l'Académie Française, dès 1913. Dans les années 1950, à la suite de la Seconde Guerre Mondiale, le terme handicap fut utilisé par les travailleurs sociaux et les associations s'occupant des personnes avec des infirmités

⁴ Source : <http://www.legifrance.gouv.fr>

ou incapacités, afin de lever le caractère stigmatisant associé à ces notions d'infirmité et d'incapacité. En France, le terme est définitivement adopté en 1975, avec la loi « en faveur des personnes handicapées ».

Aux États-Unis, il disparaît en 1980 en faveur d'un mot d'origine française (*habile*) jugé moins stigmatisant : *disability* (Perry, Macken, Scott & McKinley, 1997). Selon le Dictionnaire historique de la langue française (2006), *habile* représente un emprunt au latin classique *habilis*, « qui tient bien », ou « bien adapté », « preste », et prend en latin impérial le sens juridique de « personne légitimée à quelque chose ». « *Habile* » a remplacé la forme normalement issue du latin « *able* », « *aule* » (cf. anglais *able*).

C'est aussi en 1980 que l'OMS propose un projet expérimental de Classification Internationale des Handicaps (CIH) élaboré par un groupe de travail, initialement animé par Grossiord et Wood (1980/1996). Cette proposition peut se résumer selon les trois niveaux suivants :

- Niveau **lésionnel** : la déficience, l'atteinte du corps, etc.
- Niveau **fonctionnel** : les difficultés rencontrées dans la vie quotidienne, etc.
- Niveau **situationnel** : le désavantage social.

Ces trois niveaux sont liés par une relation de cause à effet et placent la lésion à l'origine et au cœur du concept de handicap. Bien que très critiquée lors de sa publication, cette classification a introduit la notion de « désavantage social », devenue centrale par la suite (Chapireau & Colvez, 1998) dans la version révisée de la CIH. À la suite de la publication de cette classification, deux grands courants ont émergé (Hamonet & Magalhaes, 2003) :

1. Un courant « médical » qui définit, conformément aux propositions de Wood, le handicap comme la conséquence d'un état pathologique (maladie ou accident). On peut le rapprocher du courant « lésionniste » qui utilise comme mesure le pourcentage des atteintes corporelles.
2. Un courant « social » qui considère que le handicap est la résultante de la confrontation d'un être humain et de ses capacités (potentialités), avec son environnement et ses exigences. Chaque personne se développe ainsi dans un contexte culturel et écologique particulier. Ce courant a permis l'émergence du concept de « handicap de situation », que nous retrouvons dans les travaux de Minaire (1992).

Nous sommes particulièrement sensibles à cette idée de *handicap de situation* dans le cadre de notre recherche, puisque le handicap lié à la cécité prend toute son importance lorsqu'il s'agit de se mouvoir, comme nous allons le voir à présent.

2.5. Conclusion

Sous le terme « déficience visuelle » se regroupe en réalité une grande variété de formes d'atteintes visuelles. Il est parfois d'usage de dire « qu'il y a autant de malvoyances que de malvoyants » (V. Michel⁵, communication personnelle, 2 mars 2010). Le handicap, d'abord conséquence de la déficience visuelle, est devenu également social, au fur et à mesure de l'évolution de la définition de ce mot dans notre société.

Mais le terme « déficience visuelle » comprend également la cécité, dont les formes sont considérées comme moins plurielles que la malvoyance. La principale distinction

⁵ Vincent Michel est le président de la Fédération des Aveugles de France (FAF)

qui s'opère dans ce domaine réside dans l'âge d'apparition de la cécité. Elle peut être considérée comme précoce lorsqu'elle apparaît dans la petite enfance, ou comme tardive lorsqu'elle apparaît au-delà de cette période. Un dépistage précoce dans ce domaine est par conséquent extrêmement important. A Lyon, une consultation de la vision du nourrisson de trois mois à un an a été organisée dans le but de mieux connaître la fréquence de ces pathologies. Elle permet surtout le démarrage d'une prise en charge avant même l'apprentissage de la marche, évitant ainsi un effet en cascade du handicap initial (Vital-Durand, 1986).

Dans le chapitre suivant, nous nous intéressons aux capacités perceptives et sensorielles que la personne aveugle met en œuvre pour percevoir et construire son environnement.

3. Perception de l'espace et cécité

« Je marche à grands pas dans ma ville, ma canne se balance devant moi, elle effleure à peine le sol, agitée d'une vie presque indépendante, pourtant fidèle. J'aime cette heure matinale où les rues sont encore vides de passants. Je me sens libre de leurs regards absents, de leurs mains avides de me saisir dès que je dévie un peu. Je marche bien au milieu du trottoir, j'écoute le mur à ma droite, je l'écoute parce que j'ai le temps. D'habitude je le sens à peine, rassurant, discret. J'écoute sa sonorité claire, régulière qui s'étouffe un peu les jours de pluie. J'ai bien envie d'aller le toucher pour savoir ce que c'est. J'aurai l'air idiot si quelqu'un me voit, il va vouloir m'aider. C'est peut-être de la pierre. Une voiture passe à ma gauche, machinalement je corrige ma trajectoire, j'ai un peu dévié à droite, le mur est plus proche. La voiture ralentit au bout de la rue, je suis bien aligné. J'arrive à ce foutu renfoncement. » Hugues (1989, p. 18)

3.1. La question de Molyneux

La question des mécanismes mentaux sous-tendant l'appréhension spatiale a été posée initialement par Molyneux (1688/1978), dans sa réponse à un extrait de « l'Essai sur l'entendement humain » de son ami Locke.

« Supposez un homme aveugle de naissance et maintenant adulte, accoutumé à distinguer par le toucher un cube d'une sphère faits d'un même métal et à peu près de la même grosseur, au point de pouvoir dire, au contact de l'un ou de l'autre, lequel est le cube et lequel la sphère. Supposez maintenant que le cube et la sphère étant placés sur une table, la vue soit rendue à notre homme : on demande s'il pourrait par la vue seule, sans l'aide du toucher, distinguer entre les deux et dire lequel est le cube, lequel est la sphère. »

Locke (1693/1979) répond par la négative à cette question. En tant qu'empiriste, il considérait l'esprit comme un « tableau blanc » (*tabula rasa*), tous les concepts que nous construisons provenant des expériences sensorielles que nous vivons. Ainsi, si un aveugle de naissance a une connaissance tactile de certains objets, il ne pourra pas, pour autant, les reconnaître visuellement. Les philosophes rationalistes considèrent, en revanche, que les

concepts abstraits concernant le monde qui nous entoure sont détachés de toute expérience sensorielle : nous pouvons reconnaître un objet sphérique, quelle que soit la modalité sensorielle de départ, en le faisant correspondre au concept préexistant de *sphère*.

Au-delà de cette dichotomie, il est intéressant de se pencher sur le lien qui existe entre perception et connaissance. Ainsi, si une modalité perceptive est manquante (la vision par exemple), quelle en sera la conséquence sur la connaissance du monde ? Cette question permet de nous intéresser aux différents types d'informations véhiculées par nos sens et à la façon dont ces informations sont traitées pour aboutir à une représentation. Cette dernière va à son tour guider et influencer notre comportement spatial.

3.2. Les modalités perceptives sollicitées

3.2.1. La vision : le sens spatial par excellence ?

Phylogénétiquement, la vision a motivé le redressement de la tête pour voir au loin, permettant la vue des segments du corps, complétant la connaissance corporelle apportée par la proprioception. Elle a tenu un rôle essentiel dans l'organisation posturale ainsi que dans le contrôle de l'équilibre bipède. La vision, en apportant des informations sur l'espace lointain et les obstacles qu'il comporte, joue un rôle décisif lors de la locomotion. De tous les espaces perceptifs, l'espace visuel est celui qui permet d'établir simultanément des relations spatiales entre un grand nombre d'éléments. Les autres systèmes ne permettent d'appréhender qu'un espace restreint et ceci grâce à un système de relations établies de proche en proche, malgré certaines capacités pour l'audition, comme nous le verrons au paragraphe 3.5. La vision favorise la construction de *trajectoires*, son champ perceptif large permettant d'appréhender simultanément une très grande portion de l'espace proche et lointain (Hatwell, 2003). Par ailleurs, elle fournit en permanence des repères spatiaux extérieurs sur les orientations verticales et horizontales de l'environnement (Hatwell, op. cit.). Il suffit de regarder autour de nous pour faire le constat que notre environnement urbain est précisément construit autour de ces orientations verticale et horizontale.

« En vision, il est établi que nous percevons avec une plus grande précision les stimuli dont l'orientation est verticale ou horizontale que ceux dont l'orientation est oblique. C'est ce phénomène qui est nommé par Appelle (1972) "effet de l'oblique." » (Gentaz, 2000, p. 112)

L'*effet de l'oblique* dans le système visuel est systématique, que ce soit chez les adultes ou les enfants, et quelle que soit la nature de la tâche demandée (identification, discrimination, détection). L'évolution des explications sur cet effet de l'oblique se caractérise par des hypothèses de moins en moins rétinienennes. Ainsi, les causes de l'effet de l'oblique visuel ne se situent pas au niveau du système oculomoteur lui-même, mais à un niveau cortical ou sous-cortical (Gentaz, op. cit.).

Par conséquent, en l'absence de vision, l'élaboration de trajectoires est particulièrement difficile, comme l'ont montré Souman, Frissen, Sreenivasa et Ernst (2008). Ils ont observé que des personnes marchant dans le désert pendant plus de 50 minutes conservent une trajectoire rectiligne dans la journée ou lors d'une nuit de pleine lune. Le soleil et les astres font alors office de points de repère efficents dans cette situation. En revanche, il a été impossible pour les marcheurs de conserver une trajectoire rectiligne par *nuit noire*. Ces derniers ont dévié très vite pour finalement tourner en rond selon des cercles plus ou moins concentriques. Il en va exactement de même en forêt, par temps couvert : des points de repère proximaux tels que les arbres n'ont alors que peu d'utilité dans l'élaboration de

trajectoires. Ainsi, comme l'illustre la carte ci-dessous (fig. 5), les marcheurs RF, PS et KS se sont déplacés dans des conditions nuageuses, alors que le marcheur SM, lui, s'est déplacé de façon rectiligne sous le soleil.

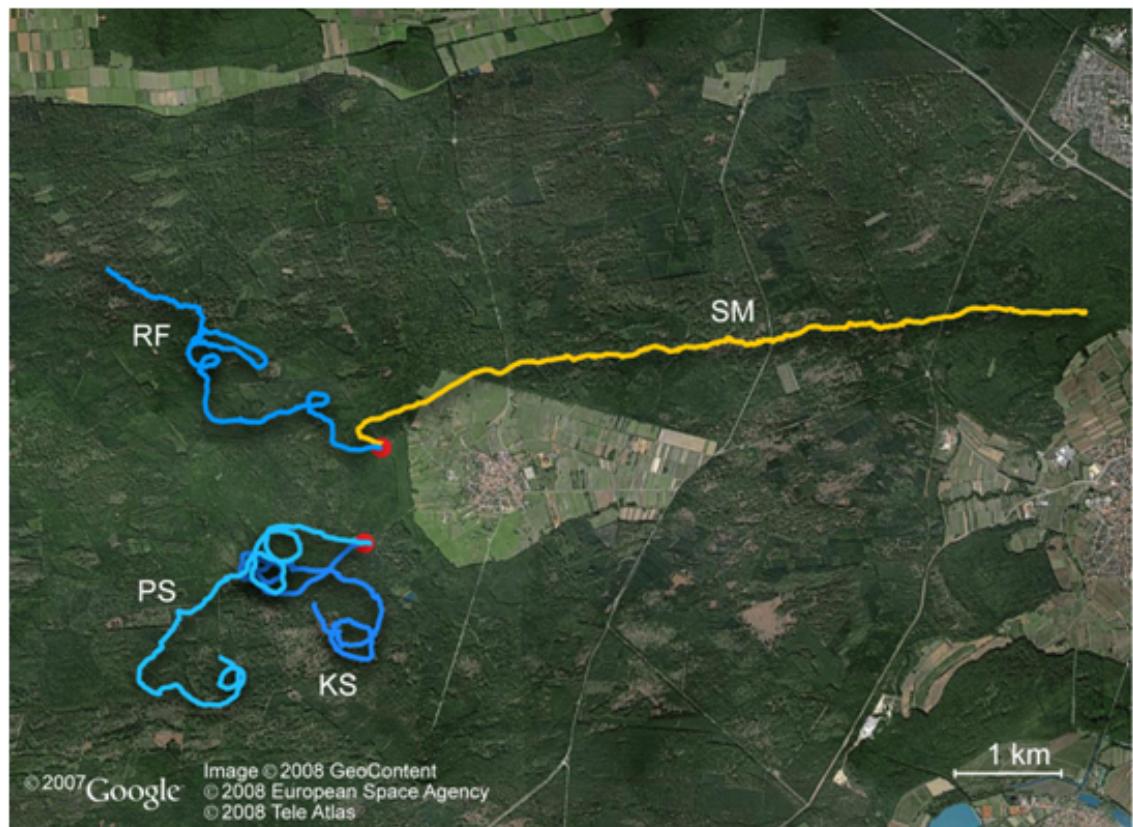


Figure 5 : Traces GPS de marcheurs dans une dense forêt allemande

Source : Souman et coll. (2008)

Sans repère visuel, le marcheur ne peut se fier qu'à la proprioception (cf. paragraphe 3.2.3), aux mouvements de son corps et à son sens de l'équilibre pour conserver une trajectoire rectiligne. Pour Souman et coll. (op. cit.), ces stratégies, bien que possibles, sont loin d'être adaptées à cette fonction et des « erreurs de jugement » se produisent en permanence. Les petites erreurs conduisent à des déviations, alors que les erreurs plus importantes entraînent une déambulation circulaire : le marcheur tourne en rond !

Enfin, la vision renseigne le sujet sur la totalité des propriétés cinématiques de son déplacement, à savoir la vitesse et la direction. On reconnaît, par ailleurs, le rôle prépondérant des ajustements visuo-moteurs dans la construction d'un espace topologique, euclidien puis projectif (Hatwell, 2003). Outre sa rapidité de traitement, la variété et la finesse des discriminations dont elle est capable font de la vision la modalité perceptive la plus performante pour appréhender l'espace, conduisant Thinus-Blanc et Gaunet (1997) à la considérer comme « le sens spatial par excellence ».

3.2.2. Les informations vestibulaires

L'appareil vestibulaire situé dans l'oreille interne nous informe sur la position de la tête dans l'espace et sur les accélérations angulaires (les canaux semi-circulaires, fig. 6) et linéaires auxquelles nous sommes soumis. Le labyrinthe (fig. 6) confère à cet appareil le rôle essentiel

de participer à l'équilibration en contrôlant et en coordonnant les mouvements réflexes de la tête, du cou, du tronc et des yeux. Le système vestibulaire est directement impliqué dans la perception du mouvement propre (Graf & Klam, 2006).

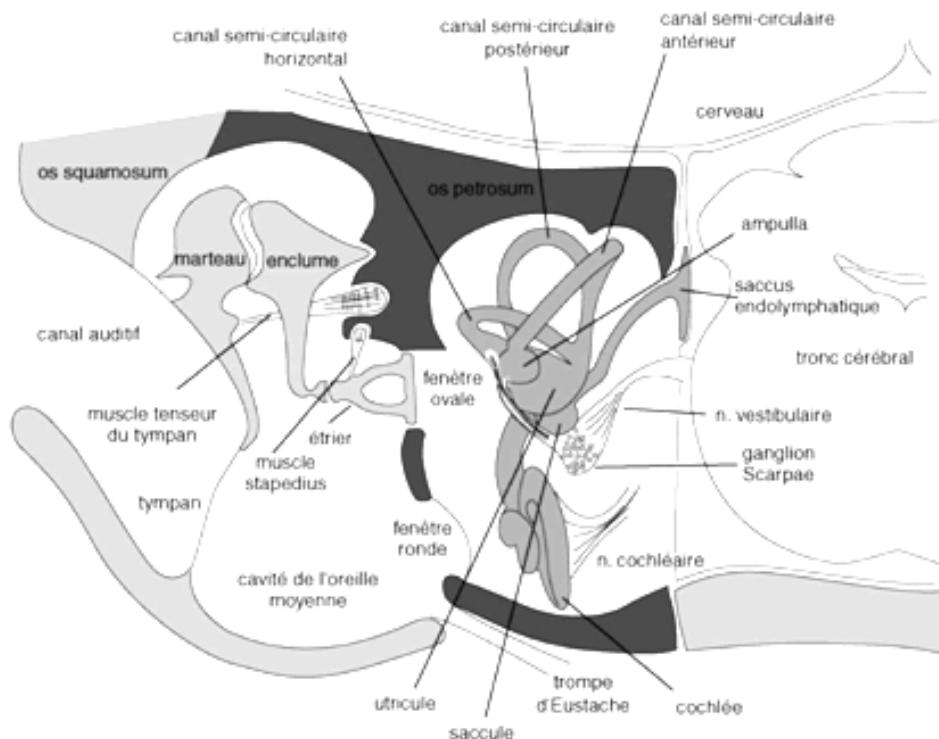


Figure 6 : Position du labyrinthe dans le crâne, avec les composantes de l'organe de l'équilibre (canaux semi-circulaires et otolithes) et de l'organe de l'audition (cochlée)

Source : Graf et Klam (2006)

Certaines études mettent l'accent sur le rôle des informations vestibulaires et suggèrent que le cerveau est capable d'estimer le mouvement propre sur la base d'informations inertielles, en l'absence de vision, tant lors de mouvements purement linéaires (Berthoz, Israël, Georges-François, Grasso & Tsuzuku, 1995) que lors de rotations pures (Israël, Fetter & Koenig, 1993).

3.2.3. Les informations proprioceptives

La proprioception peut être définie comme la sensibilité somesthésique de l'organisme à son *propre mouvement* et à sa configuration spatiale. Elle met en jeu principalement deux types de récepteurs : les récepteurs musculaires et les récepteurs articulaires.

Les récepteurs musculaires sont de deux types : les fuseaux neuromusculaires, sensibles à la variation de longueur ainsi qu'à la vitesse de l'étirement des muscles, et les récepteurs de Golgi qui mesurent l'effort qu'exerce le muscle sur son articulation. La combinaison des informations fournies par ces deux types de récepteurs musculaires permettrait la reconstruction de la sensation d'effort. Cette dernière constitue une source d'information potentielle pour estimer les déplacements. En effet, partant du principe qu'un effort important est en général associé à un déplacement de grande amplitude, la mémoire de l'effort peut, d'une certaine manière, aider à la mémorisation de l'amplitude. Par exemple,

reproduire une rotation peut éventuellement consister à reproduire une impulsion traduisible en termes d'effort. Plus l'impulsion est importante, plus la rotation est de grande amplitude. En généralisant, nous pouvons supposer que le stockage en mémoire d'une séquence d'efforts aiderait à la construction de la représentation d'un déplacement et d'une trajectoire. Les récepteurs articulaires, en mesurant les mouvements des membres les uns par rapport aux autres, peuvent aussi aider dans la mémorisation des déplacements. Ces données se trouvent validées par les récents travaux de Proffitt (2003 ; 2006) qui suggère que nous voyons le monde selon les actions potentielles qu'il afforde, mais aussi en termes *d'effort* associé à ces actions.

3.3. Relations systémiques et transfert intermodal

Portalier (1996) a exposé, dans une approche en *défectologie*⁶, une conception originale des situations de handicap sensoriel, en référence au modèle théorique de l'Analyse des Systèmes de Von Bertalanffy (1973). Dans cette conception, le système sensoriel est composé de sous-systèmes qui interagissent entre eux (interactions intrasystémiques) et qui permettent à l'individu d'interagir avec son environnement. En cas de déficience sensorielle, deux configurations de ce système peuvent se présenter.

Une première correspond à la situation où le sujet aveugle a déjà utilisé l'activité sensorielle déficiente (dans le cas de la cécité tardive, par exemple). Dans ce contexte, les interactions intrasystémiques ne sont pas supprimées, mais modifiées de manière à revenir à un état d'équilibre homéostatique. La plasticité cérébrale joue un rôle important dans la mise en place de nouvelles procédures de traitement de l'information. La figure 7 ci-dessous illustre cette première situation.

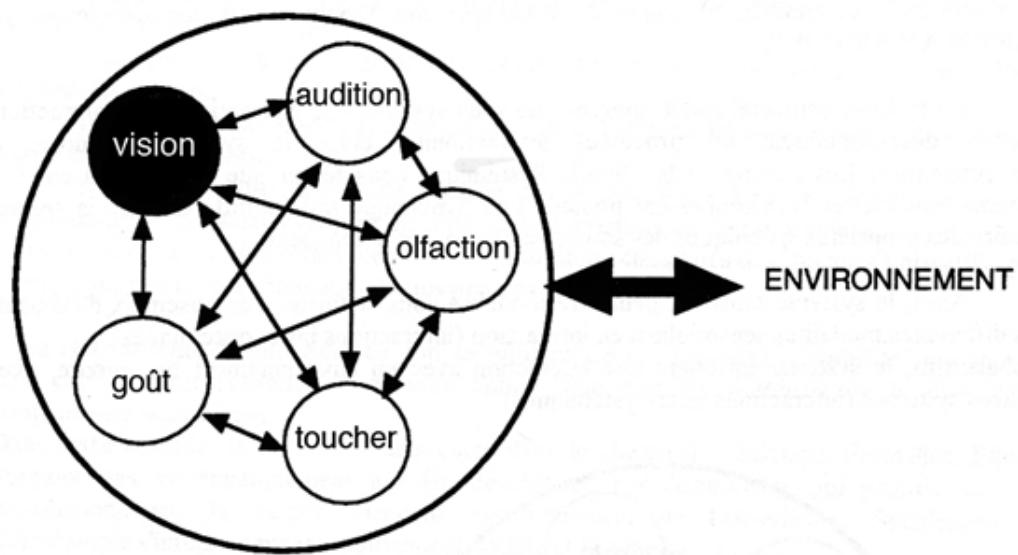


Figure 7 : Système sensoriel en cas de cécité tardive

Source : Portalier (1996)

⁶ La « défectologie » est souvent associée à Lev Vogotsky, psychologue russe ayant travaillé dans le domaine de la psychologie développementale. Il a notamment créé en 1925, un laboratoire de psychologie pour l'enfance anormale, transformé en « Institut de défectologie expérimentale » du Commissariat du peuple pour l'éducation, qu'il dirigea.

Une seconde configuration du système se présente dans le cas où la personne aveugle n'a jamais utilisé la modalité sensorielle déficiente (chez l'aveugle de naissance, par exemple). Dans ce cas, le système peut être représenté de la façon suivante (fig. 8).

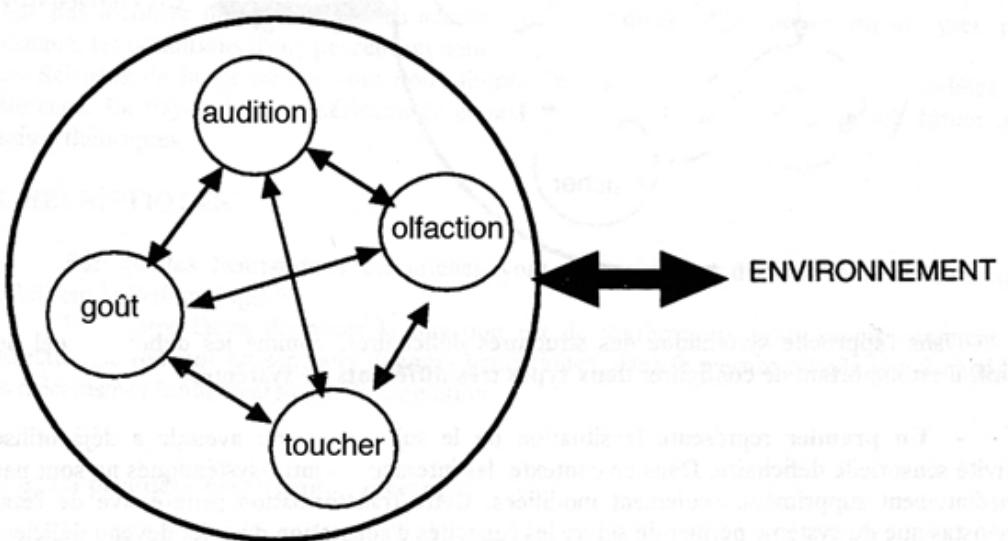


Figure 8 : Système sensoriel en cas de cécité précoce

Source : Portalier (op. cit.)

Dans ce second dispositif, l'équilibre est assuré par l'interaction de quatre éléments entre eux. Le mode d'interaction y est donc tout à fait original, aboutissant à un traitement de l'information très différent. Cette conception soulève la question du transfert intermodal des compétences sensorielles.

Connolly et Jones (1970) cités par Hatwell (1994) proposent l'idée d'une « traduction » des données d'une modalité sensorielle à une autre. Leur modèle postule que tout transfert d'une modalité à l'autre nécessite un « recodage » par lequel l'information, arrivée dans un code donné, est traduite dans le code de la modalité de la réponse. Cette traduction est interdépendante de la constitution d'un transfert intermodal s'exerçant :

« [...] quand une information reçue à travers une modalité est utilisée correctement dans une autre modalité. Tel est le cas quand un objet perçu visuellement est ensuite reconnu par le toucher, ou quand une source sonore est localisée visuellement ». (Hatwell, op. cit., p. 543)

Les informations apportées par chaque modalité sensorielle sollicitée (auditive, visuelle, tactile, etc.) peuvent donc être transférables vers une autre modalité.

Pour Piaget (1936/1997), le transfert intermodal s'acquierte progressivement, au fur et à mesure des expériences. Il n'y aurait aucun transfert intermodal à la naissance, l'espace se décomposant, chez le nourrisson, en différents « espaces hétérogènes », visuel, auditif, tactile, kinesthésique, etc., chacun spécifique d'une activité sensori-motrice. Ces espaces se coordonnent progressivement au niveau sensori-moteur : vers quatre-cinq mois, s'associent notamment la vision et la préhension, avec comme bénéfice l'apprentissage des propriétés des objets et des relations spatiales entre les objets. Les schèmes propres à une modalité deviennent dès lors progressivement assimilables à une autre modalité.

Dans cette perspective, Streri (1991) a introduit la notion d'« espace multimodal intégré » pour illustrer la coordination des perceptions visuelles avec les perceptions tactiles

et auditives dès les premiers mois de la vie. Une fois qu'une information est reçue à travers une modalité sensorielle, elle peut être disponible sur d'autres modalités. Streri (op. cit.) a, par exemple, montré que le bébé était capable, dès cinq mois, de transférer la capacité de différencier visuellement deux formes sur une autre modalité, tactile. Nous pouvons prendre l'exemple d'un nourrisson de six mois voulant saisir un mobile sonore. L'œil perçoit la forme de cet objet, la main le poids, et l'oreille l'émission sonore. L'objet mobile est ainsi perçu visuellement, mais aussi reconnu par le toucher et l'audition. La taille du mobile convoité par le nourrisson est évaluée visuellement, auditivement et tactilement. Il en est de même pour sa localisation. Chacune de ces modalités contribue à une connaissance spatiale, en apportant un type d'information spécifique du canal sensoriel considéré. « La mosaïque d'informations recueillies fait l'objet d'une harmonisation pour que l'organisme puisse répondre adéquatement à la situation. » (Streri, 2003, p. 198). Il y a alors mise en relation des différentes perceptions conduisant à la formation d'un objet unique multimodal et multidimensionnel. Cette convergence vers une perception unifiée permet en particulier, chez ce nourrisson de six mois, de réaliser une action dirigée (ici, saisir l'objet désiré).

Chez le jeune enfant aveugle, le transfert intermodal des informations sensorielles va être extrêmement important à favoriser, et ce, le plus tôt possible (Génicot, 1980). Dans cette perspective, Génicot (op. cit.) rappelle l'importance d'encourager chez le jeune enfant aveugle, la saisie, le pointage, la préhension, et le toucher de ce qu'il entend et de ce qui l'environne, c'est-à-dire transférer une sensation auditive en une sensation tactile et gestuelle. D'une manière générale, il est important de favoriser le transfert des informations :

- auditives, provenant de l'espace éloigné,
- tactiles et kinesthésiques, provenant de l'espace de la manipulation,
- proprioceptives, provenant de l'espace corporel.

Les travaux de Veraart et Wanet (1984) ainsi que ceux de Hatwell (1994, 1999) soulignent justement l'importance des informations vicariantes, auditives, haptiques et proprioceptives qui permettent un enrichissement de l'information, notamment spatiale, au cours du déplacement du sujet aveugle. Ce transfert intermodal favorise chez le jeune enfant aveugle la perception d'un environnement global, stable et permanent, au sens où Piaget (1936/1997) l'entend.

« C'est cette permanence de l'environnement qui lui [le tout petit aveugle] permettra de reconnaître la topographie des lieux par rapport à son soi, donc de s'orienter, et plus tard se déplacer. » (Rondal & Comblain, 2001, p.219)

Les compétences de coordination des modalités sensorielles sont particulièrement précoces chez le petit d'homme, mettant à sa disposition une large gamme de modalités sensorielles pour percevoir et apprêhender son environnement. Quelle serait alors la conséquence de l'absence d'une modalité perceptive (la vision par exemple) sur la prise de connaissance de l'environnement ?

Le concept de « vicariance » proposé par Reuchlin (1978) amène l'idée qu'un individu, placé dans une situation donnée, aurait à sa disposition un nombre important de possibilités pour s'adapter à la situation dans laquelle il se trouve, lui permettant d'arriver au *but* qu'il s'était fixé. La personne aveugle, par exemple, va développer des procédures adaptatives originales, qui vont lui permettre de suppléer l'absence de vision. Nous présentons ces capacités compensatoires dans le paragraphe ci-dessous.

3.4. Les modalités perceptives à l'œuvre chez le sujet aveugle

La perception de l'environnement se met en place très précocement chez l'homme et se développe pendant les premières années de la vie. Par conséquent, il est important de prendre en considération cette période de maturation chez l'enfant dans notre réflexion et de comprendre les enjeux qui s'y déplient.

Le jeune enfant aveugle dispose de plusieurs modalités, notamment proprioceptives, tactilo-kinesthésiques et auditives qui supplément l'absence de vision, mais de manière relative (Fraiberg, 1977). Le toucher reste, en effet, plus limité que la vision, qui permet une appréhension de l'espace proche et lointain. Son champ perceptif, bien plus réduit que le champ visuel, et de nature discontinue (par opposition au flux visuel permanent), ne peut pas tenir la même fonction organisatrice de la tonicité et de la posture. La modalité tactilo-kinesthésique, peu adaptée à la perception des mouvements, est, par ailleurs, plus lente que la vision et le stockage des données en mémoire plus fragile que celui des données visuelles. Rappelons enfin que l'audition et la préhension se coordonnent plus tardivement que la vision et la préhension (Fraiberg, op. cit.). Comment, dès lors, le tout petit privé de vision perçoit-il et construit-il son environnement ? Nous nous inspirons ici notamment des travaux d'Hatwell (1986, 1999, 2003) dont l'approche du développement de l'enfant aveugle est fondée sur une observation clinique tenant compte de l'*hétérogénéité* des profils de cette population (situations où la cécité survient précocement ou tardivement, celles où elle est totale ou bien partielle).

Bullinger et Mellier (1988) ont observé que le jeune enfant aveugle utilise très fréquemment la bouche pour explorer les objets. Ils parlent de :

« [...] fusion main-bouche, qui réalise une coordination tactile-kinesthésique, constituant une condition optimale de rencontre d'un tactile bien développé au niveau des lèvres et du proprioceptif (les mains qui portent et manipulent l'objet). Outre que la bouche va rester longtemps un relais privilégié dans l'exploration des objets, il est à remarquer que cette coordination devient très opérante : l'ouverture de la bouche est calibrée à la taille de l'objet approché par les mains (nourrissons aveugles de 8 à 12 mois) ». (op. cit., p. 196)

D'amples mouvements d'exploration sont, par la suite, nécessaires au bébé aveugle pour agrandir son champ de recherche : mouvements exploratoires des mains, puis déplacements du corps pour appréhender l'environnement. L'accès au monde des objets qui entourent le tout petit privé de vision se fait, à ce stade, principalement par une exploration tactile. Les tentatives exploratoires de l'objet (sur des bases tactiles comme auditives) restent cependant circonscrites dans les premiers mois à la longueur du bras sans qu'apparaisse une avancée du tronc (Mellier & Jouen, 1986). Passé ce stade, le jeune enfant aveugle a prioritairement recours à des perceptions *tactilo-kinesthésiques* (ou haptiques) pour appréhender son environnement proche. Notons que les conduites manuelles des nourrissons aveugles précoces diffèrent de celles des voyants. Les réactions primitives de *grasping* et de saisie des objets sur stimulation tactile apparaissent aux mêmes âges, mais l'activité manuelle de manipulation est en général moins intense et moins fine chez les aveugles complets et la prise en pince n'apparaît que vers deux ans (Hatwell, 2003). Cette plus faible activité manuelle résulte notamment de la diminution des stimulations sensorielles. Alors que le bébé voyant garde présents dans son champ perceptif des objets éloignés qu'il ne touche pas, le nourrisson aveugle n'a aucun contact perceptif avec les objets lâchés par sa main ou non encore saisis, sauf si ceux-ci émettent des sons. La recherche manuelle d'un objet sonore qui a été déplacé puis a cessé de sonner, émerge chez le jeune enfant aveugle entre 22 et 30 mois. Cette conduite de recherche apparaît, en revanche, vers sept ou huit mois chez le bébé voyant, témoignant d'un décalage important

entre la coordination *audition-préhension* de l'enfant aveugle par rapport à la coordination *vision-préhension* du voyant (Hatwell, 2006). L'exploration tactile permet au jeune enfant privé de vision d'accéder à une partie non négligeable des informations spatiales, comme la forme, la grandeur, la texture, la localisation, la distance, etc. Le toucher s'avère autant efficace que la vision dans certains domaines comme l'identification des objets significatifs familiers dès l'âge préscolaire, la discrimination des textures et des longueurs vers sept ou huit ans (Hatwell, 1999). Le sujet aveugle reste cependant privé perceptivement d'une importante partie des connaissances spatiales dont bénéficient les voyants, et ce, quelles que soient les capacités de suppléance de l'audition et du toucher. L'avantage de la vision demeure ainsi très marqué dans la perception des formes géométriques et des orientations, et ce, même chez les adultes (Hatwell, 1986). Bullinger et Mellier (1988) ont mis plus particulièrement en évidence une gêne importante chez les enfants aveugles congénitaux à décrire ou produire des formes spatiales sur des bases kinesthésiques (dessin d'un carré avec le doigt sur un support homogène). Ils ont notamment constaté des difficultés pour fermer la figure et respecter les symétries.

3.5. Des capacités perceptives étonnantes

Au-delà du handicap, une personne aveugle est en mesure d'utiliser les capacités perceptives étonnantes qui sont à notre disposition, mais qui restent bien souvent sous-utilisées lorsque la vision est opérante. Portalier (1990) insiste sur ces compétences et les définit comme la capacité qu'a la personne aveugle d'emprunter des voies d'accès spécifiques l'amenant à des buts identiques à la personne voyante.

3.5.1 L'audition spatiale

Au début du 20^e siècle, Lord Rayleigh⁷ a été le premier à expliquer comment l'être humain localise les sons. Le paramètre le plus important pour déterminer la position d'une source sonore est la différence entre les signaux sonores parvenant aux oreilles (Garcia, 2010). Les mécanismes de localisation directionnelle d'une source sonore permettent à l'audition de jouer un rôle important dans la perception de l'espace. Malgré une « résolution angulaire moins bonne que celle de la vision » (De Cheveigné, 2005, p. 83), elle offre un temps de réaction très court, reste fonctionnelle dans l'obscurité et renseigne sur des sources situées en dehors du champ de vision, grâce à la *stéréoacousie*. Par ailleurs, les sons de basse fréquence contournent les obstacles et se propagent, dans certaines conditions, sur de longues distances. Certains environnements, comme le milieu sous-marin, sont ainsi plus *transparents* aux sons qu'à la lumière (Bovet, Drake, Bernaschina & Savel, 1998).

L'information visuelle fournie par la rétine permet un traitement multicanal et spatialement riche. À l'inverse, l'audition dispose principalement des « différences d'intensité » et de « temps d'arrivée » des sons perçus par les oreilles. On parle de différences interaurales d'intensité et de temps d'arrivée (Blauert, 1997 ; Thompson, 1882 cités par De Cheveigné, op. cit.). Ainsi, un son provenant d'une source située hors du plan médian parvient à l'oreille opposée avec du retard (à cause d'un chemin acoustique plus long) et atténué (effet d'ombre de la tête). Les différences interaurales de temps d'arrivée

⁷ Lord Rayleigh (1842-1919) était un physicien anglais, lauréat du prix Nobel de physique de 1904.

et d'intensité déterminent donc conjointement ce que l'on appelle *l'azimut*⁸. La perception des distances, chez l'individu privé de vision, se réalise principalement à partir d'indices sonores tels que :

- l'intensité (pour des sources dont la puissance est connue),
- le rapport entre hautes fréquences et basses fréquences (les premières sont plus atténuées que les secondes par la propagation dans l'air),
- le rapport entre son direct et son réfléchi dans un espace relativement clos.

Ces indices ne sont exploitables qu'à partir d'une certaine familiarisation et apprentissage en situation. Ce fonctionnement est particulièrement vrai dans le cas de sources auditives isolées. Or, la scène acoustique est souvent peuplée de sources nombreuses, variées et concurrentes, comme c'est le cas parfois dans l'environnement urbain : le mécanisme décrit pour une source isolée est alors difficile à transposer. Les scènes auditives complexes posent le problème de la ségrégation des indices de chaque source, qui sont superposés dans le signal acoustique perçu par les oreilles (De Cheveigné, 2005). La notion de « paysage sonore » (Murray Shafer, 1979) est un des éléments qui constitue « l'ambiance urbaine » telle que nous la définissons dans notre protocole expérimental.

3.5.2. Perception auditive, motricité et action

Pour illustrer les liens entre perception et motricité, les physiologistes Szentágothai et Arbib (1975, cités par De Cheveigné, 2005) ont pris l'exemple d'un organisme hypothétique muni de deux nageoires et de deux yeux. L'œil gauche est relié à la nageoire droite par un neurone et l'œil droit à la nageoire gauche. Lorsqu'une proie apparaît dans le champ visuel à droite, l'ordre est transmis à la nageoire opposée de se mouvoir (fig. 9). L'organisme s'oriente alors vers la proie et l'atteint au terme d'une trajectoire déterminée par l'équilibre d'activation des deux nageoires. La perception chez cet organisme primitif n'est pas distincte de sa motricité et de son action dans ce cas. Les auteurs suggèrent, par ailleurs, que cela est vrai pour des organismes plus évolués, à ceci près que des niveaux multiples d'inhibition permettent chez eux un comportement et des actions plus sophistiqués.

⁸ L'azimut est l'angle horizontal entre la direction d'un objet et une direction de référence. Cette référence est habituellement le nord géographique, à partir duquel on mesure l'azimut en degrés de 0° à 359° dans le sens rétrograde (sens des aiguilles d'une montre).

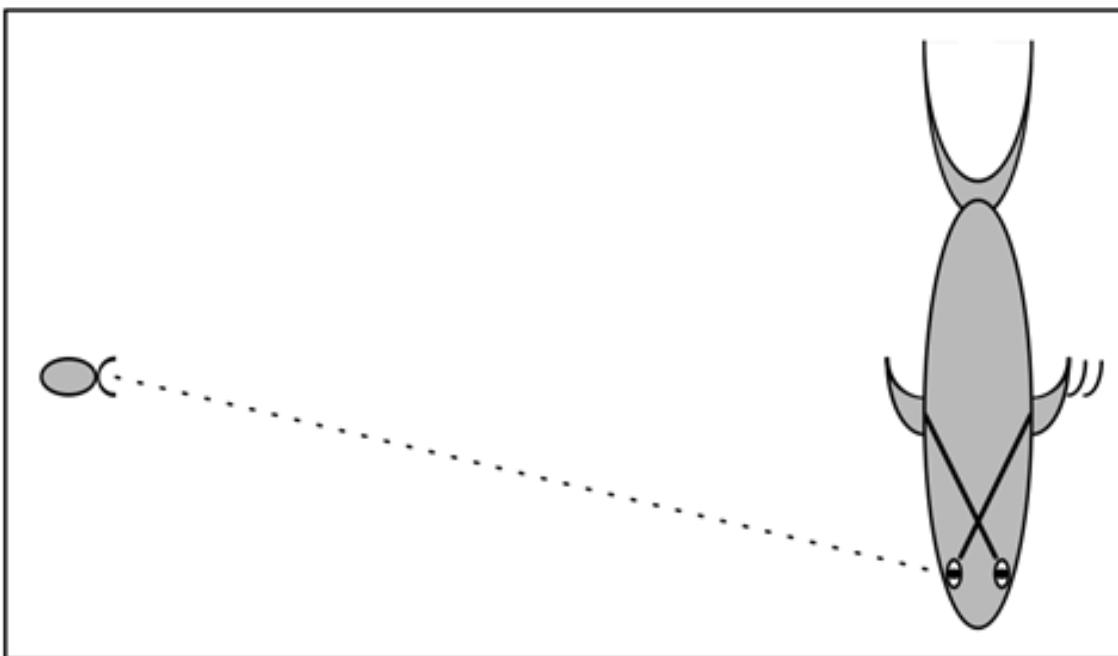


Figure 9 : Organisme primitif chez qui la perception de la proie équivaut à un ordre donné à la nageoire controlatérale de s'activer.

Source : Szentágothai et Arbib (1975) cités par De Cheveigné (2005)

Un tel organisme peut localiser une source avec une précision importante et une économie de sophistication remarquable. Mais il doit pour cela se mouvoir, entraînant un déplacement coûteux en énergie et en temps. Un mécanisme qui lui éviterait ce déplacement lui donnerait un avantage, notamment sélectif (l'organisme n'est plus exposé à d'éventuels prédateurs par cette économie de déplacement). Ainsi, la capacité à mesurer les différences interaurales d'intensité et de temps d'arrivée par le tronc cérébral peut s'interpréter dans ce sens. Cela permet à un organisme de savoir où se trouve la source, sans aller jusqu'à elle... Il est alors possible de choisir d'agir ou non, de se déplacer, et le cas échéant de planifier son trajet. Un système perceptif évolué permet donc à la fois économie de mouvements, rapidité et efficacité.

« [...] On peut interpréter l'évolution des systèmes perceptifs comme allant vers une économie d'action. Cela ne diminue pas l'importance de cette dernière pour un système perceptif. Celui-ci, aussi sophistiqué soit-il, peut toujours être amélioré par l'action. Nous tournons la tête pour lever une ambiguïté d'azimut ou d'élévation, et nous nous déplaçons pour nous rapprocher d'une source ou nous éloigner d'un bruit. » (De Cheveigné, 2005, p.86-87)

Ce lien profond entre sensation et motricité trouve une illustration saisissante dans la capacité d'écholocalisation, particulièrement importante chez une personne privée de la vue.

3.5.3. L'écholocalisation

« L'écholocalisation est définie comme l'habileté à traiter l'information acoustique contenue dans les échos produits par la réflexion des sons produits par le sujet, sur les objets de l'environnement. » (Arias, 1996, p. 704)

L'étonnante capacité de certaines personnes aveugles à percevoir des obstacles sans contact physique, c'est-à-dire simplement sur la base de l'écholocalisation, a été décrite dès 1749 par Diderot dans la « Lettre sur les aveugles à l'usage de ceux qui voient ».

« Saunderson avait de commun avec l'aveugle du Puisaux d'être affecté de la moindre vicissitude qui survenait dans l'atmosphère, et de s'apercevoir, surtout dans les temps calmes, de la présence des objets dont il n'était éloigné que de quelques pas. » (Diderot, 1749/1990)

Dolanski (1930) a, par la suite, introduit la notion de « sens de la distance » qu'il considérait comme étant plus aigu dans les environs de l'oreille et de l'œil, plus faible sur les tempes et le front, encore plus faible sur les joues et les lèvres.

« L'allée provoque une sensation particulière et trouble chez l'aveugle. Il perçoit les arbres ordinaires à une distance de 2,5 mètres, dans la rue. Il ne peut définir la forme des objets, mais seulement leur présence. Enfin, quand l'aveugle, dont l'attention est dispersée, s'approche rapidement d'un objet, le sens de l'obstacle n'apparaît point, et au contraire, lorsqu'il approche lentement il devient plus aigu. [...] Le son, qui fait percevoir les objets se trouvant à la portée du sens de la distance, sert le mieux à aiguiser ce dernier [le sens de la distance]. Aussi lorsque les aveugles veulent trouver la situation d'un lieu, ont-ils recours aux bruissements. Un son fort n'aide pas davantage qu'un son faible, au contraire, un son très fort et plein, gêne. » (Dolanski, 1930, p. 4)

Mais ce sont Supa, Cotzin et Dallenbach (1944) qui ont étudié, les premiers, cette capacité à percevoir des obstacles sans contact physique, de manière expérimentale et systématique. Ils ont fait cheminer deux personnes aveugles, dix personnes sourdes et aveugles et deux voyants, tous, les yeux bandés, sur un parcours variant en fonction des obstacles qui s'y trouvaient (panneaux en bois aggloméré). Supa et coll. (op. cit.) ont demandé aux participants l'instant où ils percevaient l'obstacle (première perception), puis de s'arrêter le plus près possible de l'obstacle sans le toucher (évaluation finale). Grâce à cette recherche, certains aspects importants de l'écholocalisation ont pu être compris. Supa et coll. (op. cit.) ont montré en particulier que le traitement de l'information auditive constitue la base sensorielle de l'écholocalisation et que le changement de hauteur tonale des sons en est la condition nécessaire et suffisante. L'écholocalisation est un mécanisme d'extraction de l'information qui repose sur des boucles sensori-motrices et qui étaye en ce sens la perception. Comme nous l'avons vu, elle est définie comme l'habileté à traiter l'information acoustique contenue dans les échos déterminés par la réflexion des sons produits par le sujet lui-même. Dans le monde animal, cette capacité est connue pour être utilisée par les chauves-souris (plus particulièrement les microchiroptères). Griffin (1959) fut le premier à en démontrer l'existence.

Köhler (1964) a souligné que l'écholocalisation correspond à une capacité « naturelle » des êtres humains. Dans sa recherche, il a comparé les performances de sujets aveugles à celles de sujets voyants avec occlusion de la vue sur des tâches de détection de cible (présence, absence) et des tâches de discrimination entre différentes cibles (taille, distance). Kölher (op. cit.) a montré que l'ensemble des sujets effectuait des jugements assez précis concernant la distance qui les séparait d'obstacles placés dans leur environnement immédiat. Tous étaient capables de porter des jugements corrects sur la taille des cibles et même sur la nature de leur constitution (bois, métal, etc.) ! Néanmoins, l'ensemble des sujets détectait plus facilement la présence ou l'absence des cibles, plutôt que leurs caractéristiques spécifiques, comme la forme, la texture, etc.

Köhler (op. cit.) ainsi que Clarke, Pick et Wilson (1975) ont montré qu'après un programme d'entraînement, les participants respectifs de leurs expériences ont été capables d'améliorer significativement la précision avec laquelle ils détectaient les obstacles. Hausfeld, Power, Gorta, et Harris (1982) ont également constaté que les sujets voyants avec occlusion de la vue pouvaient, après entraînement, atteindre des performances de discrimination parfois analogues à celles obtenues par les sujets aveugles. Cette capacité d'écholocalisation est donc particulièrement sensible à l'entraînement. Toutefois, pour la discrimination entre des cibles variant par leur forme (carré, cercle, triangle) ou par leur texture (tissu, bois, plexiglas), le sujet aveugle atteint un niveau de performance optimal. Par ailleurs, Hausfeld et coll. (op. cit.) ont remarqué que le sujet aveugle était le seul à avoir effectué des mouvements d'oscillation de la tête pour discriminer les cibles de différentes formes : ce comportement moteur est qualifié de *scanning* (balayage). Plus récemment, Kish (2009) a proposé un programme d'entraînement basé sur l'écholocalisation active (qu'il qualifie de *Flash Sonar*⁹), à l'attention des personnes aveugles, pour les aider à compléter les informations qu'elles perçoivent de leur environnement.

3.5.4. Une vision faciale ?

« Tous les aveugles s'accordent à dire qu'ils perçoivent l'obstacle par la figure, et en particulier au moyen du front, des tempes et des joues ; il semblerait que la question fût claire, et ne présentât aucune difficulté, grâce à la localisation exacte des sensations perçues, cependant il se forme tout un chaos de jugements contradictoires et inextricables pour le chercheur. » (Dolanski, 1930, p. 2)

Une partie du retard que la recherche a mis pour découvrir que l'audition est la base sensorielle de l'écholocalisation découle probablement du fait que certaines personnes aveugles disent ressentir sur leur visage la présence d'un obstacle. En particulier, ces sujets ont l'impression d'être touchés au niveau du front ou des joues, par une sorte de tissu très léger ou par une toile d'araignée. C'est à partir de ces déclarations que l'on a parfois parlé de vision faciale. Cette sensation est également décrite par certains sujets voyants à qui l'on a occulté la vision lorsqu'ils passent des expériences d'écholocalisation (Arias, 1996). Il est plus surprenant de voir que ces personnes ont beaucoup de difficultés à être convaincues que ce n'est pas sur ce type de sensation que se basent leurs performances d'écholocalisation. Ceci persiste, même lorsque les sujets constatent qu'en l'absence d'informations auditives, la sensation tactile disparaît et qu'ils ne sont plus en mesure de détecter les obstacles (Köhler, 1964). Ce phénomène de sensation tactile sur le visage a souvent été considéré comme un artefact. Il est néanmoins régulier et très robuste et Marks (1978) le considère comme un phénomène de nature synesthésique¹⁰.

3.6. Conclusion

Que ce soit dans la petite enfance ou à l'âge adulte, les perceptions de la personne aveugle s'étayent sur des capacités originales. Le *transfert intermodal*, par exemple, permet d'intégrer et de coordonner des perceptions tactiles, auditives et proprioceptives qui contribuent toutes à construire un environnement stable et permanent. La cécité entraîne,

⁹ Voir site internet : <http://www.worldaccessfortheblind.org/files/snr-prgrm0409.htm>

¹⁰ Synesthésie : trouble de la perception sensorielle caractérisé par la perception d'une sensation supplémentaire à celle perçue normalement, dans une autre région du corps ou concernant un autre domaine sensoriel (Encyclopédie Universalis, 2009).

malgré tout, des spécificités dans la construction de l'espace. Ainsi, le champ perceptif tactile, bien plus réduit que le champ visuel, ne permet pas une appréhension de l'espace proche et lointain. Les modalités proprioceptives, tactilo-kinesthésiques et auditives dont dispose le sujet aveugle pour percevoir et construire son environnement participent ainsi à suppléer l'absence de vision, mais de manière relative.

L'homme possède des capacités perceptives tout à fait étonnantes, qui prennent toute leur importance en l'absence de vision. L'audition, par exemple, nous permet d'entendre, mais aussi de localiser assez finement et dynamiquement des sources sonores dans notre environnement distant. Dans son article intitulé *What is it like to be a bat?* Nagel (1974) considère que l'écholocalisation de la chauve-souris, bien qu'étant une forme de perception, n'est similaire dans son fonctionnement à aucun de nos sens. Pour lui, il n'est pas possible de ressentir ou d'imaginer les sensations produites par cette perception. « Nous ne savons pas ce que cela fait d'être une chauve-souris, car nous ne savons pas ce que cela fait de se localiser par l'écho ». Pourtant, il a été montré que l'utilisation de l'écholocalisation, qui repose sur des capacités de traitement auditif de premier ordre, permet chez l'homme (voyant ou aveugle) d'identifier la nature et la position d'objets et de cibles dans son environnement, à la manière des chauves-souris. Cette capacité, bien que reposant sur l'audition, est aussi à l'origine de sensation synesthésique. En effet, les personnes aveugles ont pu rapporter, dans différentes recherches, la sensation de sentir *tactilement* l'obstacle sur le visage. Cependant, malgré ces capacités étonnantes, la locomotion en ville reste une situation potentiellement anxiogène pour une personne se déplaçant sans la vue.

4. Se déplacer dans la cité : une situation stressante pour le piéton aveugle ?

Lise, une participante à notre recherche. « Le funiculaire arrive au terminus. Je me positionne le plus près possible de la porte pour pouvoir bondir dès son ouverture, non pas que je sois toujours plus pressée que les autres, mais c'est le plus sûr moyen de ne pas risquer d'entraver quelqu'un par derrière avec ma canne blanche. Je connais les lieux et me dépêche pour ne pas me trouver mêlée à la foule. Cependant, arrive un moment où je dois laisser passer une personne, car je suis bien incapable de trouver seule les portillons de sortie. Celui qui me double ne se doute certainement de rien, mais c'est sur le bruit de ses pas que je vais me guider pour atteindre la bonne porte. Une fois dehors, ma vigilance redouble. Il va falloir éviter les différents obstacles : poteaux, panneaux, bâdauds, etc. La traversée de la rue de Trion doit encore se négocier avec soin. Certes, il s'agit d'un endroit où le piéton est prioritaire. Du moins, c'est ce qu'on m'a dit, ce n'est certainement pas le comportement des automobilistes à cet endroit qui aurait pu me le laisser croire... Bref, la canne bien visible en avant, j'écoute la circulation et je m'engage, forçant parfois les voitures à ralentir. De l'autre côté, je trouve encore d'autres obstacles : l'étal du fleuriste, les tables du bistrot... Les habitués qui me saluent à mon passage me font oublier un instant l'hostilité du monde qui m'entoure. Heureusement, car ce n'est pas terminé ! Je dois encore m'imposer pour traverser la rue Saint-Alexandre. Deux options s'offrent alors

à moi. Soit je suis d'humeur sage et j'emprunte docilement le trottoir, qui porte bien mal son nom, car je mets quiconque au défi de trotter dessus tant il est étroit et semé d'embûches. Soit je suis d'humeur plus rebelle et j'occupe le seul espace réellement praticable de la rue, à savoir la chaussée. Là, je suis sûre de ne rencontrer aucun obstacle et, malgré la pression des automobilistes, je peux me détendre un peu. Je rejoins le trottoir pour rentrer chez moi. Des marches en débord me permettent facilement de trouver la porte de mon immeuble. Parfois pourtant, je les dépasse sans m'en apercevoir. Alors, je reviens sur mes pas. Une fois passée la porte, je peux enfin me relâcher... Et boom ! Aïe ! Ah, ça, c'est la poubelle qu'on a laissée au milieu du couloir. Voilà, ça m'apprendra, je sais pourtant bien qu'il faut toujours faire attention ! »

4.1. Particularités des déplacements chez l'aveugle

« Tant qu'il n'est pas incité à bouger dans l'environnement, l'enfant aveugle n'en découvre pas son existence. » (Adelson & Fraiberg, 1974 cités par Mellier, 1986, p. 44)

La locomotion, malgré les difficultés rencontrées par le jeune enfant aveugle à mener de front les activités d'initiation du déplacement, de contrôle de l'équilibre postural et d'orientation (Hatwell, 2003), lui permet de passer du statut de sujet passif porté à celui d'expérimentateur actif de son environnement. Elle introduit le jeune enfant dans la découverte du monde qui l'entoure, lui assurant une autonomie nécessaire à son épanouissement et à son intégration (Portalier, 1990). Elle favorise, par ailleurs, l'expérimentation et « rend possible l'exercice et la construction des relations spatiales de rapprochement/éloignement. » (Mellier, op. cit., p. 43)

Fraiberg (1977) a montré que la cécité complète n'affecte pas le développement pendant les deux à trois premiers mois de la vie, ce qui peut retarder le diagnostic de cécité, le fonctionnement sensori-moteur étant encore à cet âge fortement dépendant d'organisations biologiques préformées. Faute de disposer de flux sensoriel continu, le bébé aveugle est hypotonique, surtout au niveau de la tête et des membres inférieurs : il a souvent la tête penchée vers l'avant, les plus grands plaçant les bras en flexion contre le buste, les paumes de la main ouvertes. Ce sont principalement les conduites motrices impliquant la mobilité volontaire autonome qui sont retardées de quelques semaines par rapport aux enfants voyants, notamment sur les items « s'assoit seul », « se déplace en rampant », « se met debout seul », issus de l'échelle de développement Brunet-Lezine. L'acquisition de la marche autonome est particulièrement retardée chez le jeune enfant aveugle complet, avec un âge médian à 18 mois, mais des écarts pouvant aller jusqu'à 30 ou 32 mois chez des enfants n'ayant, par ailleurs, aucune atteinte motrice (Fraiberg, op. cit.).

Une fois la position debout et la marche acquises, on constate une démarche spécifique au jeune enfant aveugle qui ne concerne pas les enfants *amblyopes* (Sampaio, Bril & Brenière, 1989). Portalier et Vital-Durand (1989) ont mis en évidence le retentissement de la cécité sur plusieurs paramètres de locomotion. Répartissant les sujets de leur recherche en trois groupes (sujets amblyopes, sujets présentant une acuité visuelle faible et sujets aveugles complets), ils ont mis en évidence que les enfants aveugles complets vont deux fois moins vite que les enfants ayant une acuité visuelle faible. Ils ont, par ailleurs, montré une différence significative entre les participants aveugles et ceux qui ont une acuité visuelle faible en ce qui concerne les temps moyens d'appui sur deux pieds. L'enfant aveugle

réactiverait plus fréquemment ses afférences sensorielles, particulièrement au cours du contact sur les deux pieds, donnant à la marche une allure heurtée. Portalier et Vital-Durand (op. cit.) ont, enfin, noté qu'une référence auditive fixe améliorait la vitesse et la souplesse de la marche.

L'étude préliminaire de Sampaio et coll. (op. cit.), sur les débuts de locomotion autonome chez deux enfants atteints de cécité, a également mis en évidence une asymétrie dans la marche du jeune enfant aveugle qui consiste à avancer le premier pied puis à ramener le second au niveau du premier sans le dépasser. La progression se ferait chez ce dernier, sur un pied, un pas sur deux. Cette « phase de double appui », essentielle à la stabilité posturale, aurait une durée plus importante lorsque le jeune enfant aveugle marche seul que lorsqu'il est accompagné. Cette étude a ainsi montré que lorsque l'enfant aveugle est seul, il évite le plus possible d'utiliser une stratégie de chute et de ratrapage, induisant un rythme de marche et d'accélération plus faibles.

« Tout se passerait comme si, lorsqu'il marche seul, l'enfant aveugle devait à chaque pas, “réinitialiser” les paramètres (temporels et spatiaux) de la marche. » (Sampaio et coll., op. cit., p. 76)

Mellier (1986) a introduit une différence au niveau de l'allure de la marche en fonction de l'activité du jeune enfant aveugle. Il a constaté que lorsque ce dernier oriente son déplacement pour rejoindre une cible sonore, il effectue un trajet plus ou moins sinuex, ponctué de ralentissements et d'arrêts au décours desquels l'enfant se réoriente. Mellier (op. cit., p. 45) a mis en évidence deux temps :

- « l'orientation grossière » dont la finalité est de réduire la distance entre l'objet et le corps, jusqu'à faire entrer ce dernier dans l'espace de préhension,
- « l'activité précise de positionnement du corps », orientée sur la capture de l'objet.

Il a opposé cette activité de déambulation à celle du jeu où l'enfant joue à marcher, sans finalité d'exploration ou d'orientation. Le jeune enfant aveugle adopte, dès lors, une allure de marche à pas symétriques, longs, franchis par levée haute du pied et prise d'appui de toute la plante. Le rythme des pas est alors accéléré.

Enfin, Clark-Carter et coll. (1987) ont effectué des observations similaires chez des sujets adultes. Ils ont choisi d'enregistrer les caractéristiques de la démarche de sujets aveugles habitués à utiliser une longue canne. Dans cette recherche, il a été demandé aux participants de marcher, munis de cette canne, dans un espace extérieur, sans obstacle, de cent mètres de long et de un mètre cinquante de large. Dans un premier parcours, le sujet est accompagné d'un guide voyant, et doit adapter la vitesse de marche la plus confortable pour lui (vitesse préférée de marche). Dans un second parcours, le sujet se déplace seul sur ce même chemin. Les résultats de cette étude ont montré que lorsqu'ils se déplacent seuls, les aveugles ralentissent significativement leur marche par rapport à leur vitesse de marche préférée. De même, la longueur du pas est réduite et la durée de chaque pas est augmentée quand l'aveugle n'est plus guidé. En conditions réelles de déplacement, la cécité a donc comme effet majeur de ralentir la marche. Ce type de situation a été mis en rapport avec des éléments de stress ou d'anxiété, dus à l'absence d'anticipation (Clark-Carter et coll., op. cit.).

4.2. La locomotion en milieu urbain : une action exigeante pour le piéton aveugle

Sur le plan de la locomotion, nous savons qu'en l'absence de repères visuels, une trajectoire rectiligne a toujours tendance à s'*incurver*. Ce phénomène apparaît chez les voyants eux-mêmes placés dans un dispositif spécifique, comme c'est le cas dans la recherche de Souman et coll. (2008) sur les marcheurs du désert (cf. paragraphe 3.2.1). Notons que les déviations par rapport à la trajectoire rectiligne sont *moindres* chez les aveugles précoces que chez les aveugles tardifs, et moindres chez les aveugles tardifs que chez les amblyopes et les voyants qui se déplacent sans voir (Cratty, 1967). Ce résultat irait en faveur d'une amélioration de cette capacité avec l'expérience.

Du fait de cette tendance à dévier, la déambulation en milieu urbain s'avère extrêmement complexe pour une personne déficiente visuelle. Foulke (1982) parle de la locomotion autonome comme d'une tâche complexe et difficile en cas de cécité, conduisant un nombre important d'adultes à ne pas quitter, seul, leur domicile. Clark-Carter et coll. (1986) ont estimé que 30 % des déficients visuels recensés dans la ville de Nottingham en Grande-Bretagne ne se déplacent pas seuls en dehors de leur logement.

Plus récemment, en France, l'observatoire régional de la santé des Pays de la Loire a proposé un document exploitant les enquêtes « Handicaps-Incapacités-Dépendance » (HID) de 1998 et 1999. Il s'agit de la première enquête nationale sur le handicap dont l'objectif principal est de « fournir des données de cadrage couvrant l'ensemble de la population » (Sander, Bournot, Lelièvre & Tallec, 2005). Elle s'intéresse à la fois aux déficiences, aux incapacités et aux désavantages, les trois dimensions du handicap issues de la CIH. L'enquête HID a été organisée par l'INSEE en deux vagues successives, avec pour chacune un passage en institution et l'autre au domicile de la personne en situation de handicap. La première vague a débuté fin 1998, avec un premier passage en institution d'octobre à décembre 1998 et un passage au domicile de la personne aveugle de novembre 1999 à janvier 2000.

Cette enquête révèle que 58 % (891 000 personnes) environ des déficients visuels adultes (non confinés au lit et autorisés à sortir) sont gênés dans leur déplacement à l'extérieur. 29 % ne peuvent se déplacer seuls, 15 % peuvent se déplacer seuls uniquement sur certains itinéraires et 14 % sont gênés, mais peuvent se déplacer seuls sur tous les itinéraires. Ces données semblent recouper celles de Clark-Carter et coll. (op. cit.).

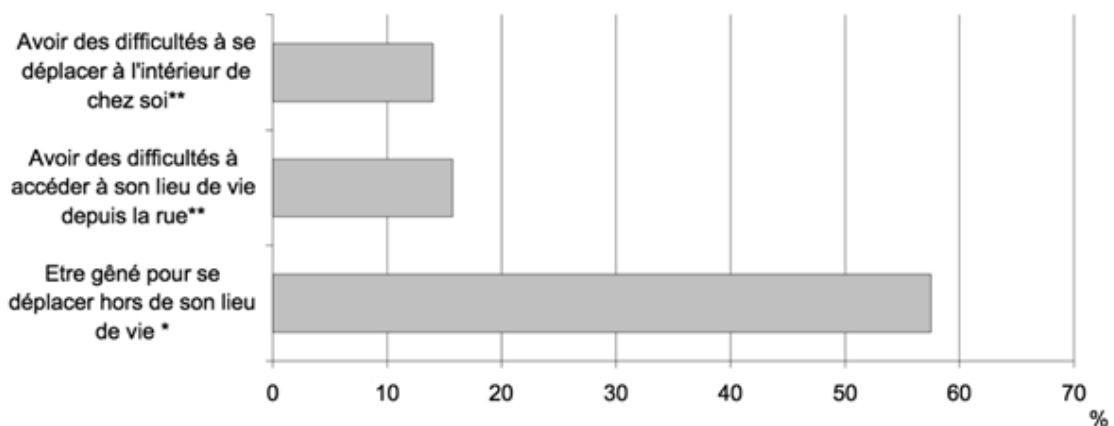


Figure 10 : Difficultés de déplacement déclarées par les déficients visuels en France métropolitaine, selon le type de déplacement (taux pour 100)

Source : Enquête HID 98-99 dans Sander et coll. (2005)

Ces résultats confirment que les déplacements sont une véritable source de difficultés pour les déficients visuels, en particulier à l'extérieur. L'environnement y est vécu comme plus dangereux que le domicile ou les abords du logement. Contrairement à l'espace domestique qui est connu, où les obstacles sont identifiés et peuvent être mémorisés, le milieu extérieur est déstabilisant pour les déficients visuels, même dans un environnement familier.

« Les principales appréhensions sont liées aux obstacles imprévus que la perte de vision empêche d'appréhender : le trafic automobile et particulièrement la traversée de carrefours jugés dangereux, le stationnement gênant de véhicules sur les trottoirs qui oblige à circuler sur la chaussée, les vélos que l'on n'entend pas, le mobilier urbain mal adapté, la peur d'être bousculé, de tomber... La sécurisation des déplacements constitue d'ailleurs un enjeu important de la rééducation en locomotion. » (Sander, et coll., 2005, p. 95)

Par ailleurs, toutes déficiences visuelles confondues, les difficultés de déplacement augmentent avec l'âge, à la fois pour les déplacements à l'extérieur du domicile et ceux effectués aux abords ou dans le lieu de vie. Ainsi, 31 % des déficients visuels âgés de moins de 60 ans et 61 % de ceux âgés de 60 à 74 ans sont gênés pour leurs déplacements à l'extérieur. Ces difficultés sont encore plus fréquemment déclarées aux âges avancés (81 % parmi les 75 ans et plus).

Les aveugles et malvoyants profonds sont les plus gênés, particulièrement pour les déplacements à l'extérieur pour lesquels 85 % des hommes et 100 % des femmes décrivent des difficultés.

« La composante visuelle mise en jeu dans ce type de déplacement en milieu non sécurisé étant très importante, les personnes les plus déficientes sont plus pénalisées que les autres. Les atteintes du champ visuel périphérique, qui surviennent souvent dans des affections oculaires graves (glaucome, rétinopathies) sont probablement plus fréquentes chez les aveugles et malvoyants profonds que dans les autres groupes de déficients visuels. Or, elles sont particulièrement invalidantes pour appréhender l'espace environnant et donc pour marcher. » (Sander et coll., op. cit., p. 97)

Enfin, accéder à son logement ou s'y déplacer est également une source de difficultés pour 38 % des personnes aveugles. Les malvoyants sont proportionnellement moins nombreux à déclarer ces difficultés de déplacement à l'extérieur du domicile (52 % des hommes et 69 % des femmes) ou aux abords et à l'intérieur de ce dernier (14 % des hommes et 26 % des femmes). Nous pouvons mettre ces observations en lien avec différents facteurs, dont notamment l'impossibilité d'établir des trajectoires rectilignes fiables, ayant pour conséquences (Hatwell, 2003) :

- une mise en danger potentiel lors des déplacements,
- une anxiété supplémentaire (risques de heurt ou de se perdre),
- une augmentation de la vigilance.

Ainsi, le handicap principal dû à la cécité, dans la situation de déplacement locomoteur, semble être l'absence de « pré-vision » (perception à distance préalable du chemin et des obstacles qui s'y trouvent) et donc d'anticipation (Hatwell, op. cit.). Cette absence rend difficiles les anticipations perceptives et cognitives, obligeant à intégrer des données sensorielles immédiates (auditives, tactiles, etc.) et à avoir recours à des connaissances antérieures stockées en mémoire (structure des chemins, nombre de croisements de rues

ou de changements de directions, nombre de stations de métro, etc.). L'absence de « prévision » peut être source d'une forte anxiété, du fait des risques accrus de heurter un obstacle ou de perdre son chemin (Hatwell, op. cit.). Selon Foulke (1982), la locomotion autonome en milieu urbain doit répondre à un certain nombre de critères :

- la sécurité,
- l'efficacité qui permet d'atteindre le but,
- le confort qui rend le déplacement agréable,
- l'harmonie des mouvements,
- l'indépendance physique.

La cécité rendant particulièrement difficile l'accès à ces critères, nous pouvons comprendre aisément l'importance d'une réflexion autour des dispositifs d'accessibilité pour :

- qu'ils soient facilement détectables par la personne aveugle, tenant la fonction d'une référence fiable dans la gestion des déplacements,
- qu'ils renseignent sur le lieu où se trouve la personne en dispensant des informations simples favorisant la localisation et l'orientation à donner aux déplacements,
- qu'ils permettent ainsi une déambulation la plus sécurisante possible en favorisant la détection des carrefours et obstacles, etc.

4.3. Un environnement hostile

L'architecture, l'urbanisme, mais aussi la voirie et le mobilier urbain sont hélas conçus sur des bases fonctionnelles et esthétiques qui privilégient majoritairement le visuel, négligeant bien souvent les autres sens. Non seulement cela handicape les aveugles et malvoyants, mais cela constitue aussi une approche réductrice de la perception de l'environnement par l'ensemble de ceux qui se déplacent en ville (Amedeo & Speicher, 1995). Quelques progrès ont été faits ces dernières années en matière de « paysage sonore » (Murray Shafer, 1979), mais les efforts restent limités à quelques situations particulières. Pourtant, les travaux du Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain (CRESSON)¹¹ révèlent depuis quelques années déjà, l'efficacité des ambiances architecturales et urbaines. L'environnement visuel et/ou sonore d'un individu participe alors à son positionnement dans l'espace ainsi qu'à son action.

« Le son participe également d'une recomposition des territoires urbains. L'analyse du paysage sonore (Augoyard, 1991), comme celle de l'usage du baladeur en ville (Thibaud, 1992), montre comment la manipulation de l'environnement ou d'objets sonores permet à la fois des jeux de distanciation (ou de rapprochement) entre les individus et une redéfinition des limites spatiales des lieux : la distribution des formes sonores du lieu ne correspond pas nécessairement à ce que l'organisation visuelle nous donne à voir (...). » (Thomas, 2004b, p.244)

Traverser une rue (fig. 11), éviter les obstacles, assurer son positionnement dans l'espace et la rectitude de son déplacement, peuvent s'avérer extrêmement problématiques chez une personne privée de vision, comme nous l'avons évoqué précédemment.

¹¹ Voir le site web : <http://www.cresson.archi.fr/>



Figure 11 : Participant à notre recherche, s'apprêtant à traverser la chaussée

Source : Baltenneck (2010)

¹²

L'évitement des obstacles, par exemple, demeure certainement la pratique qui, chez l'aveugle, suscite l'actualisation des savoir-faire les plus divers. Deux grandes catégories d'obstacles, propres à l'aménagement urbain, entravent principalement la locomotion chez l'aveugle : les obstacles immobiles de petite taille et les obstacles immobiles plus volumineux.

« **Les premiers englobent l'ensemble des potelets porteurs de panneaux indicateurs au-dessus de 2,20 mètres et les objets au sol de hauteur égale ou supérieure à 0,30 mètre et de longueur égale ou supérieure à 0,90 mètres. [...] Les seconds sont constitués par le mobilier urbain de type abribus, cabine téléphonique, bancs publics, etc. Ils sont donc l'objet de heurts soudains et brutaux. »** (Hugues, 1989, p. 36)

¹² Cette photo peut paraître surprenante : en effet, les marcheurs aveugles gardent habituellement la main opposée à la canne comme support sécurisant pour les obstacles non repérés avec celle-ci. Ce participant nous a expliqué justement qu'en se positionnant de la sorte, il évite de cogner constamment sa main contre le mobilier urbain.

Leur détection perturbe la déambulation (arrêt brutal, hésitation, désorientation), pouvant ainsi affecter la poursuite du trajet. Ce type de mobilier urbain n'est perceptible qu'au toucher de la canne et leur détection ne peut être en aucune manière anticipée par l'aveugle, sinon par mémorisation de son emplacement lors des trajets de reconnaissance. Ces obstacles, quels qu'ils soient, réclament une grande vigilance et une adaptation permanente à la structure environnementale.

4.4. Comment définir le stress ?

Selye (1936/1998) a consacré le concept de *stress* dans la recherche moderne, dans son article *A syndrome produced by diverse noxious agents*. Il l'a défini d'une manière large comme la réponse de l'organisme aux contraintes de l'environnement. Alors endocrinologue à Montréal, il avait constaté que les rats auxquels il injectait quotidiennement des extraits chimiques développaient des ulcères et des réactions physiologiques, telles que l'atrophie des tissus du système immunitaire. Plus surprenant, les rats appartenant au groupe contrôle (injection de solution physiologique) développaient les mêmes symptômes ! Il découvrit que, plutôt que le produit actif injecté lui-même, c'était en fait l'acte d'injecter un produit quotidiennement qui était à l'origine du syndrome observé. Il désigna celui-ci sous le nom de « stress », en l'empruntant à la mécanique des matériaux. Cette découverte fortuite ouvrit un nouveau champ de recherche : la physiologie et la psychologie du stress (Selye, op. cit.).

Dans son usage actuel en France, ce mot est un emprunt (1950) à l'anglais qui a d'abord signifié « épreuve, affliction », puis couramment « pression, contrainte, surmenage » selon le dictionnaire historique de la langue française (2006). Il est issu par aphérèse de *distress* « affliction ». Ce dernier terme est emprunté à l'ancien français *destrece* « détresse », ou *estrece* « étroitesse, oppression ». Actuellement, il désigne comme son étymon, la réponse de l'organisme aux facteurs d'agression physiologiques et psychologiques, ainsi qu'aux émotions qui nécessitent une adaptation. Cette réponse de l'organisme s'exprime principalement par des réactions psychologiques (inquiétude, anxiété) et physiologiques (sueurs, accélération du cœur et de la respiration, etc), apparaissant lorsqu'une personne est soumise à un changement de situation.

Dans le cadre de son interaction avec l'environnement, la personne en perçoit les demandes, les traite et tente d'y réagir par le biais d'une gamme de comportements innés et acquis qui constituent son potentiel personnel de réponses. Ce *potentiel individuel* est un concept proche de celui que l'on retrouve chez Turvey et Shaw (1979) avec « l'effectivité ». Propriété de l'individu, elle change en fonction de son état. Elle peut être définie comme l'ensemble des moyens et contraintes pour l'action dont dispose un individu et conditionnent la perception des affordances d'un environnement. Le stress peut alors se définir comme une réaction psychique et physiologique résultant de la perception d'une attente de l'environnement, celle-ci demandant un effort d'adaptation par l'intermédiaire de notre potentiel personnel. Ainsi, le stress est une sensation que nous éprouvons lorsque nous sommes confrontés à une situation à laquelle nous pensons ne pas pouvoir faire face correctement. Il provoque un sentiment de malaise, déclenchant un ensemble de réactions nerveuses et hormonales. Cannon (1927, cité par Bracha, Ralston, Matsukawa, Williams & Bracha, 2004) a utilisé le terme « homéostasie » pour décrire la réaction du corps en réponse à un stimulus extérieur, afin de préparer les mécanismes nécessaires pour le maintien du milieu intérieur. Lors d'un stimulus, un changement se produit dans l'équilibre du milieu et l'ensemble de mécanismes nécessaires pour rétablir cet équilibre est représenté par

la notion de « stress ». Par exemple, l'élévation du rythme cardiaque et respiratoire (due notamment à une décharge d'adrénaline) permet de mieux oxygénier les muscles : c'est une réaction animale, de préparation à la fuite ou au combat face à un danger, qui permet une mobilisation des forces physiques et mentales. Cannon (op. cit.) a qualifié cet état de *Fight-or-Flight response*¹³. Plusieurs autres facteurs peuvent être pris en considération et en interaction, avec :

- d'un côté, les qualités *psychologiques* et *biologiques* de résistance au stress de l'individu,
- de l'autre, les caractéristiques de la *situation* stressante : intensité, dimension, durée, soudaineté, imprévisibilité, nouveauté.

4.5. Stress et environnement

Il existe relativement peu de recherches qui s'intéressent à l'effet de l'environnement urbain sur le stress du piéton qui s'y déplace. Notre environnement s'impose d'ailleurs assez rarement à notre conscience, sauf lorsqu'il est à l'origine d'un problème, d'un inconfort, ou bien à l'inverse de plaisir ou d'attention particulière (esthétique, etc.). Zimring (1981) n'a recensé que peu de travaux qui mettent en évidence l'effet du *cadre bâti* sur l'individu, notamment en termes de stress et d'orientation spatiale. Pourtant, notre capacité à trouver notre chemin peut avoir des conséquences importantes sur la gestion du quotidien (arriver en retard à un rendez-vous important, rater un avion, etc.), ainsi que sur l'estime de soi, comme le suggère Lynch (1960/1998). Se perdre en ville est une situation assez rare au quotidien pour la plupart des gens. Nous sommes aidés par la présence des autres personnes, des plans, des noms et numéros de rue, etc. Cependant :

« Lorsque l'expérience de la désorientation se présente, le sentiment d'anxiété ou même de terreur qui s'y rapporte laisse percevoir à quel point cela est relié à notre équilibre et à notre bien-être. Le sens même du mot "perdu" dans notre langue veut dire bien plus qu'une simple désorientation géographique ; il porte une connotation de désastre absolu. » (Lynch, op. cit., p. 4)

À ce sujet, Sivadon (1970, p. 416), médecin psychiatre qui a travaillé sur les espaces hospitaliers, a pris pour exemple la Maison de la Radio à Paris, qu'il décrit comme peu favorable pour l'orientation. Dans les couloirs de ce bâtiment, la construction circulaire fournit un accès visuel très limité à la destination où l'on souhaite se rendre. Il rapporte que lorsqu'il s'est égaré dans ce bâtiment, il a ressenti une très forte anxiété, liée au fait de se perdre¹⁴.

Une étude de Wener et Kaminoff (1983), portant sur les panneaux signalétiques dans l'entrée d'une prison fédérale, révèle ces liens entre le stress et la désorientation. Les expérimentateurs ont demandé aux visiteurs du lieu d'évaluer leur stress, sur des

¹³ Cette séquence *Fight-or-Flight* débute par ce que les éthologistes appellent *freeze response* ou *freezing* (immobilisation subite, littéralement « gel sur place ») en référence à l'hypervigilance d'un animal à l'affut, sur ses gardes. Cette immobilisation initiale qui consiste à « s'arrêter, écouter et regarder » est associée à la peur et permet la survie dans certaines situations. En effet, des recherches en éthologie ont montré que les proies qui restent « gelées » au cours d'une menace sont plus susceptibles d'éviter d'être détectée, car le cortex visuel et la rétine des mammifères carnivores permettent surtout une détection des objets en mouvement plutôt qu'en couleur. Après ce gel initial, la réponse suivante est une tentative de fuite. Si cette option est un échec, il y aura seulement alors une tentative de lutte ! C'est donc la séquence *Fight-or-Flight* qui correspond à l'ordre réel de ces comportements, plutôt que celle proposée par Cannon *Fight-or-Flight*. (Bracha & coll., op. cit.).

¹⁴ « I was able to recapture the anxiety of being lost. »

dimensions comme le confort, la gêne (dans les déplacements), la confusion et la colère. Une signalétique complète a été installée, puis les sujets ont été interrogés de nouveau. Les résultats montrent qu'en présence de la signalétique qui constitue une aide à l'orientation, les visiteurs rapportent significativement moins de stress sur plusieurs dimensions, avec notamment une augmentation du confort et une diminution de la gêne dans le déplacement, de la confusion et de la colère.

4.6. Une évaluation objective du stress

La relation entre les sentiments internes et les changements physiologiques produits à l'extérieur a été un domaine de recherche largement étudié. James (1992) a été un des premiers à mettre en évidence la relation entre une forte émotion et l'augmentation de la fréquence cardiaque ou du niveau de sudation.

En revanche, les recherches portant sur l'évaluation du stress lors du déplacement, en particulier chez l'individu aveugle, sont peu nombreuses à notre connaissance. Néanmoins, nous avons recensé certaines recherches portant directement sur cette situation, présentées ci-dessous. La majorité d'entre elles propose une mesure physiologique du stress qui se veut objective, en utilisant la fréquence cardiaque comme indicateur du niveau de stress du piéton aveugle. Elles ont souvent été envisagées dans une perspective différentielle entre le sujet voyant et le sujet aveugle, mais pas uniquement.

4.6.1. La fréquence cardiaque

Une première recherche est celle de Wycherley et Nicklin (1970). Ils ont mesuré la *fréquence cardiaque* de piétons aveugles et de piétons voyants, lors d'un déplacement urbain sur un trajet de 1,2 kilomètre effectué à plusieurs reprises. Ils ont mis en évidence que la fréquence cardiaque des piétons aveugles est significativement supérieure à celle des piétons voyants. Par ailleurs, leurs résultats indiquent que la fréquence cardiaque des marcheurs aveugles a diminué significativement au cours des cinq sessions successives, par apprentissage du trajet.

À la suite de cette recherche, Peake et Leonard (1971) ont mené plusieurs séries d'expériences en situation réelle de déplacements urbains sur des trajets de difficultés variables (trajet « simple », « moyen », « complexe »). Ces dernières avaient pour objectif d'identifier les facteurs à l'origine des différences de fréquence cardiaque entre les piétons voyants et aveugles. Ils n'ont pas reproduit les résultats de Wycherley et Nicklin (op. cit.) et n'ont pas observé de différence entre les sujets voyants et les sujets aveugles sur l'ensemble de leurs expériences. En revanche, ils ont montré que la fréquence cardiaque des piétons aveugles est toujours significativement plus élevée lors des trajets effectués de façon autonome par rapport à ceux accompagnés, quelles que soient la difficulté et la durée du trajet. Ainsi, ce phénomène s'observe sur un trajet « simple », comportant peu de changements de direction et de traversées de chaussées, mais aussi sur un trajet « complexe ». Peake et Leonard (op. cit.) ont constaté que la fréquence cardiaque diminue au fur et à mesure des cinq sessions uniquement lors du trajet de difficulté « moyenne ». Ils ont proposé l'hypothèse qu'aucune diminution de fréquence cardiaque n'avait lieu sur le trajet simple, cette dernière étant déjà à un niveau de *base*. Concernant le trajet « complexe », le niveau de concentration exigé par le trajet maintiendrait la fréquence cardiaque à un niveau élevé.

Zimring (1981) n'a pas reproduit ces résultats sur le même type de comparaison. Cela s'explique probablement par la relative simplicité des trajets « complexes » dans son étude,

comparée à celle de Peake et Leonard (op. cit.). Néanmoins, il est intéressant de retenir que les piétons aveugles ont exprimé une *anxiété ressentie* plus importante lors des trajets complexes dans ces deux recherches.

Enfin, Tanaka, Murakami et Shimuzi (1981 ; 1982) ont mené des travaux similaires, à Tokyo, auprès de dix sujets (cinq sujets aveugles, deux malvoyants et trois voyants), sur deux trajets, « simple » et « difficile », de 450 et 400 mètres respectivement. Ils ont confirmé les données de Peake et Leonard (op. cit.) concernant les différences observées entre les trajets accompagnés et les déplacements autonomes. Ils ont également mis en évidence que chaque groupe de sujets possède une vitesse préférentielle de marche (aveugles : 53 m/min, malvoyants : 68 m/min et voyants : 83 m/min), toutefois sans conséquence significative sur la fréquence cardiaque. Par conséquent, se déplacer seul sans vision est à l'origine d'un stress révélé par l'augmentation significative de la fréquence cardiaque. Sur le trajet « simple », l'apprentissage du parcours tend à diminuer la fréquence cardiaque lors du déplacement. Toutefois, le phénomène n'est pas rapporté pour le trajet « complexe », pour lequel la fréquence cardiaque reste élevée quelle que soit la connaissance du parcours. La tâche, simple ou complexe aurait ainsi une influence sur ce paramètre. Enfin, Tanaka et coll. (op. cit.) soulignent qu'une limite de la mesure du « stress psychologique » (*psychological stress*) grâce à la fréquence cardiaque est liée à la fluctuation de cette dernière en fonction du « stress physique » (*physical stress*). Il est donc important de contrôler ce stress physique, qui est en rapport avec certains paramètres comme la distance parcourue, l'inclinaison, la vitesse de déambulation, etc. D'autres mesures ont, par ailleurs, été développées afin étudier ces manifestations physiologiques du stress.

4.6.2. L'activité électrodermale

Il existe d'autres indicateurs physiologiques du niveau de stress pouvant être mesurés de façon ambulatoire. L'un de ces indicateurs est l'activité électrodermale, terme générique qui regroupe l'ensemble des phénomènes électriques existant au niveau de la peau. Ces phénomènes se regroupent en deux catégories de mesures : la réponse galvanique¹⁵ (résistance cutanée) et le potentiel cutané (conductance cutanée). L'enregistrement de l'activité électrodermale remonte à la fin du 19^e siècle. Elle est rapidement devenue l'un des signaux biologiques les plus largement utilisés en psychophysiologie (Boucsein, 1992). Elle possède aujourd'hui une terminologie standardisée depuis 1967, en particulier grâce à la *Society of Psychophysiological Research*.

4.6.2.1. Origines physiologiques

La réponse électrodermale (RED) est un des phénomènes électrodermaux les plus robustes. Son origine n'est pourtant pas très bien connue et expliquée (Christie, 1981). La variation de la résistance électrique cutanée est liée principalement à l'activité directe ou indirecte des glandes sudoripares ainsi qu'au débit sanguin cutané (Kunimoto, Kim, Elam & Wallin, 1991 ; Boucsein, op. cit.). Le système limbique, considéré comme base neurophysiologique des phénomènes émotionnels et partiellement des phénomènes de motivation, est décrit comme un acteur influençant les zones hypothalamiques sudoripares et donc aussi la résistance cutanée. Même si les causes du phénomène ne sont pas parfaitement connues et qu'aucune explication convaincante pour les variations de la résistance cutanée n'ait été proposée, il est reconnu que :

¹⁵ Ce nom provient du nom du physicien italien Luigi Galvani, qui a étudié l'action des courants électriques continus sur les organismes vivants, qu'il nomme « l'électricité animale ».

- la variation de la résistance cutanée nécessite la présence de glandes sudoripares actives, lesquelles sont contrôlées par le système nerveux autonome,
- l'interruption de celui-ci abolit la variation de la résistance cutanée,
- l'abrasion de la peau jusqu'au *stratum granulosum*¹⁶ abolit la variation de la résistance cutanée,
- la sécrétion visible de sueur n'est pas une condition nécessaire à la variation de la résistance cutanée.

La réponse électrodermale est un paramètre complexe qui est soumis à l'influence de la température, de l'âge du sujet, de l'épaisseur du *stratum corneum*¹⁷, etc. Enfin, il a été mis en évidence dès la fin du 19^e siècle (Féré, 1888 ; Tarchanoff, 1889) qu'elle varie également lorsque le sujet est stimulé par une activité mentale, motrice, émotionnelle ou par des informations d'origine sensorielle (vision, ouïe, odeur, douleur, etc.).

4.6.2.2. Un indice du niveau de la vigilance

La réponse électrodermale est habituellement décomposée en deux parties :

- Les « réponses phasiques » caractérisées par une réaction à un stimulus précis. Si le stimulus à l'origine de la réponse phasique est contrôlé et connu, elle est appelée réponse orientée. Dans le cas contraire, elle est appelée réponse non-orientée.
- Le « niveau tonique » correspondant au niveau basal ou tendance à long terme.

Le niveau tonique et les réponses phasiques de l'activité électrodermale sont des indices utilisés pour la quantification des niveaux de vigilance. Par exemple, Dittmar et coll. (1997) ont montré qu'une diminution du niveau de vigilance se traduit par une augmentation progressive du niveau tonique de la RED accompagnée d'une absence de réponses phasiques. En revanche, un *état de vigilance* élevé se manifeste par la présence d'une forte *activité phasique* et par la diminution du niveau tonique. Pour Christie (op. cit.), les variations du niveau tonique sont beaucoup plus lentes que celles du niveau phasique et son intensité est directement liée au niveau de vigilance du sujet. Enfin, Dementienko, Markov, Koreneva et Shakhnarovich (2001) ont montré que lors de l'endormissement d'un sujet, la fréquence de réponses phasiques de la résistance cutanée diminue considérablement.

Diverses études sont basées sur le niveau tonique de la résistance cutanée pour la quantification du niveau de vigilance sur des conducteurs en voiture. Giusti, Zocchi et Rovetta (2009) ont observé que le niveau tonique le plus bas correspond aux parties du circuit où il y a le plus d'évènements routiers (courbes, augmentation de vitesse, etc.). Ils affirment que le conducteur est donc plus vigilant dans ces conditions difficiles et plus exigeantes au niveau de la conduite.

Tous les auteurs se rejoignent sur le fait que les niveaux de vigilance des sujets jouent un rôle important dans la modulation de la RED : un niveau tonique élevé traduit un faible niveau de vigilance ou un endormissement du sujet. Malheureusement, un inconvénient majeur réside dans le fait qu'il n'existe aucune échelle absolue qui puisse quantifier ces niveaux entre les sujets, à cause de l'importante variabilité interindividuelle. C'est en partie pour cette raison que nous retenons plutôt l'analyse des *réponses phasiques* dans notre recherche.

¹⁷ Le *Stratum corneum* (couche cornée) est la couche la plus superficielle de l'épiderme et constitue la surface de la peau.

4.6.2.3. Un indice de facteurs psychologiques : personnalité, stress et émotions

Différents facteurs psychologiques peuvent influencer la mesure de la RED. Elle est d'ailleurs encore très souvent associée au fameux test du « détecteur de mensonges », ou polygraphe. Par conséquent, des applications diverses comme la reconnaissance des émotions ou la détection des situations de stress peuvent être envisagées à partir de ces mesures. Cet intérêt se retrouve dans la littérature et dans le septième art avec, par exemple, l'appareil « Voigt-Kampff »¹⁸ utilisé à cette fin dans la nouvelle *Les androïdes rêvent-ils de moutons électriques ?* de Philip K. Dick (1979), puis dans l'adaptation réalisée par Ridley Scott en 1982, *Blade Runner*.

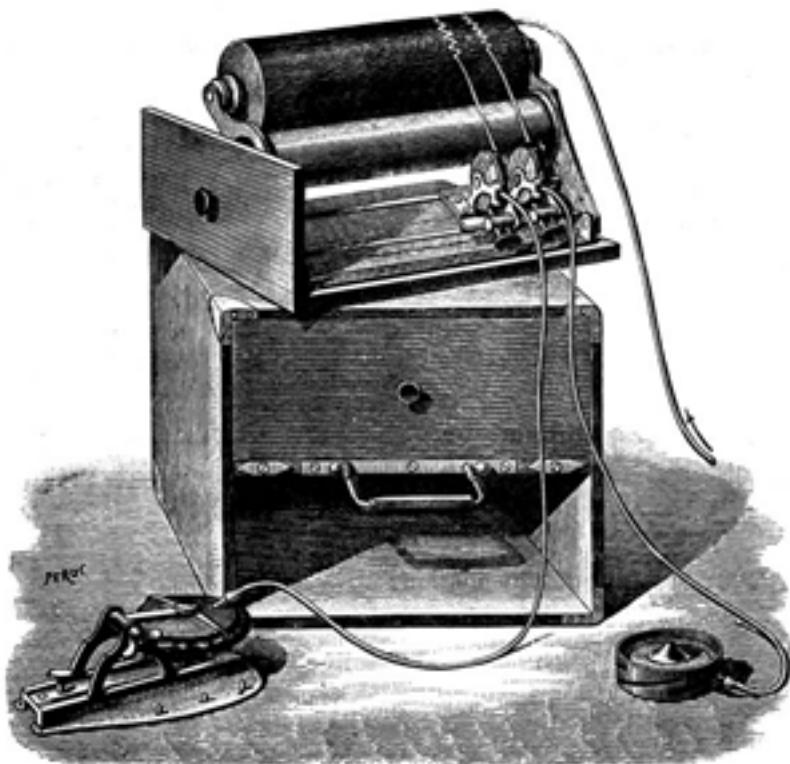


Figure 12 : Gravure d'un polygraphe portatif de Marey (détecteur de mensonges)

Source : Verdin (1882)

Dans le cadre de l'étude de la personnalité, Learmonth, Ackerly et Kaplan (1959) ont montré que l'intensité des fluctuations de potentiel cutané en réponse à un stress peut varier en fonction de certaines caractéristiques de la personnalité, comme l'introversion, évaluées à l'aide du *Minesota Multiphasic Personality Inventory* (MMPI) et du *Psychodiagnostik* de Rorschach.

L'anxiété « trait » a, elle aussi, fait l'objet de plusieurs études. Hofmann et Kim (2006) ont montré que lors d'un discours en public, ce trait de personnalité est clairement révélé par

¹⁸ Le « Voight-Kampff » est un polygraphe fictif utilisé pour évaluer la réponse émotionnelle d'un individu afin de savoir s'il s'agit ou non d'un « replicant » (robot androïde possédant des fonctions biologiques identiques à celles des humains). L'appareil mesure des fonctions physiologiques comme la respiration, l'afflux de sang dans le derme, le rythme cardiaque, l'activité électrodermale, les mouvements oculaires et la dilatation des pupilles en réponse à des questions censées provoquer des émotions, propres aux humains.

la chute du niveau tonique de la résistance cutanée plutôt que par une augmentation de la fréquence cardiaque. L'activité électrodermale semble donc être un bien meilleur indicateur du trait de personnalité *anxiété*.

Par ailleurs, le niveau tonique peut être révélateur de différents troubles comportementaux. Les individus atteints d'attaques de panique présentent notamment une relaxation très faible du niveau tonique par rapport à des sujets ne présentant pas ce type de troubles (Roth, Wilhelm & Trabert, 1998).

Enfin, Zhai, Barreto, Chin et Li (2005) ont développé une méthodologie spécifique afin de détecter une situation de stress de façon automatique avec différents types de mesures physiologiques. Il s'agit de la pression artérielle, la RED, du diamètre de la pupille ainsi que de la température cutanée. Afin de simuler une situation de stress chez les sujets de leur recherche, ils ont utilisé un Test de *Stroop* classique.

Une des principales questions dans le domaine de la reconnaissance des émotions est l'identification de la réaction physiologique produite par une émotion particulière. Plusieurs travaux (Collet, Vernet-Maury, Delhomme & Dittmar, 1997 ; Picard, Vyzas & Healey, 2001) ont ainsi démontré qu'il est possible de différencier les émotions de base (joie, colère, tristesse, surprise, dégoût et peur) par les mesures physiologiques, notamment de la RED, qui peut fournir une mesure indirecte de l'intensité émotionnelle.

4.6.2.4. Un indice de charge mentale

Les effets observés de l'imagerie mentale sur la RED suggèrent que cette mesure peut être un indicateur de la charge mentale. L'imagerie mentale est une technique d'entraînement courante chez les sportifs de haut niveau. Cette technique consiste à imaginer mentalement les différentes séquences visuelles qui composent une action fondamentale de la discipline de l'athlète en question. Cette visualisation interne se fait en situation de repos musculaire total. Cependant, Roure, Collet, Deschaumes-Molinaro, Delhomme, Dittmar et Vernet-Maury (1999) ont remarqué, grâce à une expérience effectuée sur des joueurs de volleyball, que l'activité électrodermale était la même aussi bien lors de la réception d'un service que lors de la visualisation mentale de celle-ci. Ces résultats sont tout à fait intéressants, notamment lorsqu'ils sont envisagés dans une perspective de « cognition située »¹⁹. En effet, ils permettent d'imaginer qu'un déplacement vécu comme stressant, influencera non seulement le choix ultérieur d'un parcours, mais peut-être aussi la représentation mentale d'un trajet incluant ce déplacement.

4.7. Conclusion

Comme l'ont souligné Thinus-Blanc et Gaunet (1997), la vision est le sens spatial par *excellence* ; elle joue un rôle essentiel dans l'acquisition de la connaissance et de la maîtrise de notre environnement. Par conséquent, l'absence de vision a des incidences au niveau locomoteur. La cécité influe sur les caractéristiques cinétiques de la marche, mais aussi sur la charge cognitive que nécessite le déplacement dans ces conditions. L'absence de « pré-vision » et les difficultés d'anticipation qui en découlent semblent être une explication. Par ailleurs, le déplacement piéton se déroule dans un environnement qui peut se montrer exigeant, en fonction des affordances qu'il propose au marcheur aveugle. L'interaction entre le piéton aveugle et l'environnement urbain est, par conséquent, une tâche complexe,

¹⁹ Nous développons plus en détails cette notion au paragraphe 3.3 de la discussion.

source d'un stress qui a pu être évalué dans plusieurs recherches, en particulier grâce à des mesures physiologiques précises (fréquence cardiaque, RED).

Nous proposons maintenant d'aborder la question de la construction de la représentation de l'espace chez la personne aveugle.

5. Représentation de l'espace et cécité

« Au début, quand je connaissais à peine le trajet je me faisais toujours piéger ; je déviais à droite toujours à bonne distance du mur et je me retrouvais face au recoin : bonjour l'angoisse, cette masse qui me saute au visage, à peine le temps de s'arrêter et la canne qui butte. Merde, qu'est-ce que j'ai fait ? Dans quoi je me suis embringué ? Maintenant, cela ne m'arrive plus, je garde ma trajectoire même quand il n'y a pas de voiture. Je vois d'ici les réflexions de mon prof de loco. Un sadique se type, il m'aurait fait recommencer dix fois dans des endroits pires. Je rêve, attention, j'arrive bientôt au coin de la rue où je dois tourner. Une voiture passe transversalement, j'y suis presque. Un pan coupé, je connais. Je vais faire mon numéro à l'anglaise, style armée des Indes. Je sens le premier creux, je garde bien ma ligne droite ; le deuxième creux, le vide de la rue qui s'allonge à ma droite. Un pas et je pivote sur le talon, 1/4 de tour à droite. Gare à la canne. Je vérifie ma distance au mur — sans y toucher. C'est une rue plus étroite qui donne une sensation de couloir. Le trottoir est moins large aussi, les voitures passent plus près, un sens unique. Le mur est différent, plus feutré ; demain j'irai toucher tout ça, plus tôt, je serai sûr d'être seul. Attention, le passage se rétrécit, je suis comme coincé dans une boîte, c'est la station d'autobus. La boulangerie est juste après. Une boutique en retrait, facile à repérer. Je sens bien le décrochement du mur. Trois pas et un petit coup de canne : c'est une porte en verre ou en plexiglas, je ne sais pas faire la différence, mais cela sonne creux. Quelques secondes encore et je prendrai dans la main gauche les croissants tout chauds, un peu gras... » Hugues (1989, p. 18).

5.1. De l'espace d'action à celui de représentation

L'expérience de l'espace est fondamentalement égocentrique : un objet, une scène sont perçus par un sujet singulier qui se trouve à un certain endroit de l'environnement, regardant dans une certaine direction. Le référentiel (système d'éléments stables permettant de repérer d'autres éléments variables) est donc également égocentrique. Centrées sur le corps, les distances sont évaluées en fonction du « point de vue » du sujet (dépendant de sa position et de son orientation).

Piaget et Inhelder (1948/1981) ont introduit la distinction entre « l'espace d'action » et « l'espace de représentation ». Le premier peut se définir comme celui dans lequel le sujet situe les objets qu'il voit et dans lequel s'inscrivent ses actions et ses déplacements. « L'espace d'action » se construit au travers des expériences que le jeune enfant a avec son environnement proche et lointain. Ces expériences soutiennent le processus de décentration et lui permettent de tenir compte progressivement des relations spatiales, du

déplacement des objets les uns par rapport aux autres et de son propre déplacement. Elles favorisent notamment le passage d'un référentiel strictement *égocentrique* (autozentré) à l'utilisation de référentiels dits *allocentriques* (découlant d'objets externes présents dans l'environnement).

Le passage de « l'espace d'action » à « l'espace de représentation », vers 18-24 mois, permet le dépassement de l'espace sensori-moteur. La construction de l'espace de représentation (qui s'extrait du *percept*) soutient, dès lors, les mécanismes d'intériorisation et de représentation : le jeune enfant peut se représenter les objets en l'absence de tout contact perceptif, mais aussi les relations spatiales entre les objets et les déplacements de son corps propre.

5.2. La représentation de l'espace

Étymologiquement, le terme représentation vient du latin *repraesentare*, qui signifie « rendre présent ». La représentation d'un espace permettrait de le rendre présent, sans que nous l'ayons sous les yeux. Selon Denis (1994), l'activité de représentation se caractérise par le fait qu'un objet ou un ensemble d'objets se trouve traduit, figuré sous la forme d'un nouvel ensemble d'éléments. Denis (op. cit.) définit, à ce propos, les représentations mentales comme les correspondants cognitifs des réalités externes expérimentées par le sujet. Il propose la notion de « correspondance systématique » entre les ensembles de départ et d'arrivée qui se traduit particulièrement par un certain degré de « conservation » des relations entre les éléments faisant l'objet de la représentation. Il croise cette notion à celle de « transformation » : la nature des produits est qualitativement distincte de celle des objets de départ, ce qui se traduit par une *perte d'informations* du contenu originel. Dans ce référentiel, la représentation peut être définie comme un processus lié au traitement et à l'appropriation de l'information, tant celle que l'individu extrait de son environnement que celle qu'il extrait de son propre comportement (Denis, op. cit.). Selon Vergnaud (1985), la fonction principale de la représentation est justement de *conceptualiser* le réel pour *agir* efficacement.

« *L'interaction du sujet avec le réel est essentielle puisque c'est dans cette interaction que le sujet forme et éprouve des représentations et conceptions, en même temps que celles-ci sont responsables de la manière dont il agit et dont il règle son action.* » (Vergnaud, 1985, p. 246)

Weisman (1981) précise différents niveaux stratégiques pour trouver son chemin. Au niveau le plus simple, nous voyons notre destination et les mécanismes pour s'y rendre restent relativement simples. À un niveau plus complexe, le piéton devra suivre une route, séquentielle, pour arriver à sa destination. C'est une stratégie efficace, mais qui manque de flexibilité, puisque le piéton connaît une route en particulier, mais n'a pas de connaissance *holistique* de son environnement. Dans ce cas, il ne sera, par exemple, pas capable de détecter un raccourci dans son trajet. Enfin, le dernier niveau consiste en l'utilisation d'une carte mentale du lieu de déambulation, qui offre la possibilité de découvrir des raccourcis ou de dévier de sa route sans risque de perdre son chemin.

Pour Passini (1988), se déplacer équivaut à une situation de résolution de problèmes qu'il nomme « recherche de trajets » (*wayfinding process*). Ainsi, lors de l'exploration d'un nouvel environnement, une personne commence par « balayer » (*scan*) ce dernier pour localiser les lieux et objets importants afin d'établir une connaissance des points de repère. Elle structure, par la suite, ses connaissances afin de créer des relations entre les différents objets composant cet environnement pour pouvoir se déplacer et

atteindre sa destination le cas échéant. Cela lui permet de construire une connaissance des « routes » ou « itinéraires ». D'autres informations spatiales viennent, enfin, se greffer à ces connaissances précédentes, permettant à cette personne de disposer d'une vue d'ensemble de l'environnement, d'en connaître la « configuration ». Ces trois niveaux de connaissances, initialement mis en évidence par Siegel et White (1975), sont nécessaires à la formation d'une carte mentale de cet environnement, garantissant un déplacement aisé et l'atteinte rapide des destinations souhaitées.

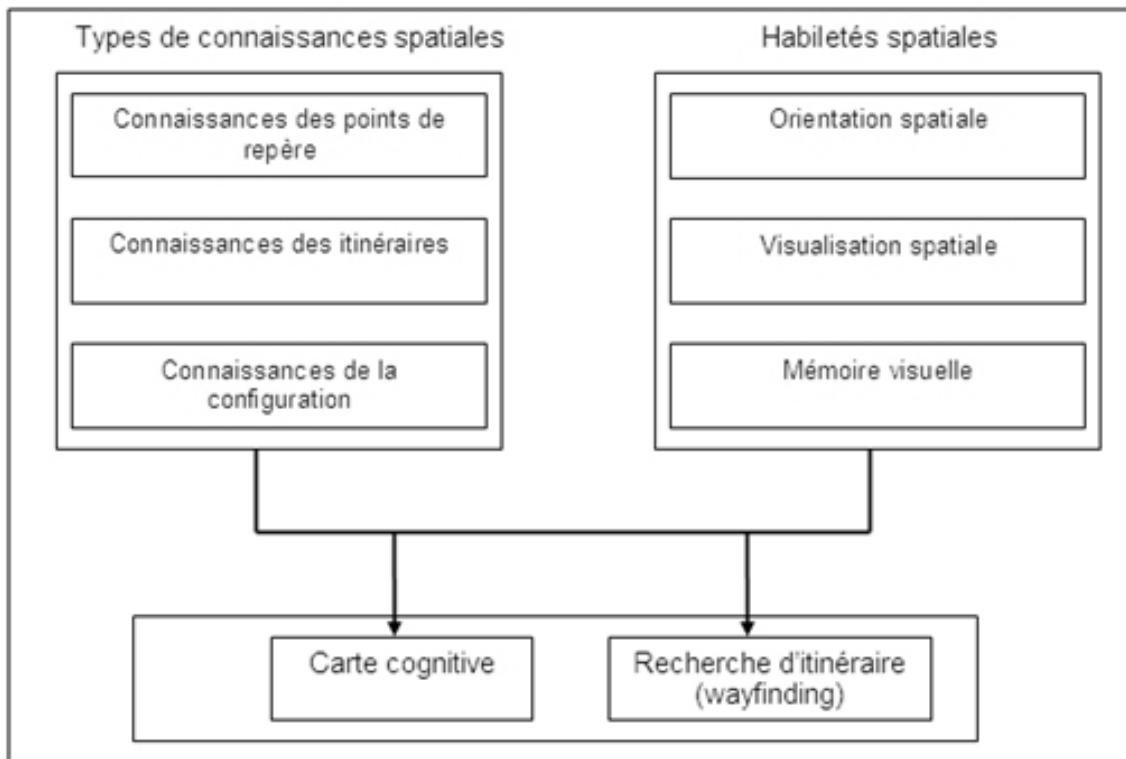


Figure 13 : Types de connaissances et habiletés spatiales

Source : Mohamed-Ahmed (2005, p. 39).

5.2.1. Les points de repères

Chez l'individu, les scènes sont essentiellement visuelles et correspondent au point de vue du sujet sur l'environnement à un instant donné. Cependant, dans certaines situations, comme chez la personne aveugle, elles seront essentiellement auditives, tactiles ou bien olfactives. Les scènes peuvent être catégorisées en différents types (Tversky & Hemenway, 1983) :

- les scènes d'intérieur (hall d'aéroport, arrêt de métro, etc.),
- les scènes d'extérieur (rue, arrêt de tramway, etc.).

L'élément le plus important d'une scène, qui fait que celle-ci est facilement mémorisée, est probablement la présence de repères pouvant être utilisés pour la localisation d'un endroit ou pour la navigation (Golledge, 1999). Au sens mathématique, un repère consiste en un système de coordonnées permettant de localiser précisément un point, ou un ensemble de points, d'orienter une droite, et d'une façon plus générale, d'organiser l'espace. Dans le cadre de la navigation, un repère peut être défini comme un objet ou une entité signifiant

pour l'observateur un rapport particulier à l'environnement. Comment alors un élément accède-t-il au statut de repère ?

Tout objet fournissant des informations de direction peut devenir un point de repère important. Il est à noter que ce type de connaissance peut s'acquérir directement en observant les points importants composant un environnement, mais aussi indirectement par le biais d'une représentation symbolique comme une photographie, un plan, ou un environnement virtuel (Golledge, 1999).

La sélection d'un repère peut tout d'abord s'effectuer en fonction de l'objet. Un repère est caractérisé par sa *visibilité*, sa *particularité* de forme ou de structure (Appleyard, 1970). Selon Golledge (1999), il s'agit d'un objet de l'environnement capable d'attirer l'attention et qui est facilement reconnu par la plupart des individus. Un objet accède donc au statut de repère lorsqu'il se démarque de l'environnement dans lequel il se trouve.

La sélection d'un repère peut ensuite s'effectuer en fonction du sujet. Lynch (1960/1998) a mis en évidence la valeur socioculturelle d'un repère. Il a montré également l'association d'un repère à l'histoire individuelle du sujet, comme c'est le cas dans l'exemple suivant, issu d'un entretien avec une personne aveugle (op. cit.).

« Lorsque je faisais ma rééducation, à Nîmes, mon instructrice en locomotion me fixait des rendez-vous en ville. Je quittais donc régulièrement l'établissement, et je traversais toujours le même quartier résidentiel. Au moment de bifurquer à droite, j'ai remarqué à plusieurs reprises que dans l'une des villas, un chien se jetait contre la grille en aboyant à chacun de mes passages. Ce chien est devenu un point de repère dans mes déplacements, m'indiquant que c'était bien la rue où tourner à droite... jusqu'au jour où il n'a pas aboyé ! Ce jour-là, j'ai continué tout droit... et j'ai bien failli me perdre ! » (Georges, entretien personnel, 12 novembre 2009)

Enfin la sélection d'un repère peut s'effectuer en fonction de l'aide à la navigation qu'il constitue. Certains repères ont une fonction localisatrice : se situer à proximité du repère signifie alors pour la personne être à *tel endroit*. En naviguant à plusieurs reprises dans un lieu, un individu va enrichir la connaissance des points de repère, l'aidant à se situer, à se localiser plus facilement. Le repère est ici utilisé comme une *ancre*, permettant à la personne de rattacher le lieu qu'elle parcourt à des points particuliers. Allen (1999) emploie justement le terme « d'ancre » pour qualifier les points de repère, ces derniers permettant d'organiser spatialement l'environnement. Les repères favorisant la localisation sont souvent très perceptibles dans l'environnement.

Certains repères peuvent avoir une fonction directionnelle. À un repère est alors associée une direction particulière, donc une décision de mouvement. Golledge (1999) a rappelé, à ce propos, le caractère stratégique des repères comme étayant la prise de décision spatiale.

5.2.2. Les itinéraires

Golledge (op. cit.) définit les *itinéraires* comme une séquence de scènes et d'actions effectuée lors de la navigation. Cette séquence constitue une route, reposant sur l'association à chaque scène d'une action particulière permettant d'atteindre une nouvelle scène, elle-même associée à une nouvelle action, ce que nous représentons par le schéma ci-dessous :

Scène → Action → Nouvelle scène

Chaque scène offre des possibilités d'action lors de déplacements pour atteindre une destination donnée. Elle inclut différentes séquences : point de départ, points d'arrêt éventuels intermédiaires et destination finale (Allen, 1999). Pour Rieser et coll. (1990, cités par Hatwell, 2003), c'est la corrélation apprise entre les actions locomotrices et les changements progressifs des relations de distance et de direction entre les objets et soi-même qui permet de *naviguer*, c'est-à-dire de trouver son chemin dans l'espace. La formation de cette corrélation, assez aisée lorsque l'on dispose du flux visuel continu, est, en revanche, beaucoup plus difficile en l'absence de vision (Foulke, 1982).

5.2.3. La configuration

La connaissance de la configuration définit la position des objets dans l'espace et la distance entre les objets composant cet espace. Elle permet une vue d'ensemble de l'environnement (analogie au fait de surplomber un lieu d'une vue panoramique ou d'une vue d'avion). Elle se réfère strictement au cadre de référence **excentrique**, contrairement aux connaissances des points de repère et des itinéraires, lesquelles peuvent s'acquérir à la fois de manière égocentrique et excentrique. L'acquisition de ce genre de connaissance se fait soit par *l'exploration répétée* de l'environnement en utilisant plusieurs itinéraires ou encore par l'étude de cartes ou autres supports (Passini, 1984).

5.3. Représentation de la ville : les cartes mentales

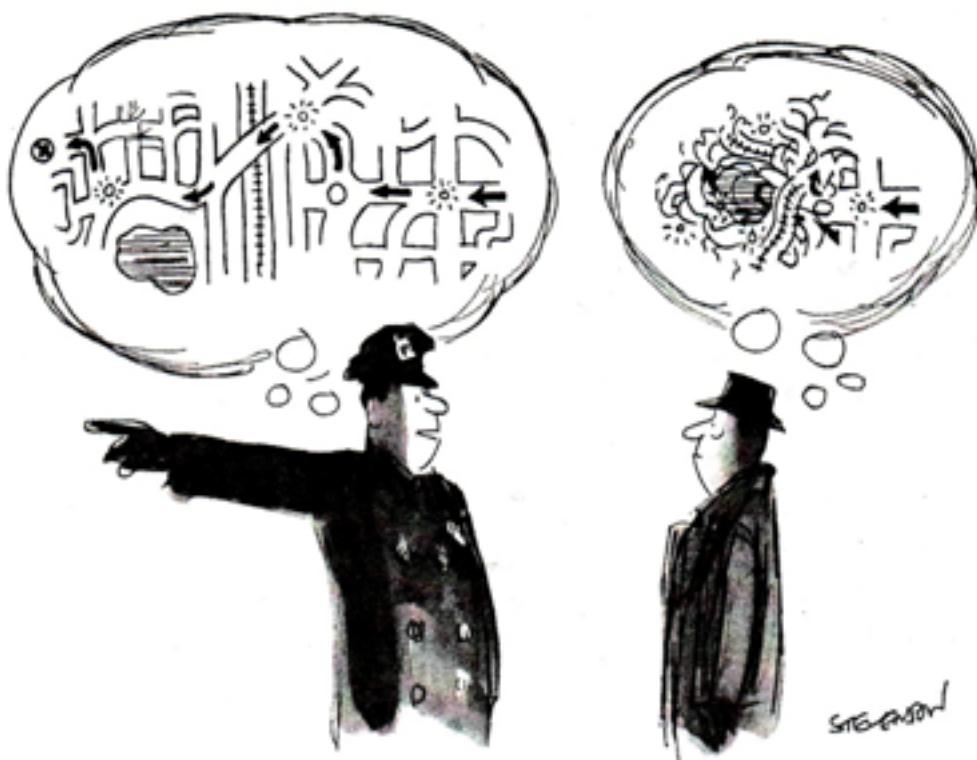


Figure 14 : Illustration humoristique de la représentation mentale d'un trajet

Source : Dessin de Stevenson (1976). © The New Yorker Magazine Inc.

Quand une personne découvre un nouveau site, elle établit inconsciemment une *carte mentale* (ou *carte cognitive*) de celui-ci. Rieser et coll. (1980) soulignent l'importance de la formation de cartes cognitives de l'environnement dans la construction et la représentation de l'espace urbain. Ces dernières participent au processus de prise d'informations sur l'environnement ambiant, pouvant ainsi servir de prédicteur du comportement spatial.

Pour Kosslyn (1980), la carte cognitive peut être considérée comme « une carte dans la tête », c'est-à-dire comme une vue au-dessus de l'environnement à la manière d'une image. La représentation de type carte cognitive est donc détachée de l'aspect séquentiel de l'expérience qui a permis sa construction. Lynch (1960/1998), dans un travail qui fait référence dans ce domaine, a utilisé différentes méthodes pour accéder à la représentation mentale que les personnes construisaient de *Jersey City*, *Boston* et *Los Angeles*. Il demandait notamment aux sujets de dessiner des plans de leurs trajets urbains, de décrire verbalement les routes qu'ils empruntaient, ou de nommer les points remarquables de leur ville. Il a alors proposé une classification en cinq points des éléments fondamentaux utilisés lorsqu'une personne cherche à construire une représentation mentale de son environnement urbain :

- les voies : ce sont les rues, les allées piétonnes, etc. ;
- les limites : ce sont les éléments linéaires que l'individu ne considère pas comme des voies. Il s'agit de frontières entre deux espaces. Elles peuvent être perçues comme des barrières plus ou moins aisées à franchir ;
- les quartiers : ce sont des parties de la ville identifiées comme un tout qui se distingue du reste de la ville par une caractéristique générale ;
- les nœuds : ce sont des points stratégiques de jonction et de concentration : les places, les croisements de rues, les gares, etc. ;
- les points de repère : ce sont d'autres types de références ponctuelles : immeubles, commerces, enseignes, etc. Leurs caractéristiques physiques ou symboliques leur confèrent une particularité qui les rend facilement identifiables.

Lorsqu'une personne cherche à savoir où elle se situe et dans quelle direction elle doit s'engager, elle doit ainsi détecter des points de repère qui caractérisent le lieu où elle se trouve et qui la renseignent sur sa position. Elle doit, par ailleurs, situer ces points saillants par rapport à un espace plus global (rues adjacentes, quartier, etc.). Cette première phase de recherche d'informations sur son environnement lui permet de construire une représentation mentale du lieu où elle se situe afin d'adopter la décision d'avancer dans telle ou telle direction.

Selon Beck et Wood (1976), les principales erreurs commises dans les cartes mentales se retrouvent principalement au niveau des *angles*, à l'exception de ceux à 45° et 90°, que l'on retrouve le plus couramment représentés dans ce type de tâche. Byrne (1979) a montré plus particulièrement que les angles de 60-70 °, ainsi que ceux de 110-120 ° sont presque toujours *arrondis* à une valeur de 90°. Dans une autre recherche, réalisée auprès de personnes atteintes de cécité, Byrne et Salter (1983) ont confirmé que la représentation des angles pose plus particulièrement problème dans cette population.

Il est intéressant de mettre ces résultats en perspective avec ceux de Gentaz (2000) portant sur « l'effet de l'oblique ». Cet effet témoigne d'une perception systématiquement plus précise des stimuli dont les orientations sont verticales ou horizontales, par rapport à

ceux dont l'orientation est *oblique*. Pour Gentaz (op. cit.) cet effet serait dû à un codage des orientations dans un cadre de référence géocentré, pour les processus de haut niveau, tels que le *traitement des orientations* qui nous intéresse ici. Gentaz (op. cit.) souligne également que les travaux qui étudient l'effet de l'*oblique* dans les systèmes perceptifs tactiles permettent de comprendre un effet existant de manière générale dans le système perceptif.

5.4. Spécificité de la représentation de l'espace chez l'aveugle

5.4.1. Les cartes mentales en l'absence de vision

5.4.1.1. L'espace de préhension

L'étude de Lederman et coll. (1985), s'appuyant sur des tâches dites « d'inférence de distance », a mis en évidence chez la personne aveugle, des particularités dans la représentation des conséquences spatiales de ses propres mouvements. Rappelons qu'inférer une distance signifie en donner une *estimation* non par perception directe, mais en tirant des conséquences d'autres données perçues. Lederman et coll. (op. cit.) ont proposé à trois groupes de sujets (voyants avec occlusion de la vue, aveugles précoces, aveugles tardifs) d'estimer le plus court chemin entre deux points, si, partant de l'un d'entre eux, leur index arrive au second point après avoir suivi des détours. Les auteurs ont testé plusieurs distances (de 2,5 cm à 15,2 cm) en proposant pour chacune d'elles des détours sinuieux 2, 4, 6 et 8 fois plus longs que la distance en ligne droite.

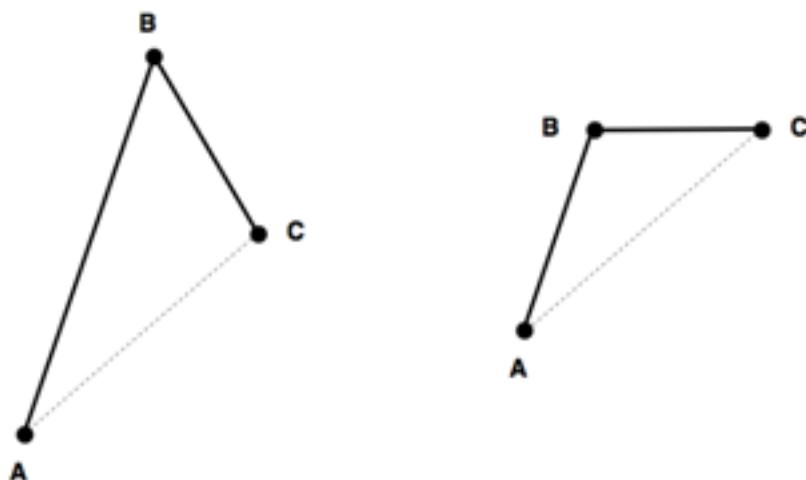


Figure 15 : Exemples de deux parcours (AB+BC) de longueurs différentes : la distance AC reste identique

Après avoir effectué l'un de ces trajets, par parcours tactile avec l'index, le sujet doit inférer la distance euclidienne entre A et C (Adapté d'après Lederman et coll., 1985)

Les sujets ont été répartis dans deux conditions d'exploration : avec un « point d'ancre » (le sujet garde un doigt sur le point de départ « A » tout au long de l'exploration, mode de réponse statique) et sans « ancre » (la main qui n'explore pas n'est pas utilisée). Les résultats de cette étude ont révélé une *surestimation* des distances euclidiennes qui augmente à mesure que la longueur des détours s'accroît ; cet « effet du détour » apparaît

quels que soient le statut visuel, la condition d'exploration et le mode de réponse. Mais l'amplitude de cet effet est nettement plus importante chez les aveugles précoces que chez les aveugles tardifs et chez les voyants travaillant sans voir. Selon Lederman et coll. (1985, 1987), en modalité haptique, les sujets aveugles précoces utilisent préférentiellement l'étendue du chemin pour inférer la distance euclidienne.

En s'appuyant toujours sur des tâches dites « d'inférence de distance », Lederman et coll. (1987) ont étudié deux types d'espace : l'espace de *préhension* (*manipulatory space*) et l'espace de *locomotion* (*ambulatory space*). Dans l'espace de *préhension*, en plus de la longueur du trajet, les auteurs ont fait varier la vitesse du mouvement d'exploration. Globalement, les données obtenues suggèrent que les effets de la « longueur » du trajet et de la « durée » d'exploration sont plus importants quand l'exploration s'étend dans le temps et l'espace et aboutissent à une surestimation de la distance.

Toutefois, ces résultats n'ont pas été répliqués par Gentaz et Gaunet (2006), qui ont montré que le codage est plutôt fondé sur le *mouvement* pour inférer la position du point de départ. Dans une recherche plus récente (Faineteau, Palluel-Germain & Gentaz, 2008), il a été démontré que l'effet de détour est expliqué plutôt par la présence et le *nombre* de points d'inflexion le long du trajet curviligne que par l'augmentation de sa longueur. Ainsi, dans leur recherche, l'effet de détour n'est pas significatif en l'absence de point d'inflexion.

Gaunet et Thinus-Blanc (1996) ont étudié la représentation de l'espace chez les personnes aveugles, en menant une série de deux expériences. Elles ont demandé à des sujets aveugles de naissance, des sujets aveugles tardifs et des voyants avec occlusion de la vue, d'explorer un espace expérimental à l'intérieur duquel étaient disposés des objets différents et tactilement identifiables, selon deux conditions : l'expérience 1 s'est déroulée dans un espace de *locomotion* (une pièce de 5,5 m x 4,5 m) et l'expérience 2 s'est déroulée dans un espace de *préhension*.

Concernant l'exploration de l'espace de *préhension* (expérience 2), il était demandé de détecter des changements dans la disposition de cinq objets positionnés sur une table de 1 mètre de côté. La détection des changements dans l'arrangement d'objets s'est faite selon trois conditions :

- la position du sujet est identique à celle de la phase d'exploration,
- le sujet détecte les changements après s'être déplacé à l'opposé du point d'exploration initiale,
- le sujet détecte les changements après que la table ait été tournée d'un demi-tour.

Les résultats font état de meilleures performances dans la détection des changements de la configuration spatiale chez les aveugles *tardifs* que chez les aveugles *précoces*. Leur conclusion illustre le fait que l'expérience visuelle précoce facilite l'organisation cohérente des relations spatiales qui unissent les objets de la configuration. Il est également intéressant de noter que les chercheurs ont obtenu des résultats similaires dans la situation de *locomotion* (expérience 1), que nous présentons maintenant.

5.4.1.2. L'espace de locomotion

Dans l'expérience 1, Gaunet et Thinus-Blanc (op. cit.) ont proposé à des sujets aveugles d'explorer un espace expérimental de 5,5 m x 4,5 m à l'intérieur duquel étaient disposés quatre objets différents fixés sur des supports à un mètre de haut. Après avoir opéré un changement (déplacement d'un objet, interversion, etc.), le participant devait explorer à nouveau l'environnement de manière à détecter et identifier la nature du changement

(phase test). Chaque participant était soumis à trois sessions (dans lesquelles alternaient phase d'exploration initiale et phase de test). Gaunet et Thinus-Blanc (op. cit.) ont évalué les performances en termes de nombre de bonnes réponses et de régularités comportementales de type :

- « cycles » : patrons d'exploration consistant à visiter successivement les quatre objets (le premier visité étant également le dernier visité),
- « allers-retours » : patrons d'exploration consistant à réaliser des trajets répétés entre deux mêmes points.

Cette expérience a mis à nouveau en évidence de meilleures performances dans le traitement des informations spatiales chez les sujets aveugles tardifs, en comparaison aux sujets aveugles de naissance, ces derniers faisant davantage d'erreurs de détection de changement. Gaunet et Thinus-Blanc (op. cit.) ont, par ailleurs, mis en évidence que les aveugles de naissance mettaient en jeu davantage de « cycles » et moins « d'allers-retours ». Elles ont proposé que les « cycles » reflétaient un codage de l'information sous forme de séquences de mouvement ou « route » alors que les « allers-retours » reflétaient une recherche d'informations métriques précises. Elles ont conclu que les aveugles de naissance, se basant préférentiellement sur le mouvement, utilisaient de manière prédominante les « cycles », alors que les aveugles tardifs, ayant accès à une représentation d'ensemble de l'espace, cherchaient à améliorer la précision des relations spatiales. Les deux étapes de cette étude montrent que l'absence d'expérience visuelle affecte la détection et l'identification d'un changement spatial apporté à une configuration d'objets.

Pour Lederman et coll. (1987), en locomotion, l'encodage n'est pas basé sur la durée de l'exploration, mais plutôt sur la *distance* parcourue, estimée par exemple grâce au nombre de pas (*footstep metric*). Néanmoins, selon les auteurs, cette technique d'encodage, adaptée dans un environnement de petite taille (largeur d'une pièce par exemple), trouve ses limites dans les espaces plus vastes comme peut l'être l'environnement urbain que nous étudions dans cette recherche.

C'est justement une configuration spatiale plus vaste, à l'échelle du bâtiment, qui a été l'objet de l'étude de Rieser et coll. (1980). Ils ont demandé à des aveugles précoces, des aveugles tardifs et des voyants d'estimer la distance entre certains objets ou équipements (meubles, portes, couloirs, etc.), dans un bâtiment qu'ils connaissent bien puisqu'ils y résident depuis longtemps (une institution pour aveugles). Les participants devaient indiquer, parmi trois lieux proposés, les deux qui étaient les plus près l'un de l'autre et les deux qui étaient les plus éloignés. Comme ces lieux étaient parfois séparés par des murs ou des étages, deux réponses étaient demandées : une évaluation des distances en ligne droite (à *vol d'oiseau*) et une autre en termes de locomotion. Aucune différence n'apparaît entre les groupes dans l'évaluation locomotrice. En revanche, dans celle à *vol d'oiseau*, les aveugles précoces ont des performances inférieures à celles des voyants, les aveugles tardifs se situant à un niveau intermédiaire. Cette étude laisse apparaître que les aveugles précoces ont plutôt une connaissance des *routes* et non une carte *mentale* des lieux qui leur sont pourtant familiers.

Nous retrouvons des observations similaires dans le modèle proposé par Foulke (1982), qui analyse les étapes par lesquelles le piéton aveugle passe pour se déplacer vers un but. Ce dernier doit, tout d'abord, disposer d'une certaine information spatiale préalable (localisation spatiale du but et de sa propre position de départ). Il doit, ensuite, faire appel à des représentations spatiales en mémoire acquises au cours de déplacements antérieurs et

doit saisir en temps réel des informations perceptives actuelles dont il testera l'adéquation par rapport à ses prédictions. Si besoin, il doit procéder à des corrections d'erreurs. Nous présentons ce modèle du déplacement des piétons aveugles en *double page*, ci-après (fig. 16).

- 1 La position d'arrivée est-elle connue ?
- 2 Acquérir les informations.
- 3 Le point de départ est-il connu ?
- 4 Acquérir les informations.
- 5 Est-ce que la représentation mentale de l'environnement contenant le point de départ et le point d'arrivée est suffisante pour définir un ou plusieurs trajets ?
- 6 Est-ce que la représentation mentale de l'environnement contenant le point de départ et le point d'arrivée est suffisante pour choisir une direction ?
- 7 Acquérir les informations.
- 8 Avancer dans la direction choisie jusqu'à la prochaine position.
- 9 Acquérir les données « feed-back ».
- 10 Est-ce que les données « feed-back » indiquent une erreur ?
- 11 Est-ce que les erreurs identifiées nécessitent une correction ?
- 12 Acquérir les informations d'orientations.
- 13 Faire les corrections nécessaires.
- 14 La position actuelle correspond-t-elle au point d'arrivée ?
- 15 Y a-t-il un trajet unique pour le point d'arrivée ?
- 16 Conserver le meilleur trajet, et annuler tous les autres.
- 17 Avancer jusqu'au prochain trajet.
- 18 Acquérir les données « feed-back »
- 19 Est-ce que les données « feed-back » indiquent une erreur ?
- 20 Est-ce que les erreurs identifiées nécessitent une correction ?
- 21 Avancer au hasard jusqu'à ce que les « feed-back » interprétables soient acquis.
- 22 Y a-t-il besoin de faire des corrections ?
- 23 Faire les corrections nécessaires.
- 24 La route a-t-elle été retrouvée ?
- 25 La position actuelle correspond-t-elle à la position d'arrivée

Figure 16a : Tâches effectuées par les sujets aveugles en déplacement.

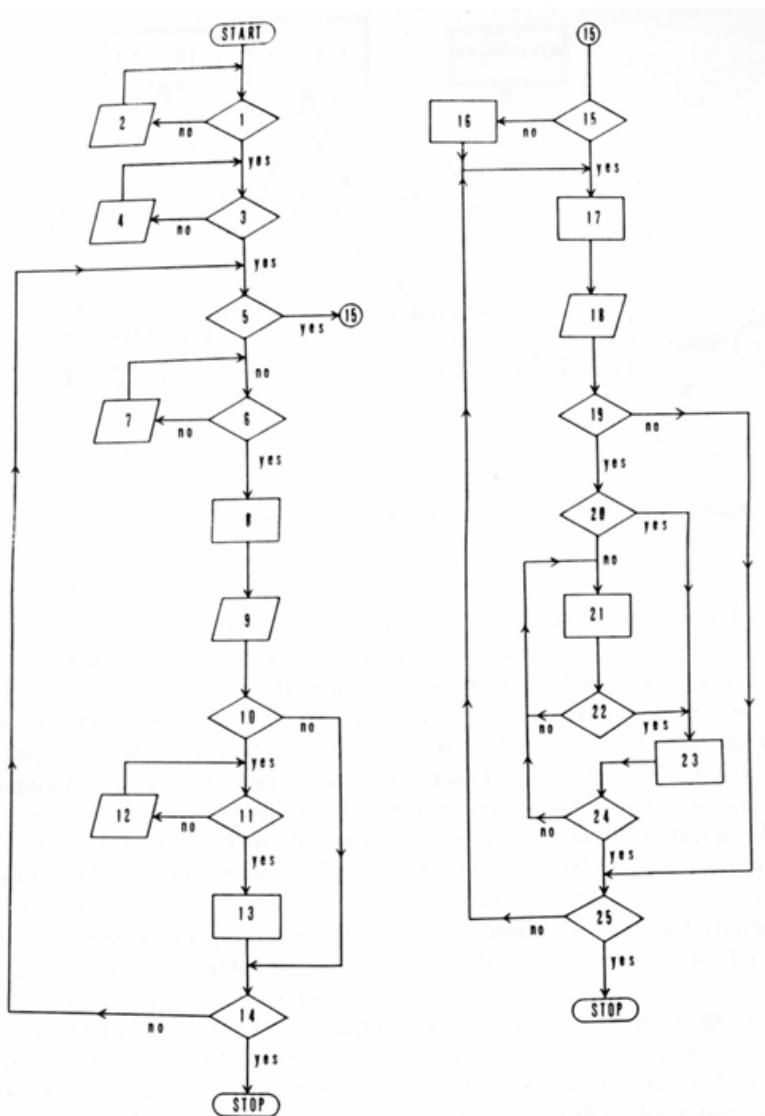


Figure 16b : Tâches effectuées par les sujets aveugles en déplacement.

Source : Foulke (1982)

La personne aveugle intègre donc au fur et à mesure de son déplacement les données sensorielles immédiates qu'elle rencontre (auditives, tactiles, kinesthésiques, etc.) et construit une représentation de l'espace de *proche en proche*. Nous retrouvons les observations faites par Rieser et coll. (1980) qui parlent d'une représentation de type « route », où le chemin est codé en termes de séquences de mouvements, et non en termes de carte spatiale où toutes les parties du chemin sont directement accessibles.

« Lorsqu'elle effectue un trajet non habituel, la personne aveugle est, de fait, dans l'obligation de faire le point comme un navigateur au fur et à mesure de sa progression. » (Raynard, 1999, p.33)

L'étude de Veraart et Wanet (1984) s'est déroulée dans un espace de 40 m² à l'intérieur duquel étaient disposés des repères regroupés par trois, le long de six trajets différents. Les sujets adultes étaient répartis en trois groupes : sujets voyants, sujets aveugles tardifs et sujets aveugles précoces. Dans la procédure expérimentale, le chercheur guidait les

sujets aveugles et les sujets voyants qui avaient les yeux bandés, le long d'un trajet à parcourir. L'exploration de l'espace pouvait aussi être effectuée par les aveugles, au travers de l'utilisation d'une paire de lunettes munie d'un dispositif à écholocalisation (cf. paragraphe 3.5.3) et d'écouteurs. Les obstacles étaient détectés par un codage directionnel binaural et par un codage de la distance proportionnel à la fréquence audible. Chaque trajet était parcouru deux fois, puis, à partir du troisième repère, le sujet devait estimer la distance et la direction des deux autres repères. Les résultats de cette étude ont montré que les performances des aveugles précoces, comparées à celles des voyants, étaient significativement inférieures tant pour la distance que pour la direction. En situation de parcours complexes comportant des changements de direction, Veraart et Wanet (op. cit.) retrouvent ainsi de meilleures performances chez les aveugles tardifs que chez les aveugles précoces, plus en difficulté dans la construction de la représentation spatiale du parcours. Les aveugles précoces présentent donc de plus faibles performances que les aveugles tardifs lorsqu'il leur est demandé de se représenter mentalement les conséquences spatiales de leurs déplacements (ou de déplacements d'objets). Cette étude étaie donc l'idée d'un déficit de la représentation spatiale chez l'aveugle congénital. Par ailleurs, la comparaison obtenue par Veraart et Wanet (op. cit.) des performances de l'ensemble des sujets aveugles au cours de l'exploration guidée à celles réalisées avec l'aide du dispositif à écholocalisation met en évidence une différence significative allant dans le sens d'une meilleure estimation de la distance et de la direction pour la deuxième condition. L'utilisation d'une source auditive contribue donc à enrichir l'information spatiale obtenue au cours du déplacement. Un certain nombre de travaux (Baltenneck, 2005 ; Portalier & Vital-Durand, 1989 ; Veraart & Wanet, op. cit.) ont illustré la fonction d'aide que peut offrir ce type de dispositif dans la construction et la représentation de l'espace.

5.5. Conclusion

En guise de conclusion, nous revenons sur le modèle de Siegel et White (1975), reposant sur trois types de connaissance spatiale (les *repères*, les *itinéraires* et la *configuration*), nécessaires à la formation d'une carte mentale d'un espace donné. Se déplacer, s'orienter et planifier des itinéraires à travers l'environnement s'avèrent être dépendants de la capacité du sujet à se représenter et à mémoriser l'espace traversé. Nous nous intéressons, plus particulièrement, à la spécificité de la représentation de l'espace chez l'aveugle. Les travaux de Rieser et coll. (1980) ainsi que ceux de Veraart et Wanet (1984) ont mis en évidence un déficit de la représentation spatiale, particulièrement chez l'aveugle précoce.

Cette difficulté à se représenter l'espace locomoteur, pour les personnes atteintes de cécité précoce ou tardive, sollicite une réflexion sur les supports environnementaux disponibles pour construire cette représentation mentale. De nombreux dispositifs d'aide existent pour accompagner les piétons aveugles dans leurs déplacements quotidiens. Nous proposons maintenant d'aborder une réflexion plus générale sur l'environnement urbain, en commençant par traiter des techniques d'aide centrées sur la personne (techniques de la canne blanche ou du chien-guide) ainsi que quelques dispositifs environnementaux (feux sonores, bandes podotactiles, etc), en faveur de l'*accessibilité* urbaine.

6. Aides compensatoires pour le déplacement et environnement urbain

Georges, un participant à notre recherche. « Bon, allons-y ! Coup de bol, je suis dans la galerie. Attention aux potelets ! Maintenant, trouver les portillons d'accès. Pas facile non plus. Tout a été aménagé pour barrer le passage. Je tâtonne. Ca y est. Les portillons ! Oui, mais lesquels ? Ceux pour entrer ou ceux pour sortir ? Je pose ma carte d'abonnement en palpant approximativement afin de trouver l'emplacement qui validera l'ouverture. Mais je ne suis pas encore au bout de mes peines. En effet, je n'entends pas toujours le bip d'ouverture et si j'approche trop, tout s'annule ! Il me faudra alors attendre 10 minutes pour renouveler l'opération... Profitant du passage d'un usager en emboîtant son pas, ce qui déclenche l'alerte du portillon, je me dirige vers le quai en suivant dans ce cas le claquement des talons. Là, j'apprécie ces dames ! Je détecte la plaque métallique allant du bord du quai jusqu'au mur, ce qui me prévient de mon arrivée sur le quai. Je cherche ensuite la bande podotactile en métal, qui résonne sous la canne. J'entre en général par la dernière porte du funiculaire. Je touche le plancher avec ma canne pour m'assurer que je suis bien dans la voiture et non pas entre les voitures. Il y a sept ans, je suis tombé dans la fosse en pensant pénétrer dans la voiture. D'où cette précaution supplémentaire. Étant entré par la dernière porte, cela correspondra à la première arrivée à la station du bas « Vieux-Lyon ». Je serai alors un des premiers à sortir ce qui m'évitera d'entraver, avec la canne, par l'arrière, les voyageurs. À présent le métro ou la rue, et l'aventure continue ! »

6.1. Au niveau de la personne

6.1.1. La prise en charge en locomotion

L'enfant aveugle peut bénéficier d'une prise en charge précoce en locomotion. Les « instructeurs en locomotion » lui enseignent des techniques compensatoires pour le déplacement (comptage de pas, utilisation de la canne, écoute de l'environnement, etc.), lui permettant le plus tôt possible d'adapter son comportement à l'espace, afin de favoriser son déplacement en toute sécurité et de façon autonome.

Revenons ici brièvement sur la prise en charge en locomotion, qui s'adapte au sujet et à son évolution en tenant compte de la déficience (gravité et apparition), des caractéristiques personnelles (âge, situation sociale, familiale, professionnelle, etc.), des connaissances acquises par la personne ainsi que de ses motivations et projets d'avenir. Elle s'appuie sur le développement sensoriel : l'ouïe et le sens kinesthésique essentiellement, mais aussi le toucher, l'odorat et les résidus visuels lorsqu'il existe. Elle se fait par l'apprentissage des trajets quotidiens (domicile-commerces, domicile-lieu de formation ou de travail, domicile-lieux de loisir, etc.) avec un instructeur en locomotion. La mémorisation du parcours consiste, dans un premier temps, à reconnaître les points de départ et d'arrivée du parcours, ainsi que les axes centraux qui le jalonnent. Dans un second temps, elle requiert une analyse plus minutieuse qui passe notamment par l'exploration de repères stables liés au cadre construit ou à l'aménagement urbain. La présence de commerces, la direction d'axes de circulation, etc., sont ici sélectionnés puis mémorisés. La personne aveugle inscrit alors corporellement le trajet effectué.

La prise en charge en locomotion ouvre une porte sur l'autonomie dans le déplacement, permettant à toute personne déficiente visuelle d'apprendre à se déplacer seule en sécurité. Comme nous l'avons constaté avec l'enquête HID (Sander et coll., 2005), toutes les personnes aveugles ne franchissent pas le pas. De nombreuses personnes atteintes de cécité préfèrent ainsi se déplacer en faisant appel à un tiers (personne proche le plus souvent) plutôt que d'utiliser la canne ou un chien-guide. Nous pensons ici plus particulièrement à la population de personnes âgées, ayant perdu la vue tardivement. En effet, l'apprentissage du déplacement avec un chien-guide nécessite des capacités de mémorisation et d'attention et fait appel aux autres capacités sensorielles (notamment l'audition). Or, les personnes plus âgées (notamment atteintes de DMLA) peuvent éprouver de réelles difficultés à se concentrer et à identifier rapidement les informations sonores et proprioceptives (par le mouvement du poignet) pour s'orienter et se déplacer dans l'espace urbain.

6.1.2. Les méthodes classiques d'aide aux déplacements

6.1.2.1. La canne

L'usage de canne par les aveugles est un fait ancien. Les aveugles représentés par le peintre Breughel l'Ancien, comme dans de nombreux dessins du 16^e siècle, sont munis de bâtons (fig. 17).



Figure 17 : Tableau, « la parabole des aveugles »,
détrempe de Pieter Breughel l'Ancien (1568)

Source : (cc) Wikimedia Commons

Mais la *Parabole des Aveugles*, comme tant d'autres œuvres de la même époque, montre des aveugles errant dans un espace vide, bras et bâtons tendus maladroitement en avant.

Levy (1872) mentionne, au contraire, dans *Blindness and the blind*, l'intérêt de disposer de cannes légères et rigides : les jalons sont alors posés pour une véritable intégration

de la canne au déplacement. Au début des années 1940, l'ensemble des techniques de maniement de la canne est normalisé, la transformant peu à peu en une véritable aide technique : c'est la naissance de la profession « d'instructeur en mobilité et orientation » (ou « instructeur en locomotion »).

En France, la canne blanche est attribuée en deçà d'une vision centrale inférieure ou égale à 1/20 (cécité légale). L'apprentissage de cette technique permet la détection des obstacles se situant à proximité de la personne : la canne permet donc à l'aveugle de vérifier si le sol est dépourvu ou non de dangers (trous, obstacles).

C'est par la collision de la canne avec les objets au sol qu'un obstacle bas ou sur pieds (personne, poteau, chaise, etc.) est évité. L'écho du balayage de la canne de droite à gauche sur le sol permet de se représenter son environnement, tant au niveau du sol que dans ses dimensions. La trajectoire est maintenue en restreignant le déplacement dans l'espace sonore et tactile (Gaunet & Briffault, 2005). La canne permet à son utilisateur d'explorer les *affordances positives* (passer) et *négatives* (reculer, éviter) du sol. Celles-ci sont essentielles pour que la personne soit à même d'ajuster sa démarche sans être surprise. La personne aveugle parvient ainsi à détecter les obstacles éventuels ou les changements de dénivellation, à une distance considérablement plus réduite que celle qui permet la vision, mais suffisante néanmoins pour les intégrer au déplacement et à la trajectoire. Ainsi, la longueur de la canne habituellement utilisée est telle que, lorsque son extrémité entre en contact avec un obstacle, la personne dispose d'assez de temps pour effectuer une action corrective. Cette canne permet aussi, par un balayage en arc auras du sol, d'avoir accès à une zone plus étendue que celle que peut atteindre la canne ordinaire, améliorant ainsi la « pré-vision »(Hatwell, 2003).

Parce qu'elle permet de remplir deux fonctions importantes pour la locomotion, à savoir la détection de la trajectoire à emprunter et l'évitement des collisions avec des obstacles au sol, la canne blanche constitue une aide perceptive considérable. Cette technique très efficace et largement utilisée ne permet cependant pas d'éviter les obstacles situés en hauteur, qui constituent pour les personnes aveugles un danger réel et important (fig. 18) !

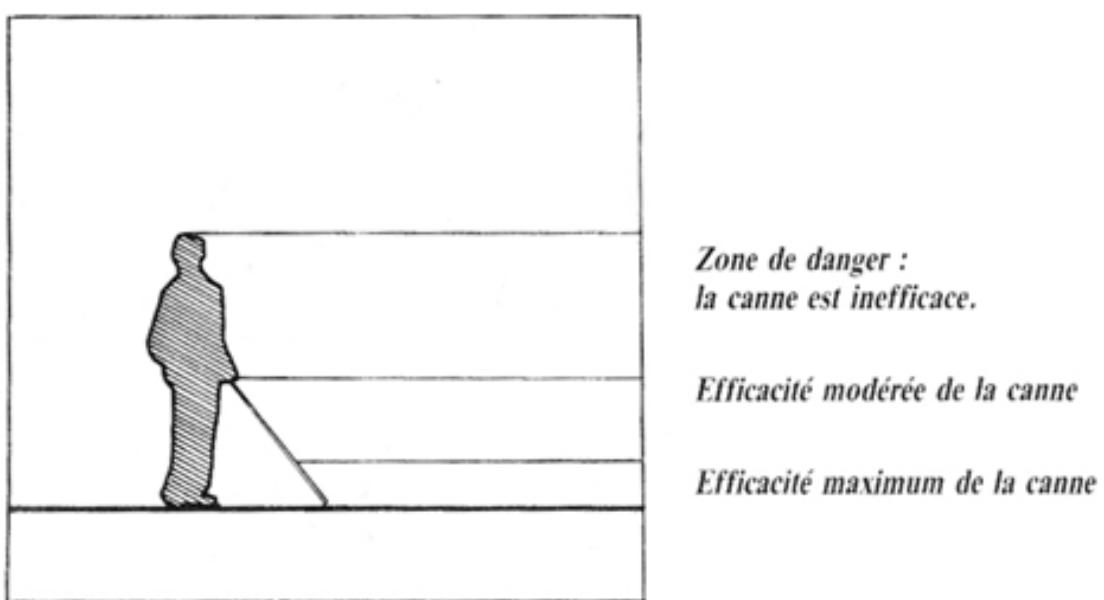


Figure 18 : Protection offerte par l'utilisation d'une canne blanche

Source : Hughes (1989)

6.1.2.2. Le chien-guide

Une autre aide majeure à l'autonomie des déplacements en ville a été acquise par le dressage de certaines races de chiens (*Labrador Golden Retriever* ou *Bergers Allemands*, en particulier) pour servir de guide pour aveugles (fig. 19). Ce dressage s'accompagne de la formation d'une relation de confiance avec le futur maître aveugle qui reçoit une préparation spécifique. Dans ces conditions, l'efficacité, la sécurité et le confort apportés par le chien-guide sont considérables pour les personnes aveugles (Hatwell, 2003). L'avantage du chien-guide est de protéger son maître de tous les obstacles notamment suspendus ou en hauteur. La canne longue, en effet, est inefficace pour déceler les obstacles situés au-dessus de la ceinture (panneaux de signalisation, volets ouverts, etc.). Le chien-guide est également particulièrement utile dans un environnement inconnu.



Figure 19 : Une participante à notre recherche s'apprêtant à traverser la chaussée avec son chien-guide

Source : Baltenneck (2009)

Malgré tout, en France, Gaunet et Milliet (2010) précisent que les déficients visuels recourent assez peu au chien-guide. Leur enquête montre que les répondants, avec ou sans chien-guide, attribuent d'emblée un double statut à l'animal : celui d'animal de travail et d'animal familier (ou de compagnie). En revanche, la manière de gérer cette dualité les départage. En effet, les maîtres de chien-guide ne voient pas de contradiction entre ces deux statuts. Au contraire, ils s'accordent harmonieusement : en compensation du travail fourni, le maître offre de bons soins et de l'affection. L'un (l'affection) apparaît comme une contrepartie de l'autre (le travail fourni). Ce double statut est problématique pour les répondants n'ayant pas de chien-guide. Pour certains, le chien n'est pas utile, il génère trop de contraintes et demande trop de soins. Pour d'autres, le chien est un animal de compagnie dont on peut

difficilement attendre un travail qui représente une sérieuse responsabilité (allant jusqu'à générer de la culpabilité). Pour un dernier groupe, il est difficile d'envisager de laisser jouer le rôle d'animal de compagnie au chien, sous peine de perdre ses compétences de guide. Selon les auteurs, les difficultés à gérer ce double statut ne sont pas étrangères à l'effectif réduit de chiens-guides en France. Ces difficultés trouvent probablement leur origine dans le manque d'informations sur ce type d'aide au déplacement.

6.2. Autres techniques d'aide aux déplacements

De nombreux systèmes d'aide au déplacement ont été expérimentés, avec des durées de vie plus ou moins longues et de prix parfois très élevés. Ces techniques d'aide ne sont pas l'objet de recherche de ce travail. Nous en proposons toutefois quelques exemples, leur objectif étant de favoriser le déplacement autonome des personnes aveugles. Actuellement, ces technologies ne peuvent pas suppléer les moyens mis en œuvre au niveau de l'accessibilité urbaine.

Le GPS (*Global Positioning System*)²⁰ est un outil bien connu du grand public. Dans son état de développement actuel et pour l'usage civil, il ne semble toutefois pas pleinement adapté au déplacement des personnes aveugles. En effet, sa précision qui est limitée à 20 mètres en usage commercial (la précision en usage militaire est bien supérieure) est insuffisante pour les déplacements piétons urbains, où des informations de l'ordre du mètre sont préférables. Par ailleurs, il fonctionne sur un principe de triangulation et définit l'emplacement du récepteur en fonction de sa position par rapport à trois satellites (ou plus, de préférence). Malheureusement, l'environnement urbain est parfois un obstacle à la précision de cet outil (des zones d'ombres dues aux immeubles varient en fonction de la position des satellites).

Plus expérimental, *L'Espace Auditif Virtuel* (Gonzalez-Mora, Rodriguez-Hernandez, Burunat, Martin & Castellano, 2006) est un dispositif de lunettes permettant « d'entendre les images » (création d'un espace auditif). Issue de la recherche médicale, cette technologie permet de s'orienter et de détecter les obstacles. Il s'agit de créer un espace autour de la personne, grâce à un système GPS. L'objectif est d'utiliser une interface susceptible de capter l'information et de codifier un son qui stimule le cortex visuel. Grâce à un procédé de vision artificielle, il est possible de créer des sons spatialisés qui sont transmis à la partie du cerveau centralisant les informations sensorielles via le cortex auditif. Ces informations spatiales parviennent ainsi au cortex d'intégration visuelle.

Le *Sonic Guide* se présente sous la forme d'un bandeau relié à une batterie. Celui-ci émet des ultrasons selon un cône dont le sommet est proche du corps et dont la base se projette de 4,5 à 6 mètres en avant. L'appareil donne trois types de renseignements par l'intermédiaire de trois signaux différents : la distance de l'objet, sa localisation et ses caractéristiques. Notons que ce système ne convient qu'à des adultes déjà autonomes et disposant d'une autre aide (canne longue ou chien-guide).

La canne laser (*Télétact* ou *Tom Pouce*) est une canne blanche équipée d'une crosse particulière. Elle émet plusieurs rayons infrarouges différents (deux ou trois) dont le rôle est d'assurer la protection antérieure de l'aveugle : il s'agit d'un télémètre laser convertissant les distances en notes musicales ou vibrations. L'inconvénient de cet appareil reste, en plus de son prix élevé, sa fragilité ainsi que la nécessité d'un apprentissage relativement complexe qui peut en rendre l'utilisation difficile, notamment pour des personnes âgées malvoyantes.

²⁰ Voir le site internet : <http://www.gps.gov/>

La revue « Centre Scientifique et Technique du Bâtiment » (janvier-février 2002) rappelle qu'à chaque type de déficiences visuelles correspondent des capacités d'apprentissage de reconstitution des images différentes. L'âge de survenue de la cécité intervient notamment sur les possibilités de la personne à déployer des moyens de compensation ainsi que sur son vécu lorsqu'elle évolue dans son environnement urbain. Autant de types d'aides techniques que de situations de handicap visuel singulières... Par ailleurs, Damaschini, Grégoire, Leroux et Farçy (2006) recensent les conditions que doivent remplir les aides électroniques pour que l'aide soit adaptée au déficient visuel :

- la fiabilité, la légèreté, l'ergonomie, l'autonomie énergétique, l'étanchéité à la pluie,
- ne pas ralentir l'aveugle par rapport à son allure sans aide électronique,
- le débit de l'acquisition et de la transmission de l'information doit être compatible avec le besoin et la capacité à le recevoir de l'utilisateur.

6.3. Aménagements urbains et structure architecturale

Au-delà des capacités adaptatives et vicariantes de l'individu, il est possible de modeler l'environnement pour le rendre plus simple à appréhender. La loi n°2005-102 du 11 février 2005, relative à l'égalité des droits et des chances, la participation à la citoyenneté des personnes handicapées, tend ainsi à déterminer de nouvelles règles techniques relatives à l'accessibilité de l'espace public.

L'accessibilité est le caractère de ce qui est *accessible*. Ce nom provient étymologiquement du verbe *accéder*, qui découle lui-même du latin *cedere* : « abdiquer ; céder » (Dictionnaire de la Langue Française Le Littré). L'accessibilité peut se définir comme l'absence de cession, d'interruption dans une séquence de déplacement. Elle désigne ainsi le caractère possible de la liberté de déplacement dans l'espace et s'étend dans le langage commun à l'utilisation d'outils et à la compréhension de l'environnement. Ce concept trouve un écho dans la notion moderne de « chaîne de déplacement » qui définit l'accessibilité au niveau légal. Ainsi, la chaîne de déplacement comprend le cadre bâti, la voirie, les aménagements des espaces publics, les systèmes de transport et leur *intermodalité*. La chaîne de déplacement est organisée pour permettre une accessibilité dans sa totalité aux personnes handicapées, ou à mobilité réduite. Par ailleurs, ajoutons que dans un délai de dix ans à compter de la date de publication de cette loi, c'est-à-dire avant le 11 février 2015, les services de transport collectif devront être accessibles aux personnes handicapées et à mobilité réduite.

L'accessibilité est donc directement liée à la locomotion et à la capacité de se *mouvoir* de façon *autonome* et sûre dans son environnement. Elle est, par conséquent, aussi liée à l'orientation et à la capacité de savoir où nous nous situons à un moment donné. Un environnement accessible doit favoriser trois choses : la « localisation », « l'orientation » et le « guidage » que nous définissons ci-dessous (Hatwell, 2003).

1. La localisation : elle peut être définie comme la capacité à se situer mentalement dans un environnement.
2. L'orientation : étymologiquement, c'est la capacité à se situer dans cet environnement par rapport à l'orient, c'est à dire aux points cardinaux qu'il comporte (ou points de repère). Un individu orienté peut se référer à des points de repère fixes (comme des lieux publics, des noms de rue ou des stations de métro, etc.), mais aussi mobiles comme la position par rapport au trafic automobile ou au flux piétonnier.

3. Le guidage : il peut se définir comme une capacité à faciliter le déplacement d'un point à un autre dans un environnement.

Comme l'a souligné Hatwell (op. cit.), la construction de la représentation mentale d'un environnement repose sur ces trois pôles. Cela est particulièrement vrai chez les personnes déficientes visuelles. Nous comprenons donc l'importance de rendre l'environnement urbain accessible au piéton aveugle favorisant ainsi la représentation qu'il s'en construit. Les travaux de Levy (1994, cité par Thomas, 2004b) montrent le rôle de l'environnement dans l'orientation et la continuité du déplacement. Lévy (op. cit.) dégage ainsi trois situations types qui illustrent comment chaque équipement ou information sensible de l'espace peut constituer une aide, ou un obstacle, pour la locomotion et l'information du piéton :

- Dans la première situation, l'environnement offre au piéton la ressource qu'il cherche. Ainsi, une annonce sonore et/ou un affichage visuel confirment au voyageur pressé l'horaire et l'emplacement de son train dans la gare. Dans ce cas, le déplacement se poursuit dans la continuité.
- La seconde situation est une situation d'inadéquation entre la demande d'information du passant et la ressource offerte par l'environnement : pour exemple, l'annonce sonore ne concerne pas le train que le voyageur pressé cherche à emprunter. Le déplacement se trouve alors ralenti, le voyageur étant dans l'obligation de recourir à un autre support pour se renseigner.
- Enfin, la troisième situation apparaît comme une contrainte : l'environnement reste muet face aux sollicitations du citadin. Le panneau d'affichage visuel, comme les annonces sonores, ne le renseignent pas sur son train... Le voyageur se doit alors de trouver une autre source d'information, au risque de manquer son train.

Nous voyons ici que l'environnement peut être tour à tour étayant (lorsqu'il facilite l'orientation de la personne) ou bien obstruant pour son action (lorsque la personne éprouve des difficultés à mobiliser et s'approprier les aménagements du lieu). Comme le rappelle Levy (op. cit.), c'est au moment où les ressources environnementales sont mobilisées, donc contextualisées, qu'elles prennent sens. Une affordance n'existe qu'en fonction du sujet, et de sa position dans l'espace.

Depuis la loi d'orientation du 30 juin 1975²¹ qui fait de l'intégration sociale des personnes handicapées « une obligation nationale », un important dispositif législatif et réglementaire vise l'accessibilité des personnes en situation de handicap en ville. De nombreuses lois, décrets et normes techniques existent déjà et façonnent notre cité. En l'état actuel, et en fonction des différentes évolutions techniques, force est de constater que la ville est très changeante sur ce plan : des feux sonores ou des bandes podotactiles pour prévenir des traversées sont installés, mais c'est plus rarement le cas des bandes de guidage par exemple. Par ailleurs, d'autres aménagements plus traditionnels s'avèrent parfois vulnérants pour un piéton aveugle (potelets limitant l'accès des véhicules). Enfin, la conception même de certaines zones (comme les zones dites « zones 30 », « zones de partage », les « zones de rencontre », certains lieux de plaisance, etc.) peuvent comporter des aspects problématiques concernant l'orientation, ou une possible mise en danger, comme l'a relevé le récent rapport du Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions (CERTU) intitulé : « déplacement des déficients visuels en milieu urbain » (Uzan, Seck, Sidot & Dejeammes, 2008).

Devalière (2002) dresse l'état des lieux de l'équipement existant dans plusieurs grandes métropoles en termes d'accessibilité. Elle revient notamment sur l'installation

²¹ La loi n° 2005-102 du 11 février 2005, plus récente, se substitue à cette loi n° 75-534 du 30 juin 1975.

de feux parlants sur des carrefours encombrés (Strasbourg), de systèmes de balises sonores activées par télécommande à l'intérieur des réseaux de bus (Lorient), ou sur l'emplacement d'une station de tramway (Lyon). Elle évoque, par ailleurs, la création de supports touristiques sonores et en relief (Chambéry), de systèmes de lecture en braille (Chambéry) ou à synthèse vocale (Nantes) dans le cadre des médiathèques. Nous présentons ci-dessous certains de ces aménagements urbains favorisant le déplacement des personnes aveugles.

6.3.1. Les feux sonores (ou feux parlants)

Depuis août 1999, un décret (publié dans le Journal Officiel du 4 septembre 1999) oblige les municipalités à rendre leurs voiries accessibles.

« Un revêtement au sol différencié doit être prévu à l'endroit des bateaux pour en avertir les personnes non voyantes. Les bornes et poteaux doivent être aisément détectés par ces personnes [...] Les feux de signalisation tricolores équipant les passages doivent comporter un dispositif conforme aux normes en vigueur permettant aux non-voyants de connaître la période où il est possible aux piétons de traverser les voies de circulation. »

Concernant les aménagements en ville, une meilleure disposition du mobilier urbain est donc primordiale pour favoriser les déplacements des personnes aveugles. Le système EO (*EO-Guidage*, Est-Ouest) par exemple, a été en France le premier système de feux sonores mis en place à certains carrefours, dans plus de deux cents villes en France, ainsi que dans un certain nombre de bâtiments administratifs et culturels. Grâce à son émetteur individuel, il permet aux déficients visuels de se diriger à travers un bâtiment via les informations fournies par cette balise. L'Université Lumière Lyon 2 a été équipée d'un système similaire pour les étudiants et enseignants malvoyants. Il est intéressant de noter que toutes les balises installées en France sont activées par la même fréquence. Un aveugle habitant à Lyon et possédant une télécommande pourra donc s'en servir, en principe, à Paris.

6.3.2. Les bandes d'éveil de vigilance (ou bandes podotactiles)



Figure 20 : Bande d'éveil de vigilance aux abords d'un passage piéton

Source : Baltenneck (2010)

Une banded'éveil de vigilance se caractérise par une plaque rectangulaire,à surface rugueuse, striée ou à plots sensibles. Elle se place le plus souvent en avantdes « *bateaux* », des marches d'un escalier, sur les quais de tramway. Sa détection au pied, ou à la canne,signale un danger potentiel. La bande d'éveil devigilance répond, en France, depuis février 1989, à la norme NF P98-351.

6.3.3. Les bandes de guidage

Une bandede guidage se compose de dalles striées, en creux ou en relief, oude bandes en élastomère collées (fig. 21).Elle favorise le maintien d'une trajectoire rectiligne en la suivant du bout de la canne. Très peu implantées en France, elles sont, en revanche, plus utilisées dans d'autres pays comme le Japon, où elles sont implantées depuis de nombreuses années. Reste néanmoins la question de la durabilité des matériaux utilisés pour ces aménagements spécifiques.



Figure 21 : Bande de guidage (Tenji Block / テンジブロック) à Shinjuku, Tokyo

Source : © Oshima (2007) L'inscription qui figure sur ces bandes de guidage signifie : « A l'usage des personnes aveugles. Ne rien déposer ici ! »

En guise de conclusion, nous pouvons citer pour illustration le projet de l'Agence nationale pour le Développement de l'Éducation Permanente (ADEP) (qui gère l'Institut de Formation des Masseurs Kinésithérapeutes Déficients Visuels) et de l'Université Claude-Bernard Lyon 1 qui consiste à permettre à 43 élèves déficients visuels de suivre leur formation sur le site de Santé du domaine Rockefeller. L'accessibilité des locaux est rendue possible par un itinéraire de déplacement qui dessert les points principaux du bâtiment. Celui-ci est marqué de deux bandes dans les espaces vastes (une dans les espaces plus étroits). Des bandes d'éveil de vigilance sont placées en haut de chaque escalier pour prévenir tout risque de chute lors de la descente. L'accessibilité du bâtiment est, par ailleurs, favorisée par la mise à disposition d'un plan et d'une borne d'information *multisensorielle*, proposant des informations visuelles, tactiles et auditives. Placée aux endroits stratégiques du bâtiment, cette dernière diffuse en libre accès des informations générales et des messages d'orientation.

6.2.4. Structures urbaines

Lorsque l'urbaniste Lúcio Costa a conçu Brasília en 1960, la voiture était au cœur des déplacements urbains. La capitale administrative du Brésil s'organise depuis autour de deux axes routiers perpendiculaires majeurs : l'Eixo monumental et l'Eixo Rodoviário ou Eixão. L'Eixo monumental est considéré par les Brésiliens comme la plus large avenue du monde avec deux fois six voies et 250 mètres au point le plus large. L'Eixão est courbe et constitué d'une piste principale de deux fois trois voies, accessible à partir des axes secondaires, chacun étant constitué de deux fois deux voies. L'Eixão est exclusivement réservé à la circulation des véhicules, des passages souterrains étant aménagés pour la traversée des piétons. Cette conception qui s'articule autour des déplacements motorisés (Brasília est très étendue et les distances à parcourir importantes) est très différente de l'urbanisme aujourd'hui développé en Europe.

En effet, dans la cité telle qu'elle est conçue actuellement, le piéton est au cœur du projet urbain. Les zones qui lui sont dévolues se multiplient depuis plus d'une dizaine d'années avec parfois un *enchevêtrement* entre des espaces spécifiquement réservés aux véhicules motorisés et d'autres aux cyclistes et marcheurs (Vignon, 2008). Ces « zones de rencontre »²² sont une extension du concept « d'espace partagé » (*shared space*) apparu dans les années 1970 aux Pays-Bas, principalement dans les quartiers résidentiels où l'habitat prédominait. Trois principes sont communs aux « zones de rencontre » dans les différents pays européens :

- la priorité est donnée aux piétons qui n'ont pas obligation de se déplacer sur les trottoirs, s'ils existent,
- la vitesse des véhicules motorisés est limitée à 20 km/h,
- des règles de priorité simples : priorité à droite, rouler à droite.

Dans une ville comme Drachten aux Pays-Bas, trottoirs et signalisation ont complètement disparu pour aboutir au concept de « route nue ». L'intérêt d'une telle démarche est d'accroître la vigilance du conducteur, mis en situation de recherche d'informations, qui devient plus attentif à son environnement. Diverses expérimentations menées par certaines communautés urbaines au nord de l'Europe (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, etc.) semblent montrer une *diminution* du nombre d'accidents dans ces zones. Toutefois, cet enchevêtrement des espaces de circulation, habituellement différenciés, n'est pas sans poser problème aux personnes aveugles. Ajoutons que ces « zones de rencontres » sont également souvent construites selon les règles actuelles de voirie qui tendent à gommer autant que possible les reliefs au niveau du sol. Il s'agit en particulier des hauteurs de trottoir, des abaissements et des bordures inclinées. L'appauvrissement en affordances provenant du sol est normalement compensé par l'implantation de dispositifs repérables aidant la locomotion. Toutefois, beaucoup de questions restent encore en suspend concernant ces dispositifs et de nombreuses études sont à l'œuvre actuellement pour trouver des solutions adéquates (Desprez, Rennesson & Vignon, 2010). En l'état actuel, les gênes potentielles de ces nouvelles zones urbaines sont relatives à l'orientation, à la localisation et au guidage. Enfin, il s'agit souvent de lieux particulièrement *ouverts*, ce qui entraîne des

²² Article R.110-2 : « Zone de rencontre : section ou ensemble de sections de voies en agglomération constituant une zone affectée à tous les usagers. Dans cette zone, les piétons sont autorisés à circuler sur la chaussée sans y stationner et bénéficient de la priorité sur les véhicules. La vitesse des véhicules y est limitée à 20 km/h. Toutes les chaussées sont à double sens, sauf dispositions différentes prises par l'autorité investie du pouvoir de police. Les entrées et sorties de cette zone sont annoncées par une signalisation et l'ensemble de la zone est aménagée de façon cohérente avec la limitation de vitesse applicable ».

particularités en termes de « bruits urbains », qui constituent le deuxième grand canal sensoriel d'informations pour un piéton aveugle.

La propagation du bruit en ville est une question étudiée depuis de nombreuses années (Bar & Loyer, 1981). Le bruit est depuis toujours une manifestation de l'activité humaine. Toutefois, avec l'accroissement de la circulation automobile et des transports en général, il est devenue une source de nuisance importante. L'architecture de nos cités a évolué²³ en prenant en compte cette nouvelle variable, afin d'en maîtriser la propagation, grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux et de nouvelles façons de construire. En se promenant en ville et en nous laissant guider par l'écoute, le sonore et l'oreille, nous rencontrons différents lieux, différentes organisations du bâti : des rues, des places, des jardins, des cours... Ces lieux ont une date, ils sont inscrits dans un certain *monde*, dans un tissu social, dans un mode de production du bâti qui n'est plus le nôtre (Bar & Loyer, op. cit.). Les *formes urbaines*, à travers les multiples fonctions qu'elles remplissent ou qu'elles ont remplies, ont aussi une fonction acoustique et impriment leur empreinte aux sons que nous percevons.

Par conséquent, le bruit perçu dépend du tissu qui entoure la source sonore. Les bâtiments, leur organisation, la nature de leur façade, privilégient certaines sources, en atténuent d'autres, et marquent l'espace sonore d'une façon spécifique. Murray Shafer (1979) décrit la physionomie du « paysage sonore » urbain dans son ouvrage éponyme. Il évoque :

- la *tonalité* : il s'agit de la note principale d'un lieu, le fond sonore sur lequel les autres seront perçus ;
- les *signaux* : ce sont les sons de premier plan que l'on écoute consciemment. Ils ne sont pas le fond, mais la figure²⁴. Tout son peut devenir figure ou signal, en fonction des buts de celui qui les écoute ;
- *L'empreinte sonore* : elle caractérise une communauté. C'est un son unique qui existe dans un paysage sonore et qui possède des qualités qui le font particulièrement remarquer ou prendre en considération par les membres d'une communauté.

A partir de cette classification, Murray Shafer (op. cit.) définit deux qualificatifs qui lui permettent de juger de la qualité d'un environnement sonore :

- la *hi-fi* (haute fidélité), correspond aux paysages sonores où les sons sont *distinctement* perçus sans phénomène d'encombrements, ni effet de masque,
- la *lo-fi* (basse fidélité), correspond aux paysages sonores dans lesquels les signaux sont si nombreux qu'il en résulte un *manque de clarté* ou un effet de masque.

Ces notions permettent d'introduire le concept d'ambiance sonore. Pour Bar et Loyer (op. cit), « la superposition de différents mécanismes sonores élémentaires crée la qualification acoustique du lieu » et aboutit à la notion d'ambiance sonore. L'environnement urbain produit donc, par nature, une grande diversité d'ambiances sonores. Si l'on se place du point de vue strict de l'acoustique urbaine, chaque lieu identifiable par son empreinte, sa tonalité, son caractère, devient un repère et la ville devient une *succession de lieux* qui s'enchaînent et se différencient au gré du trajet du piéton.

Ainsi, nous pouvons imaginer que le bruit en ville peut revêtir plusieurs significations : c'est un indicateur de la présence de vie, l'expression d'échanges (commerces) et de partages (conversations), un repère ou un élément significatif (un changement de lieu

²³ L'évolution de l'architecture se rapproche souvent d'évolutions sociales. Ainsi, au début du XXe siècle, le *Mouvement Moderne* est lié, en partie, à une volonté de brassage social et d'ouverture vers l'air et la lumière. De plus, les possibilités offertes par les nouveaux matériaux comme le fer, l'acier, le béton et le verre ont aussi conduit à l'invention de nouvelles techniques de construction.

est souvent déterminé par le bruit, ce qui est particulièrement utile pour les personnes aveugles), une marque du temps, un élément de relation avec l'architecture et le monde réel (besoin de savoir d'où vient le bruit dans un espace peu constitué), etc.

6.4. Conclusion

En replaçant notre réflexion au niveau de la personne aveugle, nous pouvons dire que l'environnement urbain, qu'il soit perçu tactilement (avec la canne ou les pieds !) ou qu'il soit perçu auditivement est une source très *variable* d'affordances. En effet, comme Bar et Loyer (op. cit). le décrivent, la ville est une succession de lieux caractérisés par leur coloration sonore et par le rapport physique que l'aveugle entretient avec eux. Dans certains quartiers, des aides techniques servent potentiellement de support à la construction de la représentation mentale : peut-être permettent-elles ainsi une meilleure gestion de l'environnement lors d'une situation statique ou mobile. À elles seules, elles ne constituent qu'une contribution à ce que le marcheur aveugle aura besoin d'extraire de son environnement pour continuer son excursion en ville. Dans cette recherche, nous souhaitons partir de cette conception de l'environnement urbain, comme une succession de « structures urbaines » répondant à certaines fonctions sociales, mais au cœur desquelles la distribution des informations sonores et tactiles en particulier, contribue à créer des ambiances spécifiques, teintant ces lieux.

Nous proposons d'aborder dans le chapitre suivant la problématique qui est au cœur de ce travail et qui place l'environnement, tel que nous venons de le décrire, comme influençant fortement le déplacement des personnes aveugles.

Chapitre II : Problématique et hypothèses

1. Objectif

L'objectif de cette recherche est de mettre en lumière l'incidence de l'environnement sur l'interaction que la personne aveugle entretient avec la cité lors de ses déplacements. L'intégration des données auditives d'une part, tactiles et proprioceptives d'autre part, qui sont ses principales sources d'information, constitue un support fondamental pour le déplacement autonome (Hatwell, 2003).

La *distribution* des affordances de l'environnement urbain selon ces deux canaux sensoriels participe à créer des ambiances urbaines particulières et sensibles pour notre piéton. Nous souhaitons comprendre l'influence de celles-ci sur ce que l'aveugle perçoit, ressent et se représente de son environnement au cours de son déplacement.

2. Problématique

Chez la personne aveugle, la perception de l'environnement s'étaye notamment sur une utilisation approfondie des canaux perceptifs disponibles en l'absence de vision. Ainsi, l'audition nous permet d'entendre et d'écouter, mais aussi de localiser assez finement et dynamiquement des sources sonores éloignées. La technique d'écholocalisation en est un exemple saisissant. Par ailleurs, le transfert intermodal permet d'intégrer et de coordonner des sensations tactiles, auditives et proprioceptives, qui contribuent toutes à construire un environnement stable et permanent (Hatwell, 2003).

Malgré la mise en œuvre de mécanismes vicariants et adaptatifs, se *mouvoir sans voir* constitue une tâche complexe, source d'un stress parfois important (Foulke, 1982 ; Peake & Leonard, 1971 ; Tanaka et coll. 1981, 1982 ; Wycherley & Nicklin, 1970). Comme l'ont souligné Thinus-Blanc et Gaunet (1996), la vision reste en effet le *sens spatial* par excellence jouant un rôle considérable dans l'acquisition de la connaissance et de la maîtrise de l'environnement. L'absence de « pré-vision » perturberait ainsi l'interaction entre l'individu et son environnement, en rendant difficiles les anticipations perceptives et cognitives, contraignant la personne atteinte de cécité à intégrer des données sensorielles immédiates, et à recourir à des connaissances antérieures stockées en mémoire (structure des chemins, nombre de croisements de rues ou de changement de direction, etc.) (Hatwell, 2003). Par conséquent, la cécité entraîne des spécificités dans la représentation de l'espace, ainsi que dans la locomotion. Elle influence les caractéristiques cinétiques de la marche d'une part, l'orientation d'autre part, mais aussi la charge cognitive et affective que nécessite le déplacement (Clark-Carter et coll., 1986 ; Hatwell, op. cit. ; Portalier & Vital-Durand, 1989).

Cette recherche s'inscrit dans le cadre de la théorie écologique de Gibson (1986). La perception y est considérée comme la lecture qu'un individu fait de son environnement (avec

ses capacités, ses *buts* et *intentions*) grâce aux affordances, offertes par le lieu où il se trouve. C'est cette lecture *filtrée* de l'environnement qui lui permet de mener, *in situ*, une action dont il a l'intention. Une telle approche écologique repose sur un principe de mutualité entre l'individu et son milieu et fournit un espace original et intéressant à notre recherche.

Nous situons ce travail dans le lieu de déplacement quotidien de nombreuses personnes aveugles : l'environnement urbain. Ce dernier n'est pas une entité uniforme, mais une structure changeante, en évolution constante (Thomas, 2004a). En effet, dans son organisation, la ville offre au piéton des ambiances nombreuses et variées : scène visuelle, ambiance sonore, stimulations olfactives, etc. Nous présenterons au paragraphe 2 du chapitre « méthodologie » les différentes scènes urbaines retenues pour constituer le parcours urbain de cette recherche.

Notre questionnement concerne l'effet de la structure (et de l'ambiance qui s'en dégage) urbaine sur le système constitué par le marcheur aveugle et l'environnement urbain qu'il parcourt. Ne peut-elle pas, tour à tour, aider ou perturber ce système, en fonction des affordances disponibles et perçues par l'individu privé de la vue ? En accord avec notre revue de la littérature, nous proposons une approche descriptive de l'influence de l'ambiance urbaine sur la relation entre l'individu et l'environnement, considérée selon les trois axes suivants.

- La perception et le ressenti : nous nous intéressons aux modalités sensorielles évoquées lors du déplacement sans la vue, mais aussi au ressenti que le piéton aveugle peut avoir de son environnement.
- Le stress et la vigilance : stress et vigilance sont des composants majeurs de l'activité motrice (*fight-or-flight response*). Lors des déplacements urbains, le stress (perçu ou objectif) ainsi que le sentiment de vigilance qui en découle peuvent notablement infléchir les itinéraires pratiqués, ou entraîner des conduites d'évitement.
- La représentation et la gestion de l'espace : liée à la perception, la représentation mentale favorise l'orientation ainsi que les prises de décision nécessaires pour arriver à destination. Elle constitue un support essentiel au déplacement.

La figure 22 ci-dessous propose une modélisation de cette interaction.

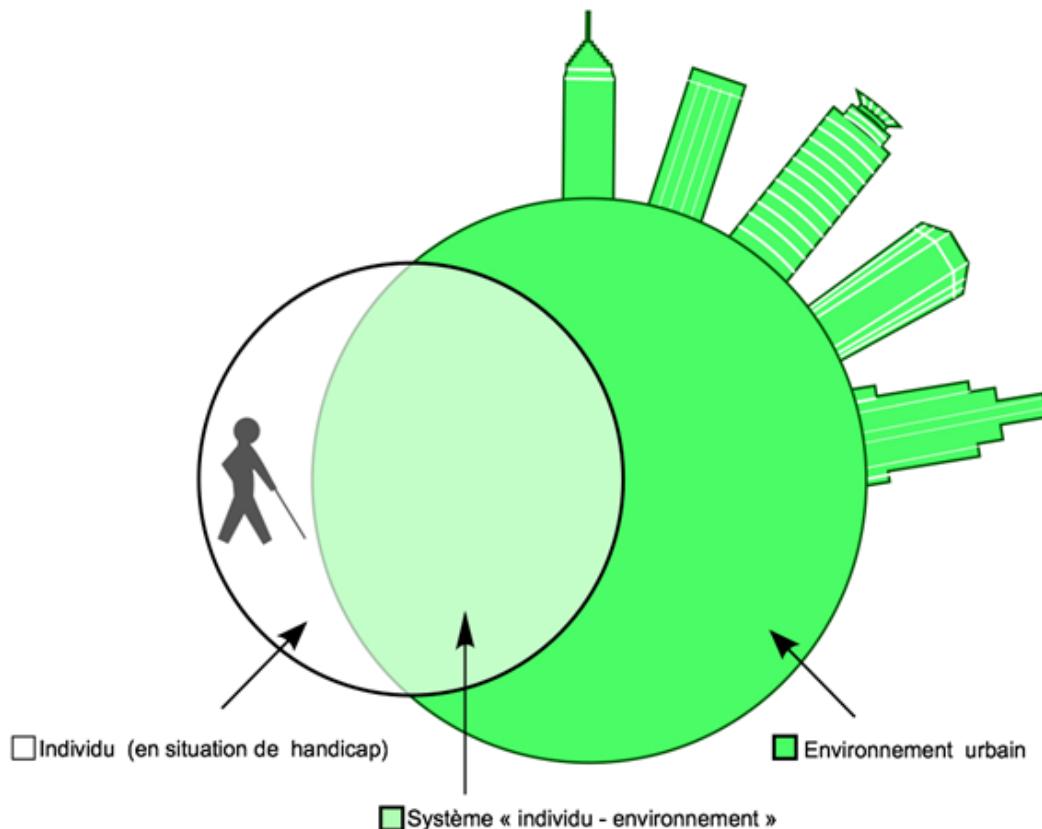


Figure 22 : Le piéton aveugle et l'environnement lors du déplacement urbain

3. Hypothèses générales

Dans le cadre du déplacement des aveugles en ville, nous faisons l'hypothèse que les différentes « scènes urbaines »²⁵ influencent significativement le système *individu-environnement*. Plus précisément, nous faisons l'hypothèse que le changement de structure environnementale au cours d'un déplacement produit des ambiances qui influencent les trois aspects du système *individu-environnement* retenus dans cette recherche : la perception et le ressenti, le stress et la vigilance, et enfin la représentation et la gestion de cet environnement.

²⁵ Pour la formulation de nos hypothèses, nous faisons référence à la « scène urbaine » comme facteur de variation de nos différentes mesures. Une description détaillée des scènes retenues pour cette recherche se trouve au deuxième paragraphe de la méthodologie.

3.1. Modalités sensorielles sollicitées

En accord avec notre revue de la littérature, nous faisons tout d'abord l'hypothèse qu'en l'absence de vision, les entrées sensorielles auxquelles les piétons font référence sont majoritairement auditives et tactiles. Cette hypothèse permet de valider, dans le cadre spécifique de notre protocole, l'utilisation des éléments auditifs et tactiles de l'environnement comme étant des facteurs pertinents de différenciation « d'ambiances urbaines » pour les personnes aveugles.

3.2. Perception et ressenti

Nous faisons l'hypothèse que les changements d'ambiances et de structures environnementales influencent significativement le ressenti des marcheurs aveugles lors d'un déplacement. Nous attendons, par conséquent, des différences significatives dans les commentaires produits par ces derniers, en fonction de l'ambiance urbaine dans laquelle ils sont formulés.

3.3. Stress et vigilance

En accord avec les données de la littérature, nous faisons l'hypothèse que les changements d'ambiances et de structures environnementales influencent significativement le *stress* ressenti et la *vigilance* suscitée chez le piéton aveugle.

Nous pensons retrouver cet effet au niveau de l'activation du système nerveux autonome, qui est le support et révélateur physiologique de ces états. Dans une ambiance favorable et étayante pour le déplacement, le piéton aveugle ressent moins de stress et éprouve moins le besoin d'être vigilant. Nous attendons donc un niveau d'activation du système nerveux autonome moindre dans ce type d'ambiance, moins exigeante. En revanche, une ambiance défavorable entraîne plus de stress et de vigilance. Nous attendons alors une activité plus importante au niveau du système nerveux autonome dans un tel environnement.

3.4. Représentation et gestion de l'espace

Nous faisons l'hypothèse que les changements d'ambiances et de structure environnementale influencent significativement la représentation et la gestion de l'espace urbain. Dans une ambiance favorable à son déplacement, le marcheur aveugle gère de façon plus efficace son déplacement et en construit une meilleure représentation. En revanche, dans une ambiance plus défavorable pour le déplacement, il éprouve plus de difficultés à gérer son déplacement et en construit une représentation moins fidèle.

Ajoutons qu'en accord avec notre précédente hypothèse, un environnement favorisant l'acquisition d'une représentation mentale effective a tendance à réduire le stress. À l'inverse, un environnement défavorable pour la représentation mentale est susceptible d'augmenter le stress.

Chapitre III : Méthodologie

1. Introduction et présentation générale

Nous présentons ici nos différentes méthodes de recueil, qui sont relativement variées dans leurs formes. Cette partie est également l'occasion de présenter la population qui a participé au déroulement de notre recherche. Nous avons d'abord assisté à deux assemblées générales de deux associations lyonnaises de personnes déficientes visuelles, et procédé à quatre entretiens thématiques *semi-dirigés*, portant sur l'élaboration d'un trajet. Nous avons extrait de ces entretiens des éléments spécifiques concernant les déplacements des personnes aveugles, tels qu'elles les décrivent.

Ainsi, il s'avère que les trajets effectués sont en grande partie des trajets connus, préalablement repérés, même si cela n'est pas toujours le cas. Un trajet connu est bien souvent un trajet pratiqué régulièrement et balisé par une séquence de repères. Dans le cadre de notre protocole expérimental, cette donnée s'exprime par le choix de travailler sur un seul cheminement prédéfini pour l'ensemble des participants, mais parcouru à plusieurs reprises, afin d'en acquérir une certaine connaissance. Une telle démarche nous permet d'être proche des conditions réelles de déambulation en ville et nous offre la possibilité de recueillir les données utiles à notre étude au cours de plusieurs passages. L'effet d'apprentissage du parcours ne constitue pas réellement un problème dans ce cas, puisque pour un même individu, les diverses étapes ne sont pas comparées entre elles, mais permettent d'évaluer différentes hypothèses.

Dans un premier temps, nous présentons la manière dont le choix géographique du parcours s'est opéré. Nous exposons ensuite le déroulement du protocole expérimental, avec ses différentes phases. Nous présentons la population de notre étude, ainsi que la façon dont nous l'avons rencontrée. Enfin, nous détaillons, pour chacune des passations du parcours, les données recueillies et nos choix méthodologiques.

2. Choix du parcours urbain

« Le bruit n'est pas uniquement source de gêne. Il est une expression de la vie même, il donne des informations, il définit des ambiances. A chaque espace urbain correspond une ambiance, un niveau sonore spécifique, en fonction de sa forme et de ses fonctions dominantes. » (J. E. Rouillet in Bar & Loyer, 1981, p. 1)

Définir un parcours urbain est une tâche à la fois simple et complexe. Le lieu doit être accessible, représentatif de la ville et permettre le déploiement d'un protocole de recherche dans de bonnes conditions. L'étude du déplacement urbain en ville permet d'avoir une vue d'ensemble des variables en jeu (paramètres socioculturels et temporels) permettant une analyse plus juste des interactions *homme-environnement*. Certains auteurs ont entrepris une approche en conditions réelles. Parmi eux, Espinosa, Ungar, Ochaita, Blades et Spencer (1998) ont choisi de comparer différentes méthodes pour présenter un

environnement urbain à un piéton aveugle (plan en relief, expérience directe, ou description verbale). Le protocole expérimental utilisé dans leur recherche s'est déroulé dans les rues de Madrid en Espagne (fig. 23), et de Sheffield en Angleterre, sur deux parcours relativement longs de respectivement de 2,05 km et de 1,2 km. Cette étude montre les apports de l'utilisation de carte tactile dans la préparation d'un déplacement. Notre choix méthodologique s'inspire en grande partie de cette recherche.

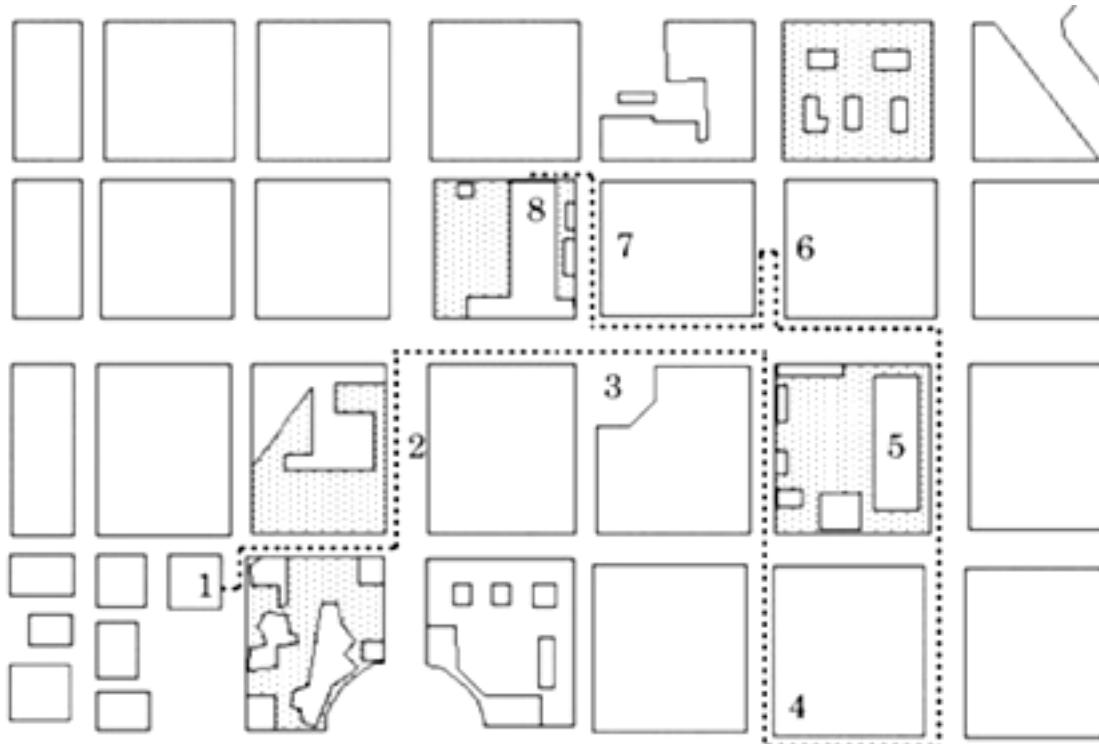


Figure 23 : Parcours expérimental à Madrid

Source: Espinosa et coll. (1998, p. 279)

2.1. Des ambiances urbaines

Afin de délimiter notre parcours et de définir les éléments environnementaux s'y trouvant, nous avons travaillé en collaboration avec une équipe de géographes de l'Université Jean Moulin (Lyon 3). Nous avons retenu plusieurs éléments dont la combinaison peut définir des scènes aux ambiances particulières. En effet, à la lumière de la revue de la littérature, il nous a semblé pertinent de différencier les scènes selon trois critères spécifiques, qui peuvent influencer potentiellement le piéton aveugle dans ses déplacements : ces critères font référence principalement aux entrées sensorielles auditives, tactiles et proprioceptives. L'équilibre obtenu entre ces éléments permet d'offrir des scènes urbaines spécifiques, desquelles se dégagent des « ambiances » particulières, que nous souhaitons voir représentées dans le parcours proposé dans cette recherche. Elles constituent les variables indépendantes (VI) de notre étude.

2.1.1. Discrimination sonore et informations auditives

L'environnement urbain offre tour à tour des ambiances calmes ou plus bruyantes, qui peuvent favoriser ou gêner la discrimination de sources sonores. Les voies de circulation caractérisées par la densité et le type de flux automobile, modifient, par exemple, significativement la saturation sonore. Nous savons que la présence d'une source sonore fixe et discernable sur un trajet contribue à enrichir l'information spatiale obtenue au cours du déplacement (Baltenneck, 2005 ; Portalier & Vital-Durand, 1989 ; Veraart & Wanet, 1984). La perception du bruit de la circulation permet ainsi au sujet aveugle de se prémunir contre le risque de collision ; nous faisons l'hypothèse que ce flux soutenu de véhicules peut constituer un guidage sonore utile. Notre parcours expérimental reflète cette diversité, avec la présence d'axes de circulation majeurs et complexes, très bruyants, mais aussi de rues secondaires moins fréquentées, dont le flux est plus facilement identifiable, proposant ainsi des ambiances variées en termes de discrimination auditive.

2.1.2 Réverbération sonore et écho

L'environnement urbain offre également de nombreuses structures favorisant l'écho et la réverbération sonore, créant un champ acoustique diffus (Bar & Loyer, 1981). Ainsi, en fonction des espaces parcourus, *ouverts* ou *semi-ouverts*, la réverbération change, pouvant être potentiellement utile dans le déplacement en favorisant *l'écholocalisation* (Arias, 1996). Dans l'itinéraire que nous avons choisi, l'encaissement variable est à l'origine d'une réverbération plus ou moins prononcée, avec la présence de *canyon urbain*²⁶ à certains emplacements.

Un dégagement vertical important peut, en revanche, favoriser la thermoacuité, parfois utilisée par le piéton aveugle pour s'orienter, en fonction de l'heure et de la position du soleil. Néanmoins, notre protocole se déroulant en hiver (janvier, février et mars 2009), nous n'avons pas retenu cet élément comme étant significatif, le ciel étant le plus souvent très couvert en cette période.

2.1.3. Stimulation tactile et proprioceptive

Enfin, l'environnement urbain offre des *stimulations tactiles* variables. Nous entendons par stimulation tactile celle de la sensibilité superficielle par les vibrations de la canne blanche (bordures et largeurs de trottoirs, etc.), ou les répercussions du mouvement du harnais du chien-guide notamment, mais aussi la stimulation de la sensibilité profonde, proprioceptive, lors des abaissements de trottoirs marqués.

2.1.3.1. Relief urbain

Depuis une dizaine d'années, une homogénéisation du sol urbain se développe, par suppression des délimitations physiques afin de favoriser le déplacement des personnes à mobilité réduite en fauteuil roulant, des parents avec poussettes ou des personnes âgées par exemple. Les trottoirs sont abaissés au niveau de la chaussée aux points de traversées ou quelquefois sur des zones beaucoup plus étendues. Ces « zones apaisées » ou « zones de rencontre » sont donc fondées sur une vision positive du partage de l'espace par tous les usagers. Ces modifications peuvent cependant nuire d'une certaine façon aux déficients visuels en créant un « effet dalle », qui estompe les limites des trottoirs, lieux sécurisés de déplacement du piéton aveugle (Uzan, 2008). Nous avons veillé, dans la préparation du parcours, à ce que de tels espaces urbains soient bien représentés dans le trajet.

²⁶ Terme proposé par Bar et Loyer (1981) dans *Bruit et Formes Urbaines*.

2.1.3.2. Encombrements

La ville est un espace vivant pouvant se transfigurer en fonction de l'heure à laquelle elle est traversée : les trottoirs, lieux de passage, d'échanges et parfois de stockage ont de ce fait une géométrie changeante. Afin d'éviter que cette variabilité ne perturbe notre recherche, les parcours ont été réalisés au cours des mêmes tranches horaires en semaine. Nous avons toutefois inclus une zone commerçante dont les trottoirs sont régulièrement encombrés d'obstacles en tous genres (cartons et caisses de livraison, étalages de fruits et légumes, etc.)

Sans tenir lieu de liste exhaustive, nous pensons que la modulation de différents éléments environnementaux permet d'identifier des lieux aux ambiances sensiblement différentes dans le paysage urbain.

2.2. Vers un parcours urbain...

Guidé par ces critères, nous avons établi un itinéraire avec l'aide d'étudiants en Master de géographie, spécialisés dans les questions d'aménagement du territoire. Le secteur de la Guillotière, situé entre le 3^e et le 7^e arrondissement de Lyon, a retenu notre attention. Ce quartier populaire, animé, et proche du Rhône, présente l'avantage d'offrir des environnements assez variés dans un espace relativement peu étendu. De plus, le Grand Lyon (service de la voirie) a favorisé notre projet en mettant à notre disposition un local dans l'immeuble CLIP situé à proximité du parcours. Nous avons ainsi pu bénéficier d'un bureau pendant la durée de l'expérimentation, et travailler dans de bonnes conditions pour :

- accueillir et informer les participants,
- les équiper d'un capteur d'activité du Système Nerveux Autonome (SNA),
- leur faire dessiner le chemin parcouru,
- leur proposer les questionnaires.

Enfin, et c'est un élément clé pour le bon déroulement de notre recherche, ce quartier est central et facilement accessible à nos participants grâce à deux stations de métro (deux lignes différentes), une station de tramway ainsi que trois lignes de bus. Nous proposons maintenant une description détaillée du parcours que nous avons retenu pour notre recherche.

2.3. Description du parcours

« Le monde ne se réduit pas à une scène » (Goffman, 1974, p. 9)

Le tracé d'environ 950 mètres, est parcouru en approximativement 20 minutes de marche, à une vitesse soutenue de 5 km/h. L'itinéraire est relativement complexe puisqu'il comporte au total neufs changements successifs de direction. Cependant, le maillage général est orthogonal, formant des angles de 90° (ou très proches) suivant des axes rectilignes nord-sud et est-ouest. Ce parcours, totalement inconnu de l'ensemble des sujets avant leur premier passage, est très diversifié par :

- la largeur des rues,
- les flux circulatoires variés (dans leur sens et leur intensité),
- le relief du sol assez variable (présence de trottoirs ou sol aplani),
- des quartiers plus ou moins typés et fonctionnels (rue résidentielle ou commerçante, impasse, etc.).

- la présence d'escaliers qui sont montés ou descendus,
- la traversée d'axes de circulation importante,
- un cheminement original le long des berges du Rhône.

Nous pouvons le diviser en cinq parties qui varient par la structure et l'ambiance environnementale en faisant référence à la notion de « scènes urbaines »²⁷ (Allen, 1999) (cf. paragraphe 5.2.2 de l'approche théorique). Ce découpage est effectué dans le sens de la progression sur le trajet. Nous proposons une description de chacune de ces cinq scènes. La figure 24 ci-dessous présente une vue satellite du quartier, avec les scènes et le tracé du parcours. Un plan détaillé du quartier se trouve en annexes, au paragraphe 2.

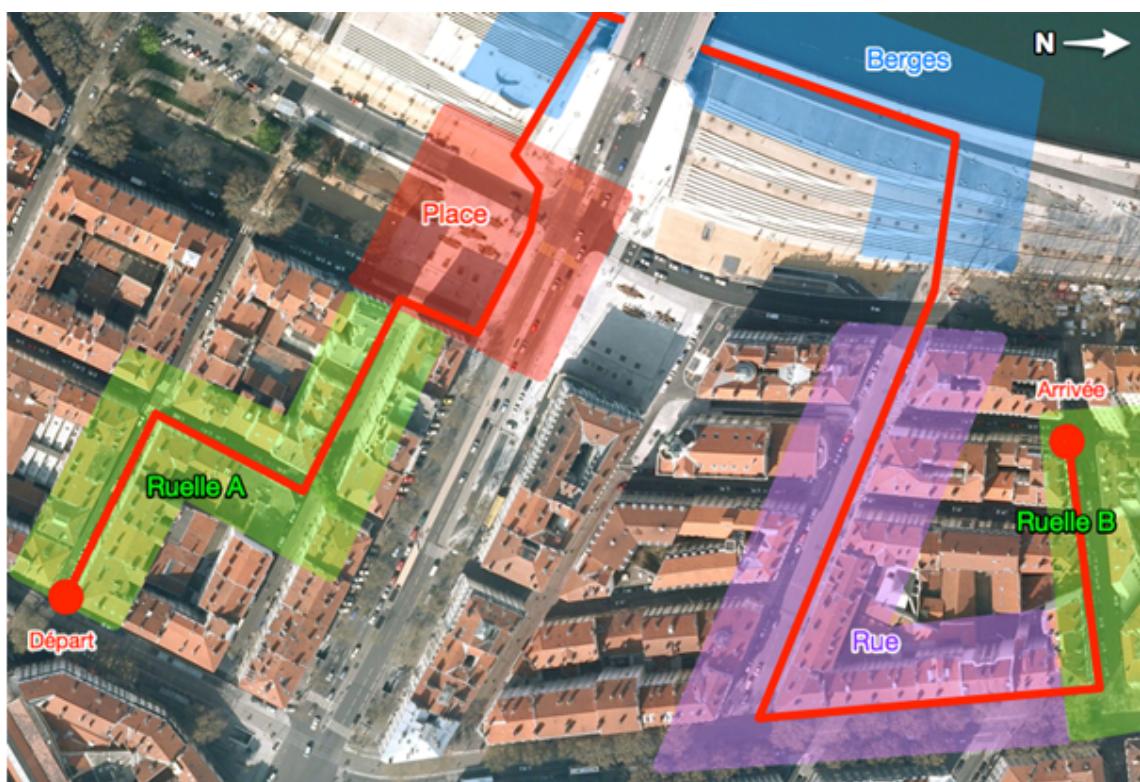


Figure 24 : Vue satellite du parcours urbain de 950 mètres, à Lyon (le nord se trouve à droite sur cette vue)

Source : Google Maps & Google Earth ©. L'intérêt de cette vue satellite est de révéler la structure urbaine (plus ou moins dense) des différentes scènes du parcours.

2.3.1. Scène 1 : la « Ruelle A » dans le quartier chinois

La prise de contact avec le trajet est constituée de la rue Passet, puis de la rue Pasteur, et enfin de la rue Basse Combalot. Cette scène se termine par des escaliers débouchant sur la place Raspail. Il s'agit d'un quartier commerçant à l'architecture ancienne (19^e siècle). Les rues y sont relativement étroites et peu passantes, l'encaissement par les immeubles environnants forme un canyon urbain et favorise la réverbération sonore. Les trottoirs également étroits sont souvent encombrés, car de nombreux commerces les utilisent comme zone de déchargeement. Rien n'est réalisé dans cet environnement pour faciliter la

²⁷ Nous avons également retenu ce terme pour qualifier les environnements en référence à la « représentation théâtrale » que Goffman utilise comme cadre d'analyse des interactions (Winklin, 1988).

déambulation des personnes en situation de handicap : les trottoirs ne sont pas abaissés au niveau des traversées, et il n'y a ni bandes d'éveil de vigilance, ni feux sonores. Cette scène favorise des stimulations tactiles grâce à un relief urbain très marqué (trottoirs étroits, dénivélés notables lors du passage sur la chaussée). La circulation, calme, est à sens unique vers l'ouest dans la rue Passet, et vers le nord dans la rue Pasteur. Enfin, le niveau sonore moyen y est relativement faible, entre 50 et 57 dB selon les mesures effectuées²⁸ *in situ*. Les lieux offrent parfois des parfums d'épices prononcés, en raison de la présence de restaurants et d'épiceries asiatiques. Néanmoins, notre expérimentation se déroulant au cours de la période hivernale, les portes sont restées bien souvent fermées, les odeurs ne diffusant alors que très peu... La rue Basse Combalot, qui clôture cette scène débouche sur de raides escaliers, que nous empruntons pour atteindre la place. La distance ainsi parcourue est de 195 mètres.



Figure 25 : Scène 1, la « Ruelle A »

Source : Baltenneck (2009)

La figure 26 ci-dessous présente la répartition des trois critères retenus pour définir l'ambiance urbaine de cette première scène. Par commodité, nous lui donnons le nom de « Ruelle A ». Concernant nos hypothèses, cette scène est très favorable pour le système *individu-environnement* grâce à :

- des stimulations tactiles et proprioceptives régulières dans l'environnement,
- un volume sonore ambiant relativement faible, favorisant la discrimination sonore de sources isolées, aidant le déplacement (*hi-fi* selon Murray Shafer, 1979),
- une structure architecturale contribuant à la réverbération sonore et l'écholocalisation.

²⁸ Mesures effectuées en collaboration avec Acoucité, association « pôle de compétence bruit à Lyon » : <http://www.acoucite.asso.fr/>

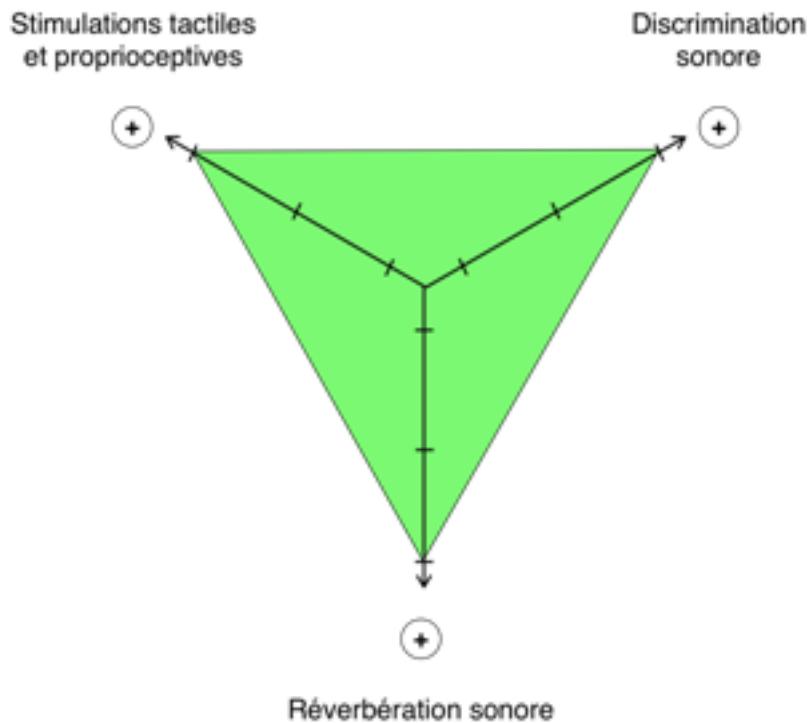


Figure 26 : Scène « Ruelle », selon nos critères d'ambiance

Hypothèses opératoires

Par conséquent l'ambiance « ruelle » est très favorable concernant :

- la perception de l'environnement, le sentiment de confort et de sécurité (**H1**),
- les niveaux de stress et de vigilance, plus faibles que dans les autres scènes (**H2**),
- la représentation et la gestion de l'espace (**H3**),

2.3.2. Scène 2 : la « Place » Raspail

Cette scène est radicalement différente de la précédente. L'escalier de la rue Basse Combalot matérialise la transition. La place Raspail se situe à l'intersection de deux axes majeurs de circulation : le cours Gambetta (axe est-ouest) et le quai Claude Bernard (axe nord-sud). Il s'agit d'un espace très ouvert, particulièrement bruyant aux heures où nous l'avons pratiqué, avec un volume sonore que nous avons mesuré entre 65 et 78 dB. Il est également très aéré car le vent circulant le long du couloir fluvial situé en bordure y souffle régulièrement, et parfois puissamment, renforçant cette sensation de dégagement. La place est bordée d'une contre-allée, la rue Cavenne (circulation à sens unique vers le nord) que les sujets longent puis traversent avant de l'atteindre. Cet ensemble constitue l'aménagement récent de l'ancienne *Fosse aux Ours* répondant aux normes actuelles d'accessibilité avec des trottoirs très larges et abaissés au niveau de la chaussée, des feux sonores et des bandes d'éveil de vigilance aux points de traversée. La distance parcourue dans cette scène est de 110 mètres.



Figure 27 : Scène 2, la « Place »

Source : Baltenneck (2009)

Comme pour la « Ruelle A », la figure 28, ci-dessous, présente l'équilibre entre discrimination sonore, réverbération sonore et stimulations tactiles pour cette deuxième scène, que nous nommons « Place ». Concernant nos hypothèses, nous considérons son ambiance comme « très défavorable » pour le système *individu-environnement* à cause :

- du manque de stimulations tactiles et proprioceptives régulières dans l'environnement,
- d'un volume sonore ambiant saturé, ne permettant pas la discrimination sonore de sources isolées (*lo-fi* selon Murray Shafer, op. cit.),
- d'une structure architecturale n'offrant aucune réverbération sonore, défavorable pour les informations obtenues par écholocalisation.

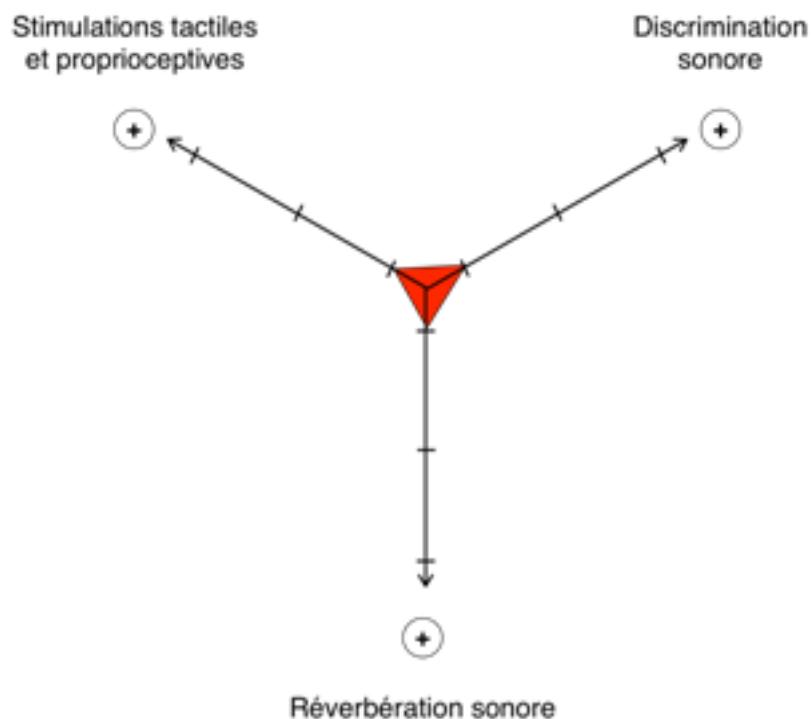


Figure 28 : Scène « Place », selon nos critères d'ambiance

Hypothèses opératoires

Par conséquent, l'ambiance « Place » est très défavorable concernant :

- la perception de l'environnement, entraînant un sentiment d'inconfort et d'insécurité fort (**H1**),
- les niveaux de stress et de vigilance, plus élevés que dans les autres ambiances urbaines (**H2**),
- la représentation et la gestion de l'espace (**H3**).

2.3.3. Scène 3 : les « Berges » du Rhône

Les escaliers qui descendent vers les berges le long du pont de la Guillotière forment la transition avec la place Raspail. Le volume sonore diminue de façon significative et immédiate, le marcheur étant alors protégé par le flanc sud de la culée du pont. Lorsque l'on chemine au bord du Rhône, le niveau sonore élevé que l'on vient de quitter a presque totalement disparu, et laisse place au bruit lointain des voies de circulation de l'autre côté du fleuve... Par ailleurs, cet espace reste toujours très ouvert et aéré (couloir fluvial), sans aucune réverbération sonore à l'exception du passage sous le pont. Le changement d'ambiance est en partie lié à la nouvelle fonction de cet environnement. Les berges du Rhône, récemment aménagées (Vignon, 2008) constituent un lieu d'agrément et de plaisir. En effet, le piéton a été placé au centre du projet d'aménagement devant remplacer l'ancienne zone de stationnement des voitures. Les véhicules à moteur y sont interdits en dehors de ceux du service de la voirie. Il existe deux bandes de circulation : l'une piétonnière et l'autre pour les vélos, rollers et autres patinettes... Il s'agit donc de l'application du concept de « zones apaisées » ou « zones de rencontre » (Uzan, Seck,

Sidot & Dejeammes, 2008). Les berges sont agrémentées d'éléments décoratifs comme un petit cours d'eau artificiel parallèle au Rhône, enjambé par des passerelles en bois au bas des escaliers d'accès, ainsi que des espaces verts et des gradins qui forment le flanc des berges. Des rampes faiblement inclinées sont prévues pour les personnes en fauteuil. Il n'y a, en revanche, aucun élément significatif implanté en faveur des personnes déficientes visuelles. Nous notons ainsi l'absence de bande de guidage ou de protection contre la chute, particulièrement au niveau de la rive ! Cependant des bandes pavées séparent les rubans piétonnier et cyclable et peuvent faire office de guidage tactile. Le cheminement se termine par une passerelle en bois identique à celle d'arrivée, sans garde-corps, facilement reconnaissable à la canne par sa texture, et donnant accès aux escaliers remontant vers le quai Augagneur. Celui-ci est dans le prolongement du quai Claude Bernard précédemment traversé au niveau de la place Raspail. La distance parcourue dans cette scène est de 177 mètres.



Figure 29 : Scène 3, les « Berges »

Source : Baltenneck (2009)

La figure 30 ci-dessous présente l'équilibre entre les trois critères définissant l'ambiance de cette troisième scène, que nous nommons « Berges ». Concernant nos hypothèses, nous considérons que l'ambiance qui y réside est « défavorable » pour le système *individu-environnement* à cause :

- d'une ambiance sonore ne permettant pas la discrimination sonore de sources isolées (manque d'informations sonores, *lo-fi* selon Murray Shafer, op. cit.),
- d'une structure architecturale n'offrant aucune réverbération sonore, défavorable pour les informations obtenues par écholocalisation.

Cette ambiance offre cependant une possibilité de guidage tactile (contraste de texture au sol), si elle est perçue et retenue par le piéton aveugle lors de son déplacement.

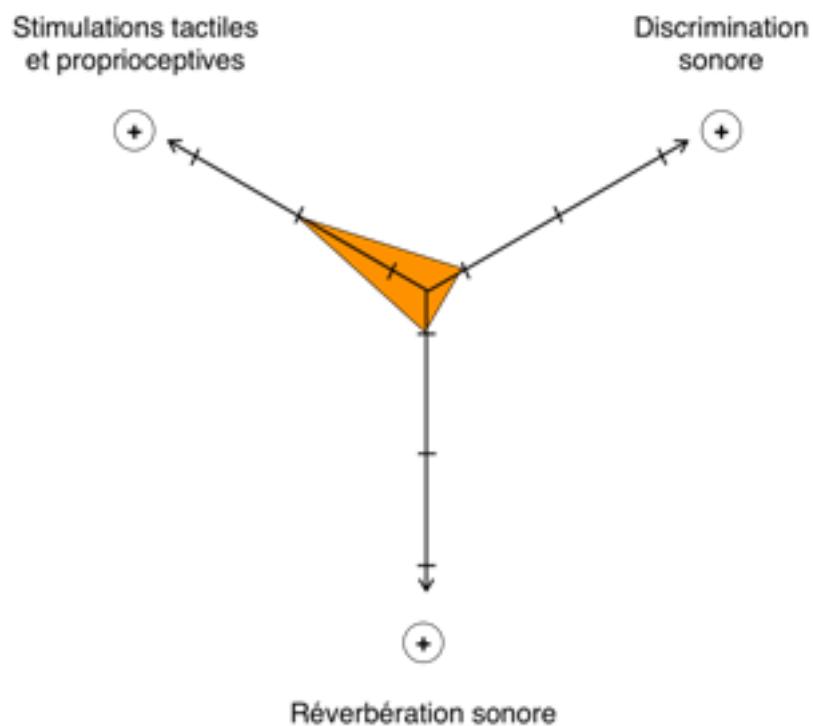


Figure 30 : Scène « Berges » selon nos critères d'ambiance

Hypothèses opératoires

Par conséquent l'ambiance « Berges » est défavorable concernant :

- la perception de l'environnement, entraînant un sentiment d'inconfort et d'insécurité (**H1**),
- les niveaux de stress et de vigilance plus élevés que dans les ambiances urbaines « Rue » et « Ruelle » (**H2**),
- la représentation et la gestion de l'espace, mais dans une moindre mesure que pour la place (**H3**).

2.3.4. Scène 4 : « la Rue »

La rue Aimé Collomb est un axe relativement large et calme. Il y a une circulation automobile dans les deux sens (est-ouest). Le trottoir nord que nous empruntons longe une façade d'immeubles favorisant la réverbération sonore et croise deux axes secondaires :

- la rue Jean Larrivé,
- la rue de la Victoire.

Ces traversées sont marquées par des abaissements de trottoirs arrondis très prononcés. Il y a peu d'obstacles à l'exception d'une petite terrasse de café néanmoins peu fréquentée en cette saison hivernale. Cette partie de notre parcours descend en pente douce mais perceptible en direction du cours de la Liberté, offrant une sensation proprioceptive marquée.



Figure 31 : Scène 4, la « Rue »

Source : Baltenneck (2009)

Le cours de la Liberté est un axe majeur, parallèle au Rhône. La chaussée est divisée en deux parties égales, l'une pour les voies du tramway et l'autre en sens unique pour les véhicules. Le trottoir emprunté est large (8 mètres environ), bordé de hautes façades d'immeubles à gauche et d'une rangée de grands platanes, à droite. Les commerces nombreux attirent une fréquentation piétonne régulière circulant assez librement du fait de l'absence d'encombremens. Une étroite grille métallique de caniveau court dans l'axe, sur une grande portion de ce trajet (cf. photo ci-dessus), offrant la possibilité de guidage tactile au bout de la canne blanche. La distance parcourue dans cette scène est de 264 mètres.

La figure 32 présente l'équilibre entre les trois critères retenus pour définir l'ambiance de cette quatrième scène, que nous nommons « Rue », par contraste avec l'ambiance « Ruelle ». Nous considérons l'ambiance de cette scène comme relativement « favorable » pour le système *individu-environnement* grâce à :

- des stimulations tactiles et proprioceptives possibles dans l'environnement,
- un volume sonore ambiant relativement faible, favorisant la discrimination sonore de sources isolées, aidant le déplacement (*hi-fi* selon Murray Shafer, op. cit.),
- une structure architecturale favorisant la réverbération sonore et l'écholocalisation.

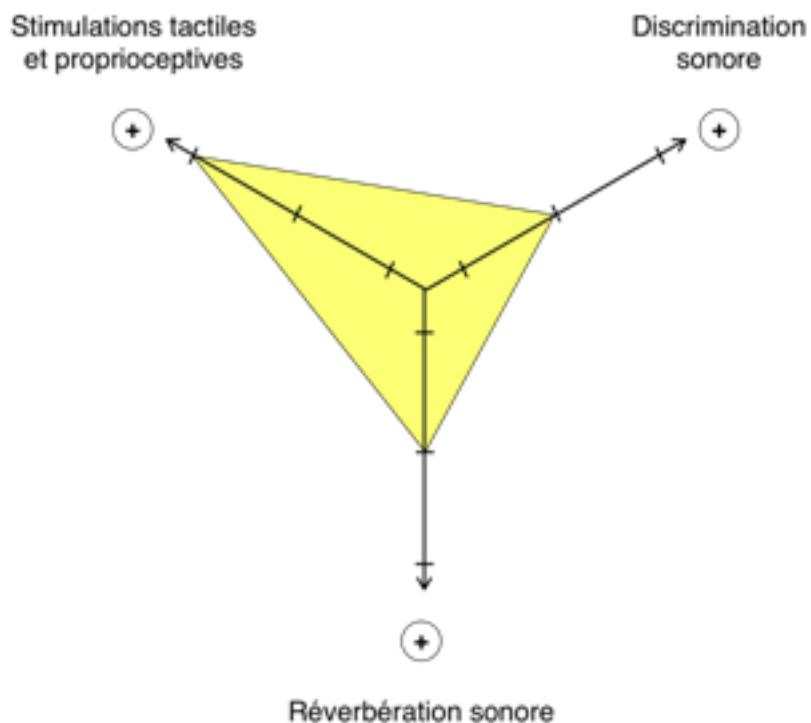


Figure 32 : Scène « Rue » selon nos critères d'ambiance

Hypothèses opératoires

Par conséquent l'ambiance « Rue » est relativement favorable concernant :

- la perception de l'environnement, le sentiment de confort et de sécurité (**H1**),
- les niveaux de stress et de vigilance, plus faibles que dans les autres ambiances urbaines (**H2**),
- la représentation et la gestion de l'espace (**H3**).

2.3.5. Scène 5 : la « Ruelle B »

La rue Chapponnay est la première rue croisée au bout de notre cheminement sur le cours de la Liberté. Nous l'empruntons en virant à gauche, vers l'ouest, en direction du Rhône. Cette petite rue ressemble beaucoup à la rue Pasteur, parcourue en début de trajet : les voitures, peu nombreuses, n'y circulent que dans un sens, en direction de l'est. Les trottoirs sont moins encombrés mais étroits (1,2 mètres par endroit) et couverts d'un revêtement passablement détérioré et assez irrégulier. Cette scène offre ainsi des stimulations tactiles et une réverbération sonore marquée. Elle est parallèle à la rue Aimé Collomb et traverse de même la rue de la Victoire et la rue Jean Larrivé. C'est au croisement avec la rue Larrivé que s'achève le parcours. Il n'y a aucun aménagement en faveur de l'accessibilité. La longueur de cette portion est de 90 mètres.



Figure 33 : Scène 5, la « Ruelle B »

Source : Baltenneck (2009)

La figure 34 présente ci-dessous l'équilibre entre les trois critères retenus pour définir l'ambiance de cette cinquième et dernière scène. Nous retrouvons ici l'ambiance « Ruelle », rencontrée en début de parcours, avec un niveau sonore peu saturé, un environnement favorisant la réverbération, ainsi que de nombreuses stimulations tactiles. Nous considérons à nouveau l'ambiance de cette scène comme « très favorable » pour le système *individu-environnement* grâce à :

- des stimulations tactiles et proprioceptives régulières dans l'environnement,
- un volume sonore ambiant relativement faible, favorisant la discrimination sonore de sources isolées, aidant le déplacement (*hi-fi* selon Murray Shafer, op. cit.),
- une structure architecturale favorisant la réverbération sonore et l'écholocalisation.

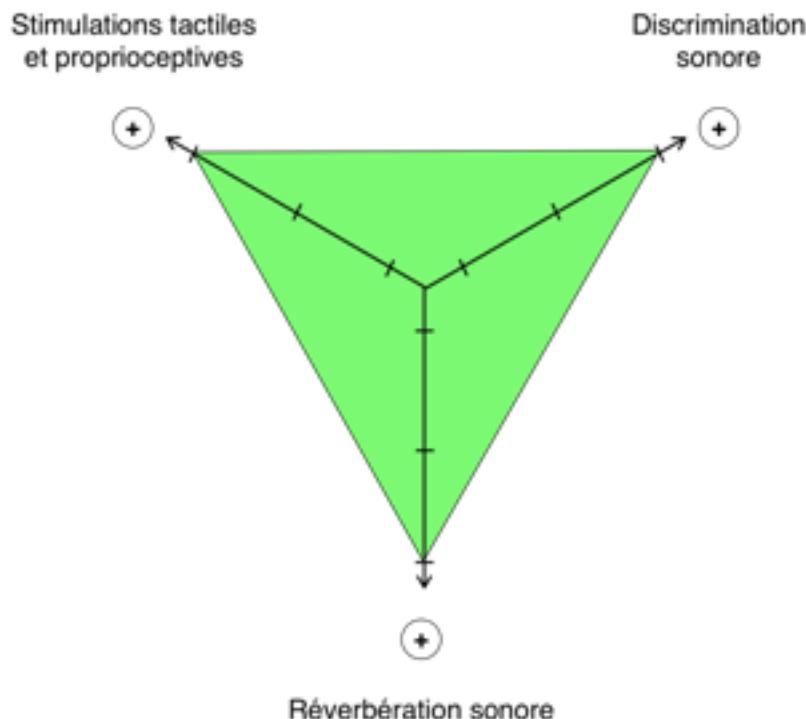


Figure 34 : Scène « Ruelle » selon nos critères d'ambiance

Hypothèses opératoires

Par conséquent l'ambiance ruelle est très favorable concernant :

- la perception de l'environnement, le sentiment de confort et de sécurité (**H1**),
- les niveaux de stress et de vigilance, plus faibles que dans les autres ambiances urbaines (**H2**),
- la représentation et la gestion de l'espace (**H3**).

2.3.6. Résumé des hypothèses opératoires

Le tableau 2 ci-dessous, présente les hypothèses opératoires qui sous-tendent notre travail, en fonction des différentes scènes rencontrées sur le parcours. Nous y avons également fait correspondre nos différentes méthodes de recueil de données, que nous présentons en détail dans la suite de ce chapitre, au paragraphe 4.

Tableau 2 : Hypothèses opératoires et éléments méthodologiques

	SCENES URBAINES			
	Place	Berges	Rue	Ruelles A et B
Perception de l'environnement	très défavorable	relativement défavorable	relativement favorable	très favorable
Variables (scores)				
Nature des commentaires	défavorables, faisant état d'un ressenti plus désagréable		favorables, faisant état d'un ressenti plus agréable	
Niveau de tranquillité	très faible	faible	élévé	très élevé
Niveau de plaisir				
Niveau de sécurité				
Niveau d'anxiété	très élevé	élévé	faible	très faible
Stress vigilance et activation du SNA	très défavorable	relativement défavorable	relativement favorable	très favorable
Variables (scores)				
Niveau de stress	très élevé	élévé	faible	très faible
Niveau de vigilance				
Activité électrodermale				
Représentation et gestion de l'espace	très défavorable	relativement défavorable	relativement favorable	très favorable
Variables (scores)				
Fidélité du dessin du parcours	très faible	faible	élévé	très élevé
Orientation et gestion du déplacement				

3. Population de l'étude

Le maillage associatif lyonnais dans le domaine de la déficience visuelle est particulièrement développé. Il est important de comprendre et de bien connaître cet environnement associatif, qui a constitué un appui *primordial* pour cette recherche. Pour mener à bien notre projet, nous avons principalement fait appel à deux grandes structures.

3.1. Comité Louis Braille

Le Comité Louis Braille est une Association régie par la loi de 1901. Créé en 1953, il rassemble, en 2008, 22 organismes d'aveugles et de déficients visuels des départements du Rhône, de l'Ain, de l'Isère, de la Loire et de la Haute Loire. Ils regroupent des associations, des Établissements et de Service d'Aide par le Travail (ESAT), des écoles, des foyers de vie et de retraite, des bibliothèques sonores, des centres de réadaptation et de formation professionnelle, etc.

Le Comité Louis Braille constitue une véritable force de propositions, regroupant l'ensemble des organismes œuvrant pour les aveugles et les malvoyants. Il a pour objectif de rassembler les idées, les réflexions, les propositions pour ensuite harmoniser les démarches et les revendications. Parmi les réalisations qu'il a effectuées depuis sa création, citons :

- des recherches d'emplois,
- des colloques lors des Salons Handica, ainsi que diverses conférences,
- des dîners dans le noir,
- la formation des personnes déficientes visuelles à la reconnaissance et à l'utilisation de la monnaie européenne,
- la création d'un service d'information (loisirs, matériel, dossiers administratifs),
- une participation pour les équipements de matériel technique adapté,
- de nombreuses interventions pour l'amélioration de l'intégration scolaire.

Le Comité Louis Braille dont la devise est « Rassembler pour servir » essaie, par tous les moyens qui sont à sa disposition, de participer à l'amélioration de la qualité de vie des personnes handicapées de la vue. Il a créé un service d'informations et de renseignements grâce à une permanence téléphonique, destinée à écouter, renseigner, orienter les personnes aveugles et malvoyantes. Enfin, il est présent dans la plupart des réunions de travail consacrées à l'accessibilité, et notamment dans les récentes Commissions Intercommunales d'Accessibilité (CIA), qui traitent les problèmes rencontrés sur le terrain, dans les transports, dans le cadre bâti, à la maison...

C'est sur la question de l'accessibilité urbaine que notre collaboration s'est construite, en particulier avec la participation du service de la Voirie du Grand Lyon. Le Comité Louis Braille a mis à notre disposition ses canaux de diffusion d'information, ses conseils, et ses recommandations pour mener à bien notre protocole de recherche par l'intermédiaire de son président, M. Alain Duchon-Doris.

3.2. Point de Vue sur la Ville

Issue de la transformation de la Commission Accessibilité du Comité Louis Braille, l'association « Point de Vue sur la Ville »²⁹ a été créée le 15 octobre 2007. Elle se compose de personnes aveugles et malvoyantes, toutes très attachées à leur autonomie de déplacement, ainsi que de personnes voyantes impliquées dans le domaine de la déficience visuelle, dont nous faisons partie. Cette association, avec laquelle nous avons travaillé en très grande proximité, a pour objet de :

- faire respecter les principes d'accessibilité édictés par la loi n°2005-102, du 11 février 2005 et ses décrets d'application,
- représenter les personnes aveugles et malvoyantes, relayer leurs demandes et être une force de propositions,
- encourager le développement et l'application de solutions novatrices dans le domaine de l'accessibilité,
- participer aux actions de recherche (universitaires notamment) en faveur de l'accessibilité et de l'autonomie des personnes déficientes visuelles.

Par ailleurs, convaincus qu'une ville plus sûre et plus accessible favorise la vie sociale, l'intégration scolaire, l'insertion professionnelle et l'accès à la culture et aux loisirs, les

²⁹ Voir site internet : <http://pointdevuesurlaville.org/>

membres de Point de Vue sur la Ville interviennent sur les questions suivantes, relatives à l'accessibilité :

- voirie et espaces publics,
- transports : transports en commun (TCL, SNCF) et transport adapté (Optibus),
- cadre bâti : établissements recevant du public, installations ouvertes au public et bâtiments d'habitation collectifs,
- accès à l'information : sites Internet de services publics, informations sur les transports, bibliothèques municipales...

Point de Vue sur la Ville travaille en partenariat avec les collectivités territoriales : la Ville de Lyon, le Grand Lyon, le Département du Rhône, la Région Rhône-Alpes, le SYTRAL pour les transports, et enfin le monde universitaire avec l'Université de Lyon, par l'intermédiaire du laboratoire Santé Individu Société (EA 4129). Nous-mêmes adhérent à cette association, nous avons présenté notre projet de recherche à différentes reprises lors d'assemblées générales et fait appel à la participation volontaire de leurs membres. En retour de l'aide apportée, notamment au travers des échanges qui ont nourri notre réflexion, un document de synthèse des résultats ainsi que des recommandations relatives aux questions d'accessibilité et de déplacements urbains sera transmis à l'association.

3.3. Population de l'étude

Nous avons défini *quatre principaux critères* d'inclusion pour la population de cette étude :

- la *majorité* légale pour permettre une participation personnelle libre et éclairée,
- une *cécité complète* au sens strict (au plus des résidus visuels ne dépassant pas la très faible perception de la lumière sans possibilité de la localiser),
- un *acquis minimum en locomotion* garanti par une formation préalable pour l'ensemble des participants,
- une *pratique régulière* des déplacements piétons en ville (au moins une fois par jour) afin d'être en mesure de se confronter à un itinéraire inconnu.

Comme nous l'avons précisé, les participants sont issus pour plusieurs d'entre eux du monde associatif. Nous avons également veillé à garder une ouverture dans notre recrutement, avec des personnes sans rapport direct avec un milieu associatif lié à l'accessibilité urbaine : club sportif de Cécifoot, Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie pour Déficients de la Vue (IFMKDV), kinésithérapeutes en pratique libérale... Nous pensons ainsi avoir diversifié suffisamment notre échantillon pour qu'il soit représentatif de la population générale des personnes souffrant de cécité.

La population de cette recherche comprend 27 personnes qui utilisent toutes une canne blanche ou un chien-guide dans leurs déplacements. Ce chiffre peut paraître limité, mais au regard des contraintes importantes temporelles, d'organisation et de recrutement, il n'a pas été possible de faire appel à plus de participants. La moyenne d'âge est de 45,3 ans (21-75 ans), avec un écart type de 14,6. Notre échantillon est composé de 15 femmes et 12 hommes.

L'aide à la déambulation est exclusivement la canne pour 20 personnes, les 7 autres bénéficiant de l'utilisation d'un chien-guide. Cette répartition, due à l'aléa de la candidature, est différente des données sociodémographiques habituellement observées : les personnes utilisant un chien-guide dans leurs déplacements sont *surreprésentées* par rapport aux autres. En effet, Gaunet et Milliet (2010) précisent que le recours au chien-guide est quatre

fois moindre en France (0,67 %) qu'au Royaume-Uni (2,5 %) chez les personnes aveugles et malvoyantes sévères. Rapportées au nombre de personnes atteintes de cécité légale (61 000 personnes³⁰), les 1400 personnes ayant recours au chien-guide représentent 2,5 %.³¹

Parmi les sujets de cette recherche, 9 personnes sont atteintes de cécité précoce, avant l'âge de 3 ans. Les 18 autres personnes l'ont été plus tardivement, certaines à l'âge adulte.

Le tableau 3 ci-dessous présente la répartition des sous-groupes de notre population.

Tableau 3 : Répartition des groupes dans la population

		Mode de déplacement		
Type de cécité	Total	Canne blanche	Chien guide	Total
Précoce	5 (18 %)	4 (15 %)	9 (33 %)	
Tardif	15 (55 %)	3 (11 %)	18 (66 %)	
Total	20 (74 %)	7 (26 %)	27	

3.4. Une démarche éthique

Nous avons proposé à tous les participants un formulaire d'information et de consentement. Ce document est rédigé dans un langage simple et clair, afin d'en assurer une compréhension facile. Nous avons évité, autant que possible, les termes techniques ou nous les avons accompagnés d'explications appropriées. L'objectif d'un tel document est de présenter l'objet de la recherche, son titre, ainsi que le chercheur qui la dirige. Nous y décrivons la nature de l'étude, ses buts et objectifs, et surtout le déroulement de la participation. Cette description comporte la durée de la participation, le nombre de rendez-vous, ainsi que les données qui sont observées et enregistrées pendant la recherche. Le formulaire précise que notre protocole fait appel à l'usage de supports audio et vidéo, ainsi qu'à une mesure physiologique par capteur *non invasif*. Dans le cadre d'une recherche se déroulant en milieu urbain réel, il est particulièrement important d'aborder la question de la sécurité. Ainsi, nous précisons dans notre document que :

« Le parcours ne comprend aucun risque particulier ou supplémentaire par rapport à une déambulation habituelle en ville, pour une personne déficiente visuelle. L'observateur guide, ou suit de façon rapprochée le participant tout au long de son déplacement, en fonction de la session. De plus, des étudiants encadrent le participant en assurant sa sécurité. »

Enfin, ce document informe que l'ensemble de la recherche se déroule sous couvert d'un anonymat strict. Les enregistrements (audio, vidéo et physiologiques) ne seront nullement diffusés publiquement, ou dans un cadre différent de celui fixé par les objectifs de la présente recherche. Toute diffusion de ces supports ne pourra se faire qu'avec l'autorisation de la personne ayant participé à la recherche. Un exemplaire de ce formulaire « information et consentement », ainsi qu'une version en braille, se trouvent en annexes, paragraphe 1.

3.5. Pochette de remerciement

³⁰ <http://www.insee.fr/>, données de 2002

³¹ <http://www.anmcga.chiensguides.fr/>, données de 2006

Le déroulement du protocole mis en place pour notre recherche sollicite particulièrement les participants. En effet, il nécessite de se déplacer dans le quartier de la *Guillotière* et d'utiliser les transports en commun dans la plupart des cas. Il requiert deux rendez-vous qui durent en moyenne deux heures chacun. Par ailleurs, les aléas climatiques et sociaux (des manifestations sociales ont souvent traversé le tracé du parcours durant les trois mois de notre protocole) ont parfois nécessité de remettre la rencontre à une date ultérieure... Ainsi, conscient des contraintes liées à notre démarche et en manière de remerciement à nos participants, nous leur avons remis une pochette à l'issue de l'expérimentation. À cet effet, nous avons fait appel au service communication de l'Université Lyon 2 (en particulier Mme Caroline Vachal), à la région Rhône-Alpes et à un financement par le laboratoire Santé Individu Société (EA 4127). Le contenu était le suivant :

- un sac tissu Université Lyon 2,
- un porte-clé de l'Université Lyon 2,
- un DVD « *Vivons ensemble la Cité* » édité par la Région en audio description,
- une bouteille de Jurançon,
- un ballotin de chocolats.

4. Déroulement du protocole expérimental

Notre trajet est parcouru par l'ensemble des participants à trois reprises, que nous appelons « sessions ». Il est ainsi successivement *découvert* et *reconnu* en session 1, *mémorisé* en session 2 et enfin parcouru de façon *autonome* en session 3. Cet apprentissage (et l'effet d'habituation) ne constitue pas une limitation puisque les données recueillies lors de chaque session ne font pas l'objet de comparaison entre elles. C'est au contraire une nécessité pour l'accomplissement du dernier passage, permettant son bon déroulement. Chaque session correspond à un axe particulier de notre étude (tableau 4), et répond à une méthode de recueil des données spécifique :

- les deux premières sont réalisées le même jour, l'une à la suite de l'autre, selon la technique du guide enseignée par les instructeurs en locomotion ; le participant tient le coude de l'accompagnateur de sa main inoccupée par la tenue de la canne blanche ou du harnais du chien-guide,
- la dernière, quelques jours plus tard, est consacrée au cheminement autonome.

Le tableau 4 ci-dessous résume les trois sessions de parcours, les objectifs et méthodes utilisées.

Tableau 4 Récapitulatif des 3 sessions de parcours

	Session 1	Session 2	Session 3 (J+3)
Sujet	Découverte du parcours <i>(au bras du chercheur)</i>	Mémorisation du parcours <i>(au bras du chercheur)</i>	Réalisation du parcours <i>autonome</i> <i>(déplacement autonome)</i>
Objectif du chercheur	Modalités perceptives utilisées et ressentis exprimés	Permettre le bon déroulement de la session 3	Stress (subjectif et objectif), vigilance et gestion de l'espace et cartes mentales
Outil utilisé	Parcours commentés		Questionnaire, réponse électrodermale, grille d'observation vidéo et dessin du trajet

5. Session 1. Perception de l'environnement

5.1. La technique des parcours commentés

La technique des *parcours commentés* est couramment utilisée en psychologie environnementale. Cependant, à notre connaissance, relativement peu d'études réalisées auprès d'aveugles font appel à cette méthode. Thomas (1999) l'a toutefois utilisée à quelques reprises dans ses travaux. Ce procédé s'est, par ailleurs, montré adapté et pertinent dans l'une de nos études (Baltenneck, 2005).

Les travaux de Moser et de Weiss (2003) ainsi que ceux de Thibaud (2001) ont mis cette technique en lumière. Selon eux, elle s'inscrit dans le cadre d'une démarche interdisciplinaire qui fait appel à la fois aux sciences de l'ingénieur (mesure des ambiances physiques par exemple), aux sciences de la conception (analyse architecturale) et aux sciences sociales (microsociologie). Elle est donc parfaitement adaptée à l'étude des comportements spatiaux, dès lors que l'on cherche à décrire et comprendre ces derniers dans leur dynamique *socio-environnementale*. Selon Thibaud (op. cit.) la perception ne se déploie qu'en fonction d'un milieu : elle doit donc être rapportée aux qualités propres du site étudié. Les façons de percevoir sont alors indissociables du cours d'actions dans lequel le passant est engagé.

Cette « emprise du contexte environnemental » sur la perception a conduit Thibaud (op. cit.) à développer une technique d'investigation *in situ*. Entendue comme des comptes-rendus de perception et d'évaluation en action, cette méthode des parcours commentés permet, entre autres, de décrire et de comprendre les stratégies de déplacement des individus dans l'espace locomoteur. Trois activités sont sollicitées simultanément : *marcher, percevoir et décrire*. Les commentaires sont saisis sur un enregistreur audio numérique, adapté à ce type de prise de son, permettant de conserver une qualité sonore optimale pour l'analyse ultérieure. Ce procédé repose sur trois types de consignes, qui en fixent le cadre :

- Les consignes relatives à la *description* : le sujet doit faire état, aussi précisément que possible, de l'*ambiance* immédiate du lieu, telle qu'il la perçoit ici et maintenant. Toutes les modalités sensorielles peuvent être mobilisées : auditives, tactiles, olfactives, kinesthésiques, etc.

- Les consignes relatives au *cheminement* : le terrain d'investigation est fixé à l'avance. S'il le souhaite, le sujet a le loisir de s'arrêter momentanément ou de revenir sur ses pas.
- Les consignes relatives aux *conditions* de l'expérience : compte tenu de l'effort d'attention demandé, un parcours s'étend sur une vingtaine de minutes en moyenne dans notre expérimentation. Il est effectué avec le chercheur, à qui sont adressées les descriptions. Celui-ci intervient le moins possible : il se limite à un rôle d'auditeur bienveillant, et relance éventuellement la parole dans le cas d'une difficulté manifeste du participant dans l'échange.

5.2. Géopositionnement

Selon nos hypothèses, l'environnement influence la façon dont il est perçu et représenté par le piéton aveugle. Par conséquent, afin de pouvoir relier les commentaires de nos participants à l'environnement dans lequel ils ont été formulés, nous avons utilisé une technique de *géopositionnement*, grâce à l'emploi d'un traceur GPS (*Global Positioning System*)³². Cet appareil *TrackStick™*³³ nous a permis de connaître à chaque instant la position *approximative* (+/- 20 mètres) de la personne sur le trajet, et de positionner ses commentaires (relatifs à l'ambiance) dans la scène urbaine dans laquelle ils ont été formulés. Le recueil des données GPS sous forme de fichiers GPX, fournit les coordonnées géographiques à intervalles réguliers de cinq secondes, avec les *horaires* correspondants.

Toutefois, au-delà du positionnement général obtenu avec cette méthode, il faut ajouter qu'à l'écoute de l'enregistrement, les interventions de l'accompagnateur et le bruit environnant permettent toujours de résituer très *précisément* les propos : « Nous allons tourner à droite. », « Attention, nous descendons le trottoir et le caniveau est profond ! », « Nous allons monter des escaliers », « Nous allons nous engager dans une descente d'escaliers ; voulez-vous prendre la rampe ? », etc.

5.3. Traitement des commentaires

Les enregistrements sonores sont strictement retrançis sous forme de corpus, en conservant l'alternance des prises successives de paroles de l'accompagnateur et du participant, en incluant le minutage. Nous avons veillé à rester aussi fidèle que possible aux *fluctuations* de la parole (hésitations, relances, silences, etc.). À partir du top de départ de l'accompagnateur et jusqu'au dernier échange, la transcription est donc constituée d'un nombre déterminé d'interactions verbales comprenant l'éventuelle intervention de l'accompagnateur et le commentaire du participant. Nous avons évité l'excès de segmentation en ne tenant pas compte des relances très brèves, quasi monosyllabiques, stimulant parfois le commentaire. Quelques exemples de ces transcriptions de parcours commentés se trouvent en annexes, paragraphe 3.

Les essais effectués avec le logiciel de traitement automatique Tropes ne nous ont pas semblé concluants, au regard des discours de style argumentatif recueillis. La méthode manuelle nous a paru, par conséquent, plus adaptée et précise. Elle offre une acuité importante (Robert & Bouillaguet, 2007), en adéquation avec les thèmes spécifiques

³² Voir le site internet : <http://www.gps.gov/>

³³ Voir le site internet : <http://www.trackstick.com/>

abordés par les marcheurs aveugles. Nous avons donc choisi de procéder à une analyse thématique, orientée selon les thèmes relatifs à l'ambiance du lieu :

- modalités perceptives utilisées,
- perception de la structure de l'environnement (dimensions, etc.),
- ressentis suscités en termes de *plaisir-déplaisir*, ou d'anxiété. Ces ressentis traduisent la subjectivité de la personne aveugle lorsqu'elle se déplace dans une ambiance urbaine spécifique.

Pour mener cette analyse, les commentaires ont été versés dans une base de données informatique *FileMaker*©, dans laquelle chaque échange (intervention du chercheur et commentaire du participant) forme une fiche. Celle-ci est alors dotée de diverses rubriques :

1. Rubrique générale et identitaire :

- le pseudonyme du participant,
- le sexe,
- l'âge,
- le type de cécité (précoce ou tardive),
- le mode de déplacement (canne blanche ou chien-guide),
- Une classification pour les fiches de chaque participant.

1. Rubriques spécifiques à l'analyse selon les thèmes de recherche :

- Modalités perceptives : sens mis en éveil, objet identifié, élément à l'origine de la perception,
- Perception de la structure de l'environnement : dimensions et structure urbaine, déductions concernant l'orientation et la localisation,
- Ressenti de plaisir-déplaisir ou d'anxiété suscité par l'ambiance de la scène urbaine.

1. Rubriques utilisées pour le calcul : elles permettent notamment de localiser automatiquement le secteur précis du parcours dans lequel est énoncé le texte analysé. Elles sont obtenues par liaison à une base de données annexe comportant l'horaire de passage d'un secteur à l'autre pour chaque participant, avec les coordonnées GPS.

La figure 35 ci-dessous est une capture d'écran illustrant la base de données utilisée dans cette analyse.

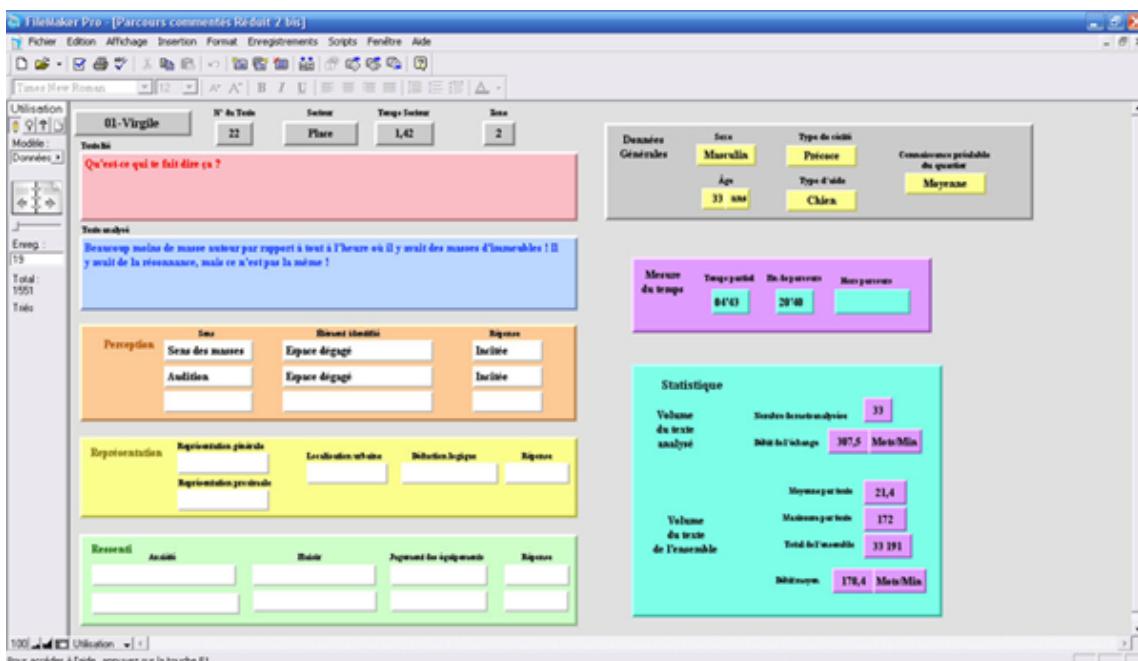


Figure 35 : Base de données FileMaker© pour l'analyse des commentaires

5.3.1. Modalités sensorielles

À la suite d'une première lecture de l'ensemble des corpus recueillis, nous avons constitué les catégories thématiques utilisées pour classer les commentaires. Les modalités sensorielles mentionnées sont celles disponibles chez les personnes aveugles pour le déplacement : l'audition, le sens tactile et l'olfaction. Ci-dessous sont présentées les six catégories retenues, correspondant aux différents aspects de ces modalités.

5.3.1.1. Audition

Il est compréhensible que l'audition soit l'un des sens vicariants principaux des personnes aveugles : en effet, c'est un sens « spatial », au même titre que la vision (De Cheveigné, 2005). En revanche, en première lecture, il n'a pas toujours été évident de repérer si c'était effectivement à ce sens que la personne aveugle faisait référence. Quand le participant dit « J'entends... », cela ne fait aucun doute ! Mais quand il dit « Je sens... » à propos d'un objet qui n'émet aucun son apparent, sans utiliser sa canne pour en faire le contour, ou bien encore à propos du vide, il n'est pas facile, en se gardant de faire des inférences, de déterminer de quelle entrée sensorielle il s'agit.

Ainsi, nos participants ont souvent fait référence à ce qu'ils nomment « le sens des masses ». Certaines personnes le relient à l'audition, mais beaucoup ne savent pas le situer au niveau d'une entrée sensorielle précise. Ce « sens des masses » est probablement proche de ce que Dolanski (1930) nommait le « sens des obstacles ». Par conséquent, nous avons regroupé sous le thème « audition » les commentaires pour lesquels le participant y fait clairement référence (« J'entends... »), en veillant à conserver une distinction avec un second regroupement thématique, qui correspond aux commentaires renvoyant plutôt à ce sens des masses.

5.3.1.2. Sens des masses

Bien qu'en termes sensoriels, le sens des masses ne semble pas vraiment dissociable de l'audition (spatiale) selon nous, nous avons tout de même distingué ce thème dans différentes situations :

- lorsque le participant y fait d'emblée clairement référence dans son propos,
- après une sollicitation de l'accompagnateur pour une réponse plus précise.

5.3.1.3. Sensibilité superficielle tactile

Nous avons regroupé sous ce thème les commentaires pour lesquels les personnes déterminent la présence d'un objet, soit en le percevant sous la plante des pieds, soit du bout de la canne, ou enfin par les mouvements du harnais du chien-guide.

5.3.1.4. Sensibilité superficielle thermique (thermoacuité)

Nous avons utilisé ce regroupement thématique lorsque les participants expriment la sensation de l'effet du vent (qu'ils dénomment fréquemment comme « l'air »), ou du soleil, par la sensation thermique produite sur la peau.

5.3.1.5. Sensibilité profonde ou proprioception

Nous choisissons cette catégorie lorsque la personne signale l'inclinaison générale du sol, ou une brusque dénivellation de celui-ci, principalement à l'aide des barorécepteurs situés au niveau des articulations des membres inférieurs.

5.3.1.6. Odorat

Lors des entretiens préliminaires, les personnes rencontrées nous ont expliqué que l'utilisation des flux olfactifs et des fragrances perçues était très ponctuelle ; toutefois, les commentaires s'y rapportant sont regroupés dans cette catégorie unique.

5.3.2. Représentation de l'espace et ressentis

Nous avons, par ailleurs, identifié dans les commentaires les références aux dimensions de l'espace : il est majoritairement décrit comme « large », « vaste » ou « étroit ». Nous avons également été attentif aux références à l'orientation et aux descriptions de l'environnement.

Enfin, la dernière catégorie de commentaires est celle relative aux ressentis exprimés lors du déplacement. Nous nous sommes intéressé en particulier au plaisir éprouvé lors de la marche, à l'anxiété potentielle que génère le lieu, à la tranquillité, à la sécurité dans le déplacement. Ces commentaires ont été exprimés soit spontanément, soit en réponse à la question : « comment vous sentez-vous ici ? »

Nous rappelons également que les informations obtenues dans ces parcours commentés ont été complétées par l'utilisation d'un questionnaire portant sur le ressenti (confort et sentiment de sécurité) proposé en fin d'expérimentation, lors de la session 3 : il est présenté paragraphe 7.2 et se trouve en annexes (paragraphe 6.).

6. Session 2. Mémorisation du trajet et construction d'une représentation

L'objectif de la deuxième session est double : permettre au marcheur de mémoriser le trajet dans la perspective du parcours autonome ultérieur en session 3 et lui offrir un support facilitant la représentation mentale.

6.1. Mémorisation du trajet

Il s'agit de proposer un trajet de reconnaissance comme le font souvent les personnes aveugles pour leurs déplacements personnels. Bien que le participant soit guidé de la même façon que lors de la première session, il lui est explicitement demandé de faire un effort de mémorisation en attirant son attention sur la détection des repères. Une description succincte et standardisée de l'environnement est énoncée au cours du déplacement. Elle est identique pour tous afin de ne pas introduire de biais.

6.2. Représentation mentale du parcours

Plusieurs recherches ont montré que les personnes aveugles éprouvent des difficultés à construire une représentation spatiale précise de leur environnement uniquement à partir d'un déplacement *in situ* (Golledge, 1991, 1993 ; Spencer, Blades & Morsley, 1989). En effet, là où le système visuel permet de saisir rapidement des informations spatiales, les canaux sensoriels utilisés en l'absence de vision sont beaucoup moins efficaces.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, de nombreuses études ont montré l'intérêt que représente l'utilisation d'un plan en relief dans les performances spatiales des sujets aveugles (Espinosa et coll., 1998 ; Jacobson, 1998 ; Luxton, Banai & Kuperman, 1994 ; Passini & Proulx, 1988). En particulier, Espinosa et coll. (op. cit.) ont montré que la prise de connaissance d'un environnement à l'aide d'un plan tactile couplé à « l'expérience directe » *in situ* offre, sous certaines conditions, de meilleures performances dans les déplacements. Récemment, Picard et Pry (2009) ont montré que l'utilisation d'une maquette, *modèle réduit* d'un environnement, permettait également une amélioration significative des performances spatiales des personnes aveugles et malvoyantes.

Dans cette recherche, nous avons retenu une option intermédiaire entre le plan tactile et la maquette pour présenter le trajet aux participants, à la suite de leurs deux premiers passages. Nous souhaitions ainsi faciliter le déroulement du trajet autonome par les marcheurs aveugles. L'entreprise *EO-Guidage*³⁴, concevant des aides techniques pour les personnes en situation de handicap, a gracieusement réalisé le plan tactile du quartier pour notre recherche. Cette maquette a été construite en résine acrylique. Des reliefs sont formés par une superposition de couches de matériaux : cela permet une présentation plus réaliste, avec, par exemple, le pont de la Guillotière qui apparaît effectivement surélevé par rapport aux berges du Rhône en contrebas. Des couleurs contrastées³⁵ ainsi que des indications (noms de rues, etc.) figurent en « noir » et en braille sur ce support. Le tracé du parcours est représenté en creux sur ce plan. Plusieurs études rapportées par Picard, Lebaz, Jouffrais et Monnier (2010) rappellent que l'utilisation d'images tactiles de surface large (c.-à-d. 21 x 29,7 cm) permet une exploration (et une identification) plus faciles, rapides et précises que sur des surfaces plus petites. Cette maquette possède des dimensions généreuses

³⁴ <http://www.eo-edps.fr>

³⁵ L'utilisation de couleur est inutile dans le cadre de notre recherche qui concerne les personnes aveugles. Toutefois, dans le cas de personnes malvoyantes, l'utilisation de forts contrastes est très bénéfique.

de 35 cm x 50 cm afin d'en faciliter la lecture. Une reproduction est présentée ci-dessous, figure 36.



Figure 36 : Plan en relief Tactiplan© (350 x 500 mm) utilisé en fin de session 3 (le nord se trouve à droite sur cette vue)

7. Session 3a. Évaluation du stress

Par souci de faisabilité, cette troisième session s'est déroulée lors d'un second rendez-vous. En effet, le temps nécessaire pour effectuer trois passages sur le trajet en un seul rendez-vous nous semblait bien trop long (plus de quatre heures). Par conséquent, nous avons attentivement veillé à ce que le délai qui sépare les deux rendez-vous soit équivalent pour l'ensemble des sujets, afin d'éviter d'introduire un biais éventuel.

Au cours de cette session, le déplacement est autonome. Le temps nécessaire est donc variable, dépendant du rythme de marche et de la facilité de mémorisation propre à chacun. L'encadrement des sujets est strict, afin d'en assurer la sécurité : trois personnes accompagnent le participant, dont une en proximité immédiate, parant un danger éventuel (fig. 37).



Figure 37 : Une participante sur la scène « Place » du parcours.

Source : Capture vidéo effectuée lors d'une session 3 de déplacement autonome.

L'intégralité du trajet est filmée. Cette session a, d'une part, l'objectif de compléter les informations portant sur la représentation mentale et la gestion du déplacement (c'est lors de cette session que sont recueillies les informations relatives au *score d'orientation* et de *gestion*). D'autre part, cette session permet d'étudier le niveau de stress ressenti (paragraphe 7.1) et objectivé (paragraphe 7.3) ainsi que le niveau de vigilance. En effet, les personnes aveugles qualifient souvent les déplacements piétons urbains comme une épreuve anxiogène et stressante : nous l'avons particulièrement entendu et perçu lors de nos entretiens préliminaires.

Dans cette recherche, nous entendons le stress, en accord avec les éléments présentés en partie théorique, comme une réaction psychique et physiologique résultant d'un effort d'adaptation de l'individu (avec ses potentialités) à son environnement. Pour cela, nous avons souhaité aborder la notion de stress selon deux angles. Nous avons, d'une part, proposé une évaluation que nous qualifions de *subjective* : il s'agit du stress ressenti et exprimé au travers d'un questionnaire proposé à la fin du parcours autonome. D'autre part, nous avons retenu une évaluation qui se veut plus *objective*, en se basant sur une mesure de l'activation du système nerveux autonome.

7.1. Questionnaire et stress ressenti

Comme nous l'avons précisé, le parcours traverse des scènes urbaines aux ambiances contrastées. Nous souhaitons connaître l'état de stress ressenti et exprimé par les personnes aveugles en fonction de ces différentes ambiances.

Dans le questionnaire, nous avons choisi d'interroger les participants sur deux notions différentes : « stress » et « vigilance ». Il nous semble que cette dernière caractérise la notion d'attention et d'éveil nécessaire lors d'un déplacement dans un environnement potentiellement dangereux, comme peut l'être le milieu urbain pour la personne aveugle. Nous avons veillé à ce que la nuance de langage qui existe entre ces deux notions soit

bien comprise par l'ensemble des sujets. Nous avons utilisé deux échelles analogiques de type *Likert*³⁶ unipolaires pour ces deux termes. Cette évaluation consiste à noter avec un score de 1 à 10, le niveau de stress et de vigilance ressentis lors de chacune des cinq scènes urbaines du parcours. Elles sont proposées en fin de parcours afin de permettre aux participants de relativiser leur réponse en fonction de l'ensemble du trajet et des ambiances rencontrées. Pour chaque sujet, nous avons ainsi obtenu deux séries de cinq évaluations faisant appel à des informations verbales et déclaratives.

7.2. Ressentis en termes de confort et de sécurité

Nous avons souhaité compléter les informations relatives à la perception et au ressenti de l'environnement obtenues en première session grâce aux parcours commentés, par des informations actualisées, issus du dernier passage sur le trajet alors mieux connu. Nous avons pour cela utilisé un questionnaire.

Les thèmes abordés ont été extraits des entretiens préliminaires de cette recherche, portant sur le *confort* et la *sécurité* dans les déplacements urbains. Leur analyse nous a permis de définir 6 questions regroupées selon les thématiques de « confort » (3 items) et de « sécurité » (3 items). Ces 6 questions sont proposées pour chacune des 5 scènes. Voici les thèmes abordés (un exemplaire du questionnaire figure en annexes, paragraphe 6) :

- Confort :
 - Plaisir,
 - Tranquillité,
 - aisance du déplacement.
- Sécurité :
 - sentiment de sécurité,
 - localisation dans l'espace,
 - besoin d'aide.

Au-delà du ressenti exprimé dans ces questionnaires, nous nous sommes également intéressés à un volet plus objectif de la notion de stress en étudiant l'état d'activation du système nerveux autonome pendant le déplacement.

7.3. Activation du système nerveux autonome

Nous avons choisi de compléter notre évaluation du stress par une mesure de l'activation du Système Nerveux Autonome (SNA), qui régule sur le plan physiologique le stress et la vigilance (Dittmar et coll., 1997). Celle-ci permet d'obtenir une plus grande finesse dans notre compréhension de ces phénomènes, puisqu'elle fournit à chaque instant un niveau « d'activation » qui nous renseigne sur l'état de stress et de vigilance. Avec cette mesure, nous souhaitons développer une approche phénoménologique, plus proche du foisonnement des microévénements perceptifs se déroulant tout au long de la déambulation du piéton aveugle.

À notre connaissance, il existe en France assez peu d'équipes capables de proposer une mesure ambulatoire et non invasive de l'état d'activation du SNA. Dans le cadre de

³⁶ Le nom de ce type d'échelle provient du nom de Rensis Likert (1903-1981), psychologue américain connu pour son apport à la psychométrie et à la mesure des attitudes.

notre recherche, nous nous sommes adressé à l'équipe Microcapteurs et Microsystèmes Biomédicaux (MMB, UMR-CNRS 5270), de l'Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL), anciennement dirigée par André Dittmar, et plus récemment par Eric McAdams. L'équipe est installée sur le site de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA). Il s'agit d'un laboratoire qui développe de nombreuses solutions et méthodes innovantes (Dittmar, Delhomme & Gehin, 2008) pour intégrer ces mesures de manière ambulatoire : sur le conducteur de poids lourds, en voiture, sur le piéton, etc.

Le matériel que nous avons utilisé est un prototype de conception très récente (fin 2008). Il s'agit du capteur *EmoSense*©, issu du projet de fin d'études d'un ingénieur diplômé en Génie électrique et Génie des Procédés à l'INSA de Lyon (Massot, Gehin, Nocua, Dittmar & McAdams, 2009). Cet appareil, de par sa taille, sa portabilité et son autonomie est une innovation technologique tout à fait importante et intéressante dans le cadre de notre projet. En effet, la taille de l'appareil est celle d'une montre-bracelet, l'objet devenant alors complètement ambulatoire, n'occasionnant aucune gêne notable pour le sujet. Il est important de préciser qu'il conserve les performances réalisées par les versions précédentes de cette instrumentation, développées au sein de l'équipe MMB (Nocua, 2009). La conception de ce nouveau dispositif est basée sur l'utilisation d'un PSoC (*Programmable System-on-Chip*), puce qui intègre les facultés de circuit analogique et numérique programmable (*Mixed-Signal Array*) et de microcontrôleur. Cette nouvelle génération permet l'intégration quasi complète de toute l'électronique de la centrale. Les mesures effectuées sont exploitables en temps réel, en les envoyant à un ordinateur par le biais d'une liaison de communication sans fil ZigBee (IEEE 812.15.4)³⁷. Il est aussi possible d'assurer leur enregistrement sur un support de stockage amovible, de type carte flash *MicroSD*, pour un traitement ultérieur. Nous avons retenu cette dernière solution dans notre recherche, en raison de sa fiabilité, puisqu'il n'y a pas de risque de déconnexion. Enfin, équipé de sa batterie standard, l'appareil possède une autonomie d'environ 50 heures, ce qui est bien sûr largement suffisant pour nos parcours d'une durée moyenne de 25 minutes !



Figure 38 : Aperçu du prototype *EmoSense*©

Source : Massot (2009)

7.3.1. Protocole

³⁷ Voir le site internet ZigBee Alliance : <http://www.zigbee.org/>

La mesure de l'activation du SNA lors de déplacements urbains réels de personnes aveugles nous semble être une *innovation*. Au regard de précédentes recherches, qui ont principalement étudié la fréquence cardiaque (Peake & Leonard, 1971 ; Tanaka et coll., 1982), nous avons souhaité intégrer d'autres critères d'évaluation afin d'être aussi complet que possible dans les mesures effectuées. Ce choix s'appuie sur les précédentes recherches et l'expérience de l'équipe MMB (Collet, Vernet-Maury, Delhomme & Dittmar, 1997 ; Dittmar, Delhomme, Caterini & Vernet-Maury, 1991). *EmoSense* est ainsi capable d'enregistrer en temps réel et de façon ambulatoire, trois types de données relatives à l'activation du SNA :

- la résistance électrodermale (RED),
- la fréquence cardiaque instantanée (FCi),
- la température cutanée (TC).

Sur les conseils des concepteurs du capteur, nous avons choisi d'effectuer ces trois mesures pour l'ensemble des 27 sujets, en ne projetant néanmoins de n'utiliser que la RED et la FCi.

Le bracelet *EmoSense* est placé sur le poignet de la main inoccupée par la canne blanche ou le harnais du chien-guide. Les électrodes de la FCi sont placées sur le torse environ 20 minutes avant le début de l'enregistrement, selon le schéma présenté figure 39, pour permettre à l'interface électrode-peau de se stabiliser (Massot et coll., 2009). Leur fil de connexion est fixé à la peau par un morceau de ruban adhésif dermatique.

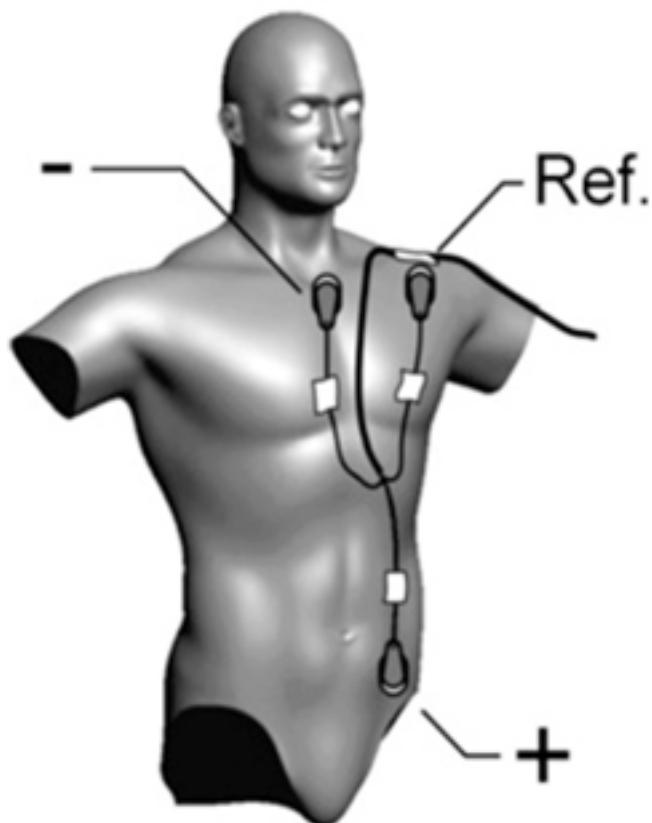


Figure 39 : Illustration de la pose des électrodes sur le torse

Source : Massot et coll. (2009)

Les électrodes dédiées à la réponse électrodermale sont positionnées de la même manière sur les deuxièmes phalanges de l'index et du majeur, du côté de la paume selon le schéma suivant (Boucsein, 1992). Enfin, l'électrode relevant la température cutanée est positionnée au centre de la paume. (fig. 40)

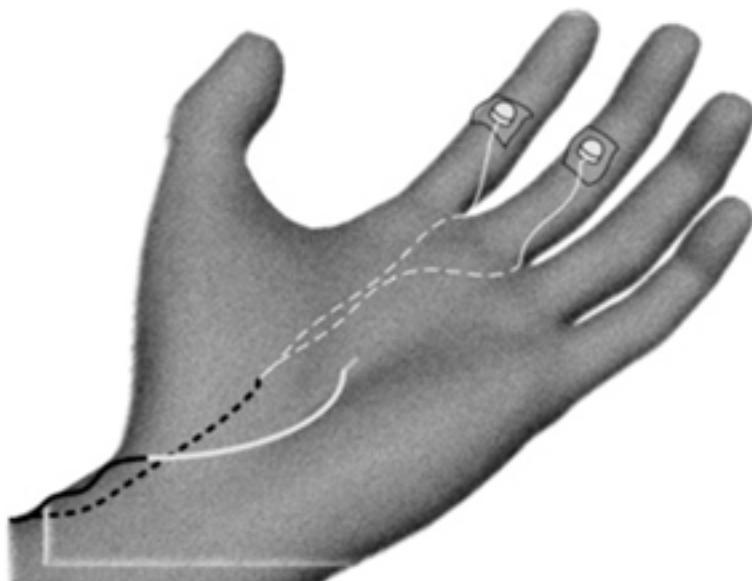


Figure 40 : Illustration de la pose des électrodes sur la main

Source : Massot et coll. (2009)

L'ensemble du parcours est filmé afin de pouvoir mettre en relation à chaque instant les mesures physiologiques, l'environnement dans lequel le sujet évolue ainsi que son comportement. Par conséquent, nous avons apporté un soin particulier à la *synchronisation* de l'enregistrement physiologique et de l'enregistrement vidéo, en début et en fin de parcours.

7.3.2. Mesure de la réponse électrodermale

Nous avons défini, en accord avec la littérature (Boucsein, op. cit.), un ensemble de critères permettant de détecter les réponses électrodermiques de la façon la plus fiable, sur les tracés sélectionnés. La forme type de la RED est connue : elle est constituée d'une composante *amplitude* en ordonnées et d'une composante *temps* en abscisses pendant lesquelles elle se déroule. Elle est décrite en fonction de 3 éléments distincts que nous présentons ci-après (fig. 41).

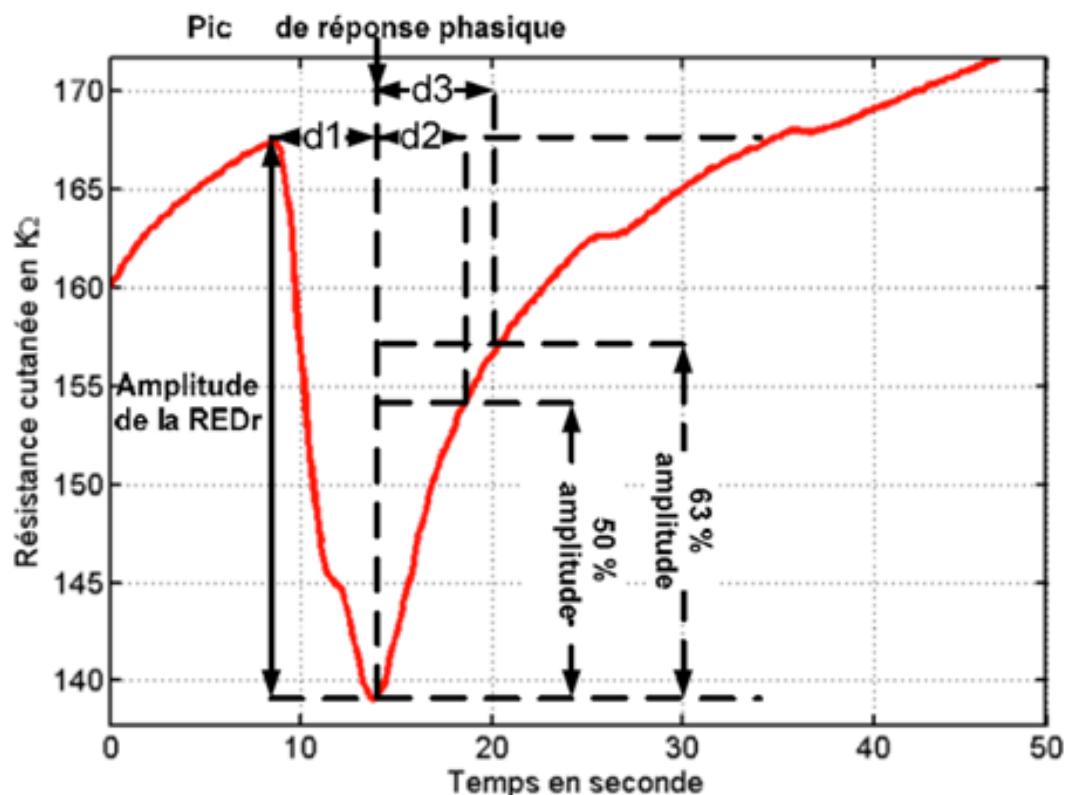


Figure 41 : Signal de résistance cutanée suite à un stimulus

Source : Nocua (2009)

1. L'amplitude : lors d'un stimulus, le signal en résistance chute vers un point minimal pour ensuite revenir à sa valeur initiale. L'amplitude de la réponse est mesurée par la différence entre le point maximal et le point minimal de celle-ci.
2. La durée de descente (d1) : c'est le temps écoulé entre le point maximal et le point minimal de la réponse.
3. Le temps de récupération (d2) : c'est le temps entre le point minimal et le point où le signal revient à 50 % de l'amplitude de la réponse.

Lors d'une mesure *in situ*, nous pouvons répartir les RED selon deux catégories, comme nous l'avons évoqué en théorie : les réponses « orientées », dont le stimulus exogène est identifié, et les réponses « non-orientées », dans le cas contraire. Dans cette recherche, certains critères permettent de détecter les RED « orientées » qui nous intéressent particulièrement. Nous avons choisi de repérer et de retenir les réponses provoquées par des stimuli environnementaux, provenant de l'audition, de la sensibilité tactile de surface (canne blanche) et de la sensibilité tactile plus profonde (proprioception des différents dénivélés rencontrés comme les escaliers, les abaissements de trottoirs, les reliefs du sol, etc.).

Lors de son interaction avec l'environnement, chaque individu agit singulièrement par ses conduites comportementales. Nous avons retenu cette notion de comportement pour la détection des RED orientées. Nous considérons une RED comme orientée si la vidéo met en évidence ce type de réaction, coïncidant temporellement avec elle. Nous détaillons notre

méthode d'observation, ainsi que les comportements observés dans le paragraphe 7.3.4. Notre analyse nécessite donc trois éléments pour retenir une RED :

- un stimulus environnemental (exogène) identifiable,
- un tracé conforme sur l'enregistrement physiologique,
- une action comportementale (motrice) du sujet.

Enfin, pour chacune des RED retenues, nous relevons un ensemble de données utiles pour l'analyse ultérieure :

- la date précise du début de la réponse, en minutes et secondes,
- le niveau de base (ou tonique) en kOhm,
- l'amplitude en kOhm,
- la durée en secondes,
- les coordonnées géographiques de la RED.

7.3.3. D'une échelle temporelle à une échelle géographique

L'échelonnement temporel des mesures physiologiques, en particulier concernant la RED, n'est pas pertinent pour étudier l'influence d'un environnement sur un individu. En effet, chaque personne possède sa propre vitesse de déplacement, par ailleurs variable pour un même marcheur tout au long du parcours. Les escaliers sont, par exemple, à l'origine d'une baisse importante de la vitesse de déambulation. Il est impossible, dans ces conditions, de prendre en compte des données issues de plusieurs sujets puisque leurs échelles sont différentes. Par conséquent, il a été nécessaire de changer d'échelle, afin qu'elle soit commune à tous les sujets. Nous avons donc relié les RED à l'emplacement géographique où elles se produisent, plutôt qu'aux temps auxquels elles se produisent (fournis par l'enregistrement physiologique).

Nous avions initialement souhaité utiliser la technologie GPS afin d'extraire très simplement la position d'un sujet sur le parcours, à un temps déterminé. La facilité de mise en œuvre semblait être un atout intéressant et nous l'avions déjà utilisé auparavant (cf. paragraphe 5.2). Néanmoins, les essais effectués à l'aide du traceur GPS *TrackStick™* précédemment utilisé ont montré les limites de cette méthode. L'environnement urbain défavorise souvent la précision de cet outil : des zones *d'ombres* existent ainsi en fonction de la position des satellites. Cela a souvent été le cas sur notre parcours, en particulier dans les ruelles étroites. Par ailleurs, la précision générale s'est avérée insuffisante (nous souhaitions une précision de l'ordre du mètre). Nous n'avons donc pas retenu cette option.

Nous avons, dans un second temps, pensé utiliser les vitesses de déplacement des sujets. En effet, il est possible de calculer pour chaque participant la vitesse de déplacement dans chaque portion de rue, en déterminant les dates d'entrée et de sortie dans la rue et la distance séparant ses extrémités. Il est alors possible de localiser un événement avec une précision apparemment satisfaisante ($distance = vitesse \times temps$). Après quelques essais, nous nous sommes aperçus que le simple découpage par rue était insuffisant, le trajet étant entrecoupé de nombreux arrêts (questions posées aux participants, attentes imposées par les feux de signalisation lors des traversées, etc.).

C'est finalement l'utilisation de l'enregistrement vidéo qui nous a paru être la meilleure solution puisqu'il comporte une datation synchrone de l'enregistrement physiologique. La date d'une RED permet de retrouver son image contemporaine sur la vidéo et l'endroit précis où elle s'est produite. Les images satellites ou aériennes en haute résolution, mises à disposition du grand public par Google depuis 2005 grâce à *Google Earth®*,

permettent d'obtenir les coordonnées géographiques précises d'un lieu ainsi identifié. Ce sont ces coordonnées géographiques que nous avons utilisées pour localiser la RED sur notre plan à l'échelle. Grâce à cette méthode, nous avons pu procéder à un géopositionnement d'une précision très satisfaisante. Nous employons à cette fin un plan détaillé du secteur *Guillotière*, que nous avons construit à partir de la superposition d'informations cartographiques et satellites, provenant de *Google-TeleAtlas*³⁸, *CloudMade*³⁹ et *OpenStreetMaps*⁴⁰. Le document est présenté ci-dessous et a été édité en format informatique *vectoriel*, permettant de travailler avec précision, quelque soit le grossissement.

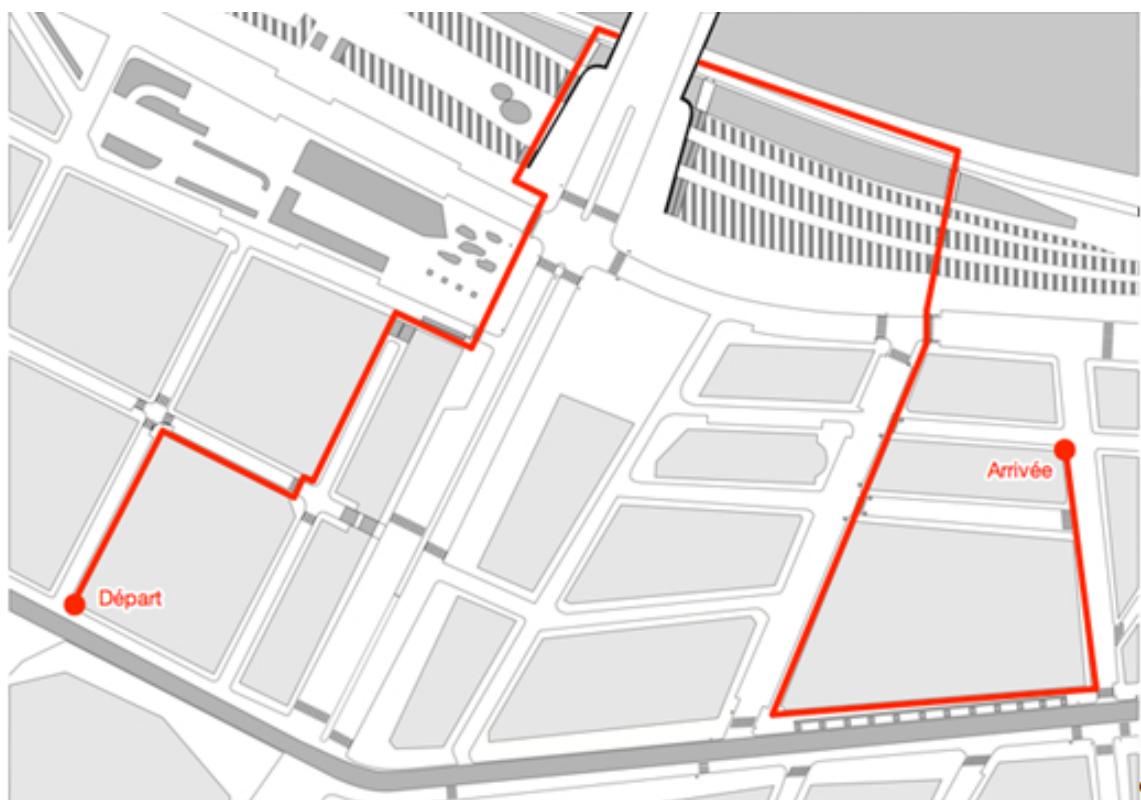


Figure 42 : Plan utilisé pour la projection des mesures physiologiques (le nord se trouve à droite sur cette carte)

Source : Google-TeleAtlas, CloudMade et OpenStreetMaps (2009)

À partir de la base de données constituée des RED (tableau 5 ci-après), nous avons pu positionner sur ce plan l'ensemble des réponses physiologiques identifiées (environ 600) à l'aide du logiciel *GeoStress* (c.f. capture d'écran en annexes, paragraphe 4). Il s'agit d'un module MatLab© que nous avons développé spécifiquement pour cette recherche (Massot, 2010). Cet outil permet de représenter chaque RED sous la forme d'un point, dont le diamètre est proportionnel à l'amplitude de la RED. La couleur du point est définie selon un gradient allant du jaune au rouge, en fonction du niveau de base (niveau tonique) de la RED, le jaune représentant une résistance élevée (niveau d'activation « faible »), le rouge une résistance faible (niveau d'activation « élevé »). Un avantage de *GeoStress* est de

³⁸ http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

³⁹ http://cloudmade.com/terms_conditions

⁴⁰ <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/>

permettre de filtrer avec souplesse l'affichage des RED sur le plan, en fonction de différents critères présents dans la base de données comme :

- le mode de déplacement (chien-guide, canne),
- le type de cécité (précoce, tardive).

Ce système nous permet d'identifier les ambiances urbaines qui sont potentiellement stimulantes au niveau du SNA. Il est, en effet, possible de comparer le nombre de RED pour chaque scène et de comparer ainsi l'influence des ambiances « Ruelle », « Rue », « Place » et « Berges » sur le niveau d'activation du SNA du marcheur aveugle.

Tableau 5 : Exemple de données relevées dans notre base (chaque ligne correspond à une RED identifiée)

Sujet	Type de cécité	Type d'aide	Stimulus	Amplitude RED (kOhm)	Durée RED (sec)	Latitude	Longitude
S01	précoce	chien-guide	auditif	91	18.55	45.75459	4.84191
S01	précoce	chien-guide	tactile	6	2.1	45.75475	4.84145
S01	précoce	chien-guide	masses	38	12.8	45.75485	4.8412
S01	précoce	chien-guide	tactile	32	7.5	45.75505	4.84134

7.3.4. Éthologie et observation du comportement

« *L'éthologie est présente chaque fois qu'observation et description naturalistes sont mises en œuvre. On peut commencer très simplement par dire que l'éthologie est la science qui étudie le comportement des êtres vivants (animaux ou humains). L'éthologie s'intéresse à l'ensemble des facteurs (éléments) qui vont faire que tel individu, homme ou animal, va exprimer tel comportement. Les comportements sont réunis en grandes familles, avec les comportements sociaux, territoriaux, de reproduction, de communication, d'alimentation, de déplacements.* » (Granié, 2005, p.1)

L'éthologie interroge les motivations qui vont conduire l'individu à avoir un certain comportement. Ces motivations peuvent être intrinsèques à l'individu (le piéton aveugle) ou bien découler de son environnement (la ville). Il faut alors s'intéresser à la manière dont le stimulus fait réagir l'individu, à la manière dont le signal le stimule. Au sens large, cela pourra être par le biais d'un ou plusieurs de ses sens, ou par ce que l'on appelle des signaux physiologiques. Le champ d'étude de l'éthologie humaine se situe à l'intersection de la biologie et de l'étude du comportement social et individuel, faisant d'elle une discipline à la fois interface et complémentaire des autres disciplines en sciences humaines. Lorsque des chercheurs en psychologie appliquent à leur objet d'étude la méthode éthologique, on parle d'*éthopsychologie*. De telles connexions existent aussi en anthropologie et en linguistique (Granié, 2005). Dans le cadre de notre recherche, l'observation des déplacements s'est construite à partir de l'enregistrement vidéo qui offre plusieurs avantages par rapport à l'observation directe :

- possibilité de revoir les séquences autant de fois que nécessaire,

- déplacement à volonté à l'intérieur de la séquence (usage du ralenti et de l'accéléré...),
- possibilité de fiabiliser les observations par une méthode *interjudges*.

Il existe cependant quelques inconvénients liés à cette méthode, tels qu'un temps d'analyse très long (environ cinq heures de visionnage, pour trente minutes de vidéo dans notre cas), ainsi que le *champ réduit* de ce qui est filmé : en effet, un ensemble d'événements se déroule *hors champ*.

Comme la figure 43 ci-dessous le montre, nous avons filmé le parcours en précédant le sujet, afin de lui faire face pendant son déplacement. Nous saisissons de cette manière une grande partie de ses interactions avec la ville : hésitations, contacts de la canne avec le sol, échanges avec le chien-guide, comportement de ce dernier, etc.



Figure 43 : Angle de prise de vue pendant les parcours filmés, session 3

Source : Baltenneck (2009)

Les analyses de ces vidéos ont été menées dans l'objectif d'isoler et de retenir les *RED orientées* lors des parcours. Ce sont donc les tracés physiologiques qui ont guidé nos observations vidéo. Par ailleurs, ces observations ont été effectuées par deux juges indépendants de manière à fiabiliser les résultats obtenus par cette méthode. La grille d'observation a été élaborée en deux temps. Dans un premier temps, nous avons retenu une sélection d'éléments cinétiques classiques lors du déplacement piéton :

- accélération,
- ralentissement,
- arrêt bref ou prolongé,
- attente (passage piéton),
- changement de direction.

Dans un second temps, après un premier visionnage des séquences vidéo, nous avons complété cette grille d'observation avec des éléments plus spécifiques aux objets de notre recherche :

- arrêt brutal (choc),
- évitements, écart,
- recherche (avec action motrice),
- mouvements de la tête : *scanning ou écoute* de l'environnement (Arias, 1996),
- question ou discussion avec l'accompagnateur,
- descente ou montée de trottoir / escalier.

Enfin, pour chaque comportement correspondant à une RED identifiée, nous avons noté, autant que possible, l'origine sensorielle du stimulus : auditive, tactile ou proprioceptive. Ces informations nous ont permis de compléter la base de données exploitée par le logiciel GeoStress.

8. Session 3b. Représentation de l'espace

A l'issue du déplacement autonome, pour clôturer l'expérimentation, nous avons demandé à chaque participant de dessiner le trajet qu'il venait d'effectuer. Cette représentation mentale s'étaye donc sur les 3 sessions de parcours, ainsi que sur l'utilisation d'un plan en relief présenté en fin de session 2 (cf. paragraphe 6.2).

8.1. Dessiner sans voir

Pendant longtemps, même après la généralisation de l'écriture braille pour les aveugles, les livres en braille étaient dépourvus de toute illustration. Jusqu'au début des années 1960, on ne disposait pas de matériel simple, accessible financièrement, pour produire des lignes et des surfaces en relief. Le dessin classique par une personne aveugle s'avère, par ailleurs, difficile, puisqu'elle ne peut pas contrôler visuellement la trace laissée par le crayon sur la feuille. La situation a évolué lorsque, dans les années 1960, sont apparus, à des prix abordables, des dispositifs permettant de tracer un trait en relief ponctué, en déplaçant un stylo à bille sur une feuille spéciale posée sur un support en plastique souple (matériel notamment proposé par la *Swedish Foundation for the Blind*). Pour notre recherche, nous avons eu recours à ce matériel adapté, parfois utilisé dans les écoles spécialisées auprès d'enfants aveugles. Il s'agit d'une planche à dessiner en matière plastique très souple sur laquelle est disposée une feuille en papier plastique de type « boPET » (parfois appelé papier *Mylar*). Le participant peut dessiner à l'aide d'un poinçon pour tablette braille, ou d'un stylo bille classique. Ces feuillets plastiques ont la particularité de former un relief, et non de se creuser, sous un passage appuyé du stylo ou du poinçon. Le dessinateur aveugle peut alors contrôler son tracé au toucher. Les instructions demandées sont les suivantes :

« Nous venons de faire un trajet urbain ensemble : nous vous demandons maintenant de redessiner ce parcours le plus fidèlement possible. Une fois le trajet dessiné, vous pourrez, si vous le souhaitez, faire figurer des éléments de l'environnement qui sont importants pour vous dans un tel cheminement. Prenez tout le temps qui vous sera nécessaire pour faire ce dessin ! »

8.2. Représentation du parcours urbain

Voici, figure 44 un exemple de dessin (numérisé) effectué par l'un de nos participants après le troisième passage (session 3). D'autres exemples se trouvent en annexes, paragraphe 5.



Figure 44 : Dessin numérisé du parcours produit par une personne aveugle (le nord se trouve à droite sur cette vue)

La réalisation d'un dessin permet de saisir la représentation mentale d'un itinéraire parcouru en appréciant la dimension des différents espaces, leurs emplacements relatifs, les points de repère importants et les détails particuliers. La structure d'un dessin de ce type se présente sous forme de points (connaissance des *points de repère*), de lignes (connaissance des *itinéraires*) et de surface (connaissance de la *configuration*). Nous retrouvons les trois types de connaissance sollicités dans la formation de la représentation mentale d'un espace urbain, tels que présentés dans la partie théorique. En référence aux travaux de Lynch (1960/1998) et de Jacobson (1998), nous avons choisi de retenir trois indicateurs différents pour évaluer la fidélité du dessin du parcours :

- la présence des *nœuds* à l'origine de décisions concernant la direction (points),
- la fidélité des *proportions* accordées à chaque scène (lignes),
- la *position relative* des cinq scènes urbaines, l'une par rapport à l'autre (surfaces).

Cette approche nous permet un repérage des emplacements difficiles où la représentation mentale devient problématique et où se produisent les erreurs concernant les « distances » et les « angles ».

8.2.1. Positions relatives des scènes

Nous nous sommes référés aux travaux de Beck et Wood (1976) qui ont développé une méthode permettant de déterminer si la position des objets sur un dessin correspond à la réalité. Chaque esquisse est transformée en une grille régulière. Les déplacements des points et des lignes par rapport à leurs véritables positions sont représentés par des courbes sur la grille. La grille obtenue est ensuite comparée à l'originale. Les résultats produits par ce type de technique fournissent une vue globale des erreurs de la carte cognitive. Qualitativement, le dessin de la carte cognitive est donc plus ou moins proche de la réalité.

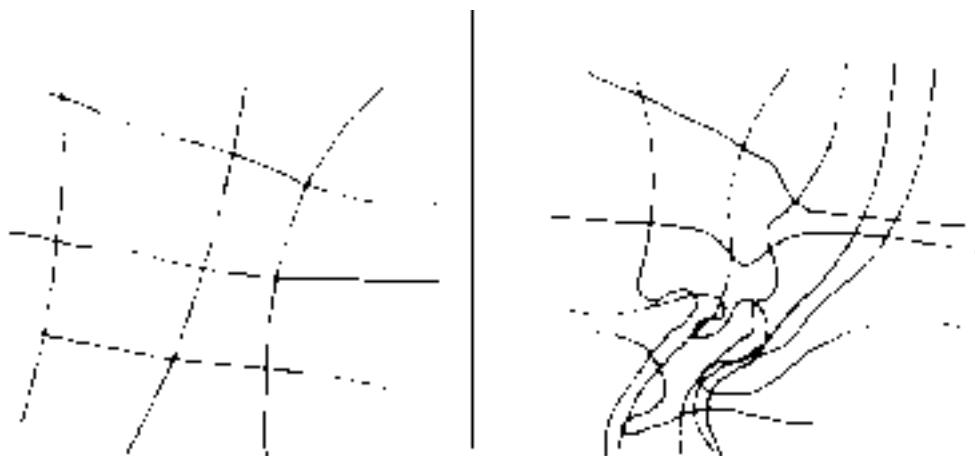


Figure 45 : Grilles obtenues pour 2 sujets après transformation

Dans l'exemple de gauche, le sujet a produit une carte mentale de l'environnement qui est proche de la réalité, contrairement à l'autre sujet. (Beck & Wood, 1976)

D'autres auteurs ont cherché à représenter les distorsions qui peuvent exister dans la représentation mentale (Gale, 1983). Golledge (1987) propose dans l'ouvrage *Handbook of Environmental Psychology* des illustrations de représentations de cartes mentales utilisées dans divers protocoles de recherche (fig. 46 ci-dessous). Elles permettent de saisir visuellement les déformations qui s'opèrent dans la représentation mentale d'un lieu, ici chez deux sujets (« 131 » et « 009 »).

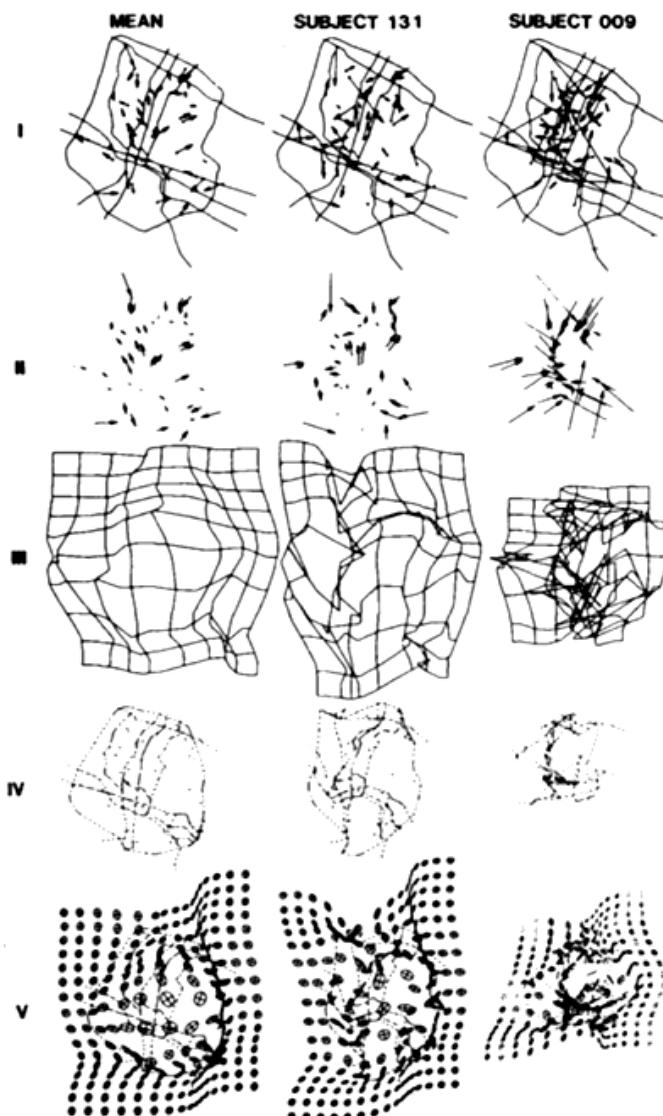


Figure 46 : Exemples de représentations pseudo-cartographiques de cartes mentales

Source : Golledge (1987, p. 146)

Dans notre recherche, nous nous sommes inspiré des travaux de ces auteurs, notamment concernant l'utilisation d'un repère orthonormé (la grille) permettant d'estimer la position relative d'emplacements du parcours figurant sur les dessins. Par conséquent, nous avons tout d'abord réduit chaque dessin à un certain nombre de points le constituant. Ainsi, les scènes du parcours expérimental sont rapportées à un point les caractérisant, leur « centre ». Nous avons choisi le barycentre⁴¹ du polygone qui encadre la scène, comme sur la figure 47 ci-dessous : les points notés P1, P2, P3, etc. délimitent les polygones représentant chaque scène. Une telle méthode permet de saisir la globalité des erreurs qui peuvent avoir lieu dans la représentation d'une scène. Elles peuvent concerner les angles et les longueurs représentés et feront par conséquent varier la position du centre du polygone.

⁴¹ Barycentre : En géométrie, le *barycentre* est un point qui permet de résumer un ensemble géométrique sur lequel sont réparties des valeurs numériques. Ces valeurs peuvent par exemple représenter des poids pour déterminer le point d'équilibre d'un mobile. Dans notre cas, il s'agit des coordonnées des points constituant le polygone.

L'écart de ce point par rapport à sa véritable position sur le plan nous permet de définir une « dispersion des centres » pour chaque scène. Selon nos hypothèses, cette dispersion est plus importante pour les scènes dont l'ambiance est défavorable à la représentation et gestion de l'espace.

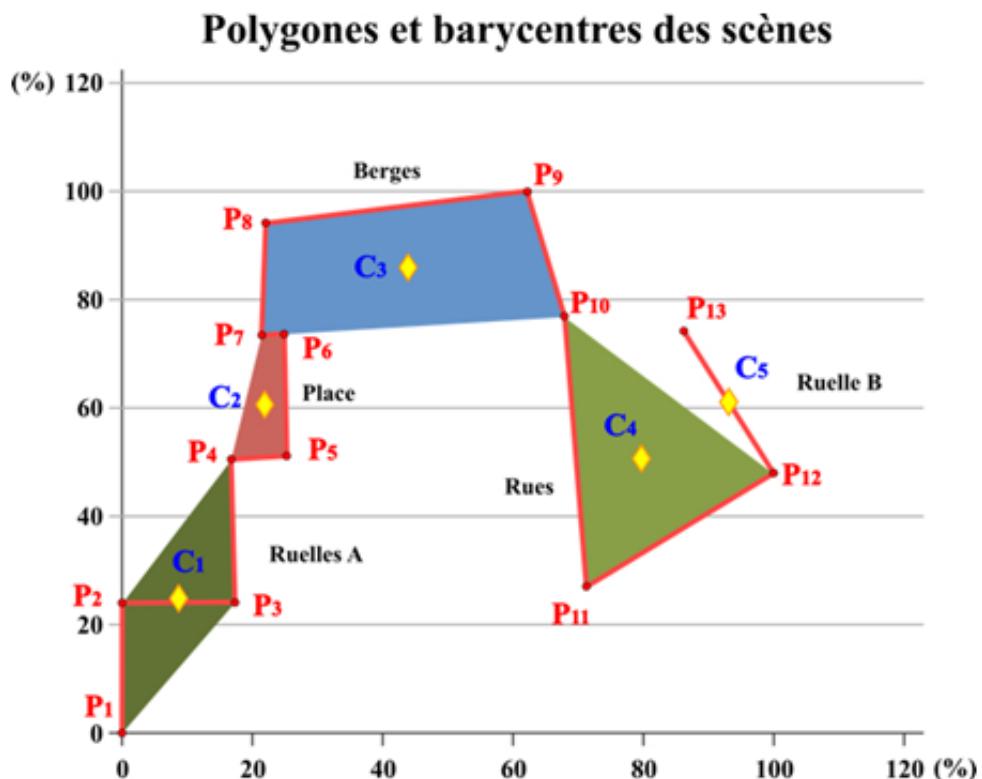


Figure 47 : Polygones et barycentres des scènes de référence

Légende : en jaune sont représentés les centres de chaque scène, ici sur le parcours de référence. Ces cinq points ont été calculés (coordonnées x ; y) pour le dessin de chaque participant.

8.2.2. Fidélité des proportions

Nous avons étudié la fidélité des proportions des scènes représentées dans les dessins. Pour cela, nous avons d'abord calculé les proportions véritables des scènes sur un plan, en rapportant la longueur de chaque scène à la longueur totale du parcours : ces proportions sont nos valeurs de référence (cf. tableau 6 ci-dessous). Nous avons ensuite mesuré les proportions des cinq scènes telles qu'elles apparaissent dans le dessin de chaque participant.

Tableau 6 : Proportions de référence et proportions des scènes dessinées par deux sujets pour chaque scène du parcours.

	Ruelle A	Place	Berges	Rue	Ruelle B
Valeurs de référence	23,85 %	10,13 %	29,96 %	26,83 %	9,24 %
Sujet 1	21, 24 %	27,89 %	28,32 %	15,02 %	7,51 %
Sujet 2	23,61 %	11,80 %	30,18 %	22,59 %	11,80 %
...

En calculant l'écart entre les proportions des scènes dessinées et les proportions de référence, nous avons défini un « score d'erreur », exprimé en pourcentage. Ce score est obtenu selon la formule suivante, par exemple pour le sujet 1 qui a *surestimé* la longueur de la place :

$$\text{Score d'erreur « Sujet 1 »} \quad [\text{Place}] = 27,89 \% - 10,13 \% = \mathbf{17,76 \%}$$

Par ailleurs, dans le trajet proposé, toutes les scènes ne sont pas de longueur équivalente (chacune des 5 scènes ne correspond pas à 20 % du trajet total). Afin de pouvoir comparer les scènes, nous avons choisi de pondérer les « scores d'erreur » précédemment calculés par les longueurs respectives des scènes, ceci afin de rapporter les résultats à une échelle commune. Selon nos hypothèses, le « score d'erreur » obtenu devrait être plus important pour les scènes possédant une « ambiance défavorable » pour la représentation et la gestion de l'espace.

8.2.3. Fidélité des angles

Selon Beck et Wood (1976), la restitution des angles participe en partie à la déformation de la représentation mentale d'un trajet. Nous avons tenu compte de ces recherches en concevant le parcours de manière à ce que les différents changements de direction soient à 90° ou éventuellement 45°. Ces « nœuds », au sens où Lynch (1960/1998) l'entend, sont au nombre de 12 dans le trajet proposé, incluant donc les changements de direction dans le parcours (figure 46 ci-après). Afin de calculer un score de fidélité, nous avons attribué une note de 1 point pour chaque nœud présent et de 2 points si le virage y est correctement représenté. La marge d'erreur pour que nous considérons un angle comme correct est de +/- 45°. Enfin, si un nœud est absent du dessin, un score de 0 point lui est attribué. Chaque scène est constituée d'un ensemble de nœuds :

- 2 nœuds pour la scène « Ruelle A »,
- 3 nœuds pour la scène « Place »,
- 3 nœuds pour la scène « Berges »,
- 3 nœuds pour la scène « Rue »,
- 1 nœud pour la scène « Ruelle B ».

Nous avons regroupé les ruelles A et B afin de comparer les scènes sur le même nombre de nœuds. En accord avec nos hypothèses, nous nous attendons à trouver une meilleure restitution des angles pour les scènes dont l'ambiance est favorable à la représentation et à la gestion de l'espace.

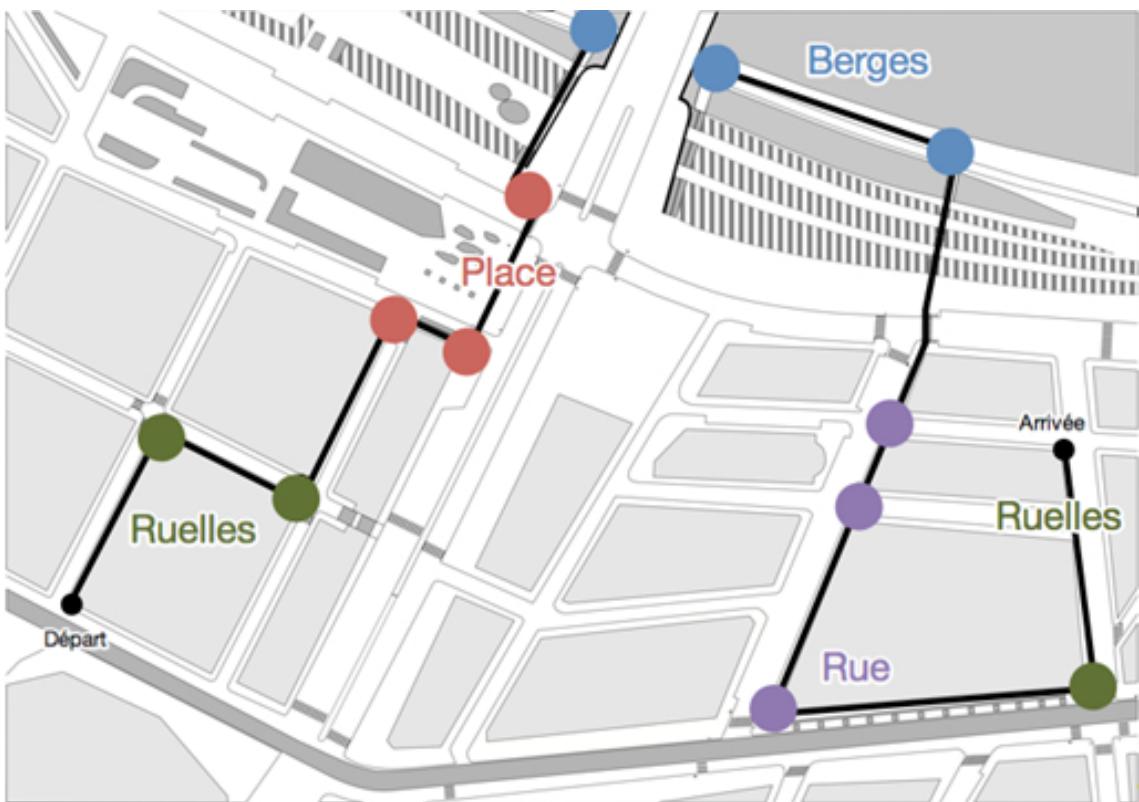


Figure 48 : Les 12 nœuds retenus dans le parcours expérimental (le nord se trouve à droite sur cette vue)

Les nœuds sont des lieux de décision concernant la direction (droite, gauche, tout droit) pendant le trajet.

8.3. Orientation et gestion du déplacement

Lors du trajet autonome, en session 3 (cf. paragraphe 8), nous avons demandé aux sujets d'indiquer à *cinq reprises* la position du Rhône qui constitue un élément important de la ville de Lyon. Cette méthode demande de faire une rotation mentale puisque la connaissance de la configuration se situe dans un cadre de référence *excentrique* (ou *allocentrique*). Le participant doit alors transformer cette information en un point de vue égocentrique pour localiser le Rhône. Les réponses fournies sont converties en un « score d'orientation ». Ce dernier est construit sur la base d'un point attribué par orientation correcte (angle d'erreur toléré de 45 %). En accord avec nos hypothèses, nous nous attendons à trouver un score d'orientation supérieur dans les scènes dont l'ambiance est favorable à la représentation et gestion de l'espace.

Toujours lors de la session 3, nous avons utilisé une grille d'observation prenant en compte les erreurs et les hésitations observées dans les changements de direction ainsi que les demandes d'aides du participant. Nous développons l'intérêt d'une telle méthode d'observation au paragraphe 7.3.4. Afin de garder une cohérence avec l'étude de la représentation mentale, nous avons repris les mêmes « nœuds » (12) que ceux précédemment utilisés pour l'évaluation des angles dans les dessins. Pour chacun de ces 12 points, l'ensemble des observations sur vidéo a été fait par deux juges indépendants, pour une meilleure fiabilité des données observées.

Nous avons établi dans notre grille d'observation, un « score de gestion ». À chaque « nœud », il s'agit pour le marcheur de tourner à droite, à gauche ou de continuer tout droit. Un changement de direction réussi équivaut à un score de 2 points. Si le marcheur demande de l'aide pour prendre sa décision, le score attribué est de 1 point. Enfin, s'il se dirige dans la mauvaise direction, sans se corriger après plusieurs mètres, aucun point n'est attribué. Nous avons, à nouveau, regroupé les ruelles A et B afin de comparer les scènes sur le même nombre de nœuds. Chaque scène possède alors un score maximum de 6 points (3 nœuds par scène). En accord avec nos hypothèses, nous nous attendons à trouver un « score de gestion » supérieur dans les scènes dont l'ambiance est favorable à la représentation et gestion de l'espace.

9. Conclusion

Nous avons présenté les différentes méthodes de recueil de données déployées dans cette recherche, selon les trois sessions de parcours. Comme nous avons pu le voir, nous avons tenté de diversifier nos méthodes d'appréhension des interactions du marcheur aveugle et de son environnement urbain. Ce recueil très riche de données, tant subjectives qu'objectives, nous permet maintenant d'aborder plus précisément leur signification. Nous présentons un tableau récapitulatif de l'ensemble des variables page suivante, avant d'aborder le chapitre de présentation des résultats.

Variables indépendantes										
Type d'environnement	Place		Berges		Rue		Ruelles			
Variables contrôlées										
Type de cécité	Précoce	Tardive	Précoce	Tardive	Précoce	Tardive	Précoce	Tardive		
Aide au déplacement	Canne	Chien guide	Canne	Chien guide	Canne	Chien guide	Canne	Chien guide		
Variables dépendantes										
<i>A. Perception et ressenti</i>	Session 1		Parcours commentés							
	Session 3		Questionnaire "confort et sécurité"							
<i>B. Stress et vigilance</i>	Session 3		Questionnaire "stress et vigilance"							
			Activité électrodermale							
<i>C. Représentation de l'espace</i>	Session 3		Dessin du parcours Position des scènes Proportion des scènes Représentation des nœuds (angles)							
<i>D. Gestion du déplacement</i>	Session 3		Observation vidéo (score de gestion des nœuds) Orientation Vitesse de déplacement							

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des variables étudiées

Chapitre IV : Résultats

1. Introduction

Nos résultats sont issus des différents modes de recueil de données présentés dans le chapitre précédent. Nous les exposons en fonction des trois hypothèses qui sous-tendent notre recherche et qui sont relatives :

- à la perception et au ressenti de l'environnement,
- au stress et à la vigilance perçus, ainsi qu'à l'activité électrodermale,
- à la représentation et à la gestion de l'espace.

Au sein de ces trois thématiques, nous présentons les résultats selon l'environnement caractérisé par les différentes « scènes » du parcours.

1.1. Des scènes urbaines

Comme indiqué auparavant, nous avons choisi d'étudier cinq scènes représentant quatre ambiances différentes, selon nos hypothèses. Les deux scènes « Ruelle A » et « Ruelle B » possèdent une ambiance identique selon nos critères. Nous n'avons pas regroupé les données obtenues pour ces dernières, positionnées en début et en fin de parcours. Toutefois, nous n'attendons à priori pas de différence significative en les comparant sur l'ensemble des mesures puisqu'elles nous paraissent *identiques*.

1.2. Mode de déplacement et homogénéité de la population

Notre population est composée de 27 participants. En fonction des mesures, nos échantillons ont été constitués soit de l'intégralité de la population ($n = 27$) pour les parcours commentés, soit d'un nombre de sujets plus réduit, dans les cas suivants :

- pour les dessins ou les questionnaires en fin de parcours ($n = 26$),
- pour l'analyse vidéo de la gestion du déplacement ($n = 25$),
- pour l'analyse de l'activité électrodermale ($n = 10$).

Nous expliquons au début de chaque partie les raisons de ces réductions de l'effectif. Nous rappelons que dans notre échantillon, les personnes se répartissent selon leur « type de cécité », *précoce* ou *tardive*, et selon leur « mode de déplacement », à l'aide d'une canne blanche ou d'un chien-guide. Le tableau ci-dessous présente cette répartition.

Tableau 8 : Répartition des groupes dans la population

		Mode de déplacement	
		Canne blanche	Chien guide
Type de cécité	Total		Total
Précoce	5 (18 %)	4 (15 %)	9 (33 %)
Tardif	15 (55 %)	3 (11 %)	18 (66 %)
Total	20 (74 %)	7 (26 %)	27

Malgré des groupes de petits effectifs pour les sujets se déplaçant avec un chien-guide, nous avons tenu compte de la variable « mode de déplacement » dans l'analyse de nos données, sans toutefois proposer d'hypothèse à ce sujet. Des comparaisons, réalisées à l'aide du test non paramétrique *U* de Mann-Whitney, n'ont révélé aucune différence significative entre les groupes « canne blanche » et « chien-guide » pour l'ensemble des mesures présentées dans cette recherche. Par conséquent, nous avons retiré la variable « mode de déplacement » de nos analyses, si bien que les deux facteurs de variation que nous avons étudiés sont :

- l'environnement, c'est-à-dire les cinq scènes urbaines traversées (variable intra groupe),
- le type de cécité, précoce ou tardive (variable inter-groupe).

1.3. Analyses de contrastes

« Les tests omnibus⁴² à plusieurs degrés de libertés ne fournissent que des réponses vagues alors que la plupart des hypothèses que nous dérivons de nos modèles théoriques font des prédictions relativement précises. Pour répondre à ce niveau de précision, nous suggérons de tester des contrastes spécifiques plutôt que d'effectuer des tests omnibus. » (Brauer & McClelland, 2005).

Nous pouvons illustrer l'utilisation des contrastes avec un exemple proposé par Brauer et McClelland (op. cit.) :

« Imaginons qu'une psychologue ait développé une nouvelle mesure implicite de l'anxiété. Elle souhaite tester si elle réussit à répliquer un résultat typique qu'on observe dans le traitement des individus phobiques : l'anxiété est faible au début, augmente au moment où le phobique rentre en contact avec le stimulus sur lequel porte la phobie et diminue une fois que ce stimulus n'est plus visible (Bandura, Adams, Hardy, et Howells, 1980). La psychologue clinicienne fait venir 5 participants phobiques des serpents au laboratoire et place un serpent devant eux sur une table pendant 5 minutes. Elle mesure le niveau d'anxiété des participants à 4 moments différents : moment 1 (après avoir annoncé qu'elle va leur montrer un serpent), moment 2 (immédiatement après avoir posé le serpent sur la table), moment 3 (3 minutes après avoir posé le serpent sur la table), moment 4 (immédiatement après avoir remis le serpent dans sa caisse). »

La psychologue peut, selon ses hypothèses, classer ces quatre moments du plus anxiogène au moins anxiogène et ainsi tester et valider (ou non) son hypothèse à l'aide de contrastes entre ces quatre situations. Notre approche méthodologique (paragraphe 2.3) permet de formuler des hypothèses selon lesquelles il est également possible de prévoir un *classement hiérarchique* des scènes du parcours, entre :

- la plus défavorable (la « Place », à l'ambiance bruyante et très ouverte) ;
- la plus favorable (les « Ruelles », à l'ambiance calme et moins ouverte).

C'est précisément l'effet de ces environnements que nous souhaitons étudier dans cette recherche. Par conséquent, nous présenterons, dans les parties suivantes, les résultats en positionnant les scènes selon cet ordre, de la plus *défavorable* à la plus *favorable* :

PLACE □ BERGES □ RUE □ RUELLE A □ RUELLE B

⁴² Un exemple de test omnibus est le test F dans l'analyse de la variance

Nous avons choisi de procéder à des analyses de contrastes orthogonaux de Helmert afin d'identifier si les scènes respectent ce classement hiérarchique dans les différentes mesures. Cette méthode est plus économique en opérations statistiques, par rapport à l'utilisation de comparaisons deux à deux, tel que le test *t* de Student. En présentant les résultats selon l'ordre prédéfini, nous pouvons effectuer pour chaque mesure une série de quatre analyses de contraste du type :

- Contraste 1 : -4 ; +1 ; +1 ; +1 ; +1 (Place : -4 VS les autres : +1)
- Contraste 2 : 0 ; -3 ; +1 ; +1 ; +1 (Place : 0 ; berges : -3 VS les autres : +1)
- Contraste 3 : 0 ; 0 ; -2 ; +1 ; +1 (Place et berges : 0 ; rue : -2 VS les autres +1)
- Contraste 4 : 0 ; 0 ; 0 ; -1 ; +1 (Place, berges et rue : 0 ; ruelle A : -1 VS ruelle B : +1)

En revanche, dans les cas où la distribution des données n'était pas adéquate, c'est à dire non linéaire, réfutant d'emblée l'hypothèse de la hiérarchie entre les scènes⁴³, nous avons opté pour la méthode des comparaisons deux à deux à l'aide du test *t* de Student.

Nous ajoutons enfin que tous nos résultats ont été traités avec le logiciel *SPSS Statistics 16*.

2. Perception de l'environnement et ressenti

« *Il y a trop de bruit, je ne vois plus rien !* » Georges, un participant à notre étude

Nous avons utilisé la technique des trajets commentés pour accéder à une description de l'environnement *in situ*. Les informations recueillies ne sont pas totalement spontanées, puisque le chercheur sollicite régulièrement le marcheur sur son ressenti. Nous avons rencontré des difficultés techniques sur l'un des 27 enregistrements. Par conséquent, nous avons procédé à une analyse thématique du contenu pour 26 entretiens qui ont duré en moyenne 18 minutes.

Nous avons, par ailleurs, étudié la question du ressenti à l'aide d'un questionnaire plus ciblé, proposé lors de la troisième session de parcours à la fin du trajet. Les thèmes retenus pour ces questionnaires sont issus des entretiens préliminaires et nous permettent de « recouper » les informations obtenues dans les parcours commentés. Nous présentons les résultats de cette partie en deux volets, selon ces deux modes de recueil.

2.1. Analyse thématique du contenu des parcours commentés

Les parcours commentés se sont déroulés lors de la découverte du trajet, en première session. La base textuelle constituée lors de ce déplacement comporte un volume d'environ 45 500 mots à analyser. Cette volumineuse base initiale a d'abord été expurgée par suppression des commentaires ne répondant pas aux thèmes de l'analyse : il s'agit des discussions au-delà de la fin du parcours, des répétitions et des digressions sans rapport avec les thèmes de l'analyse. Le volume a été réduit à environ 33 200 mots. Enfin, nous avons éliminé les commentaires exprimés dans les escaliers qui servent de transitions entre les scènes, qui n'ont donc pas fait l'objet d'analyse⁴⁴.

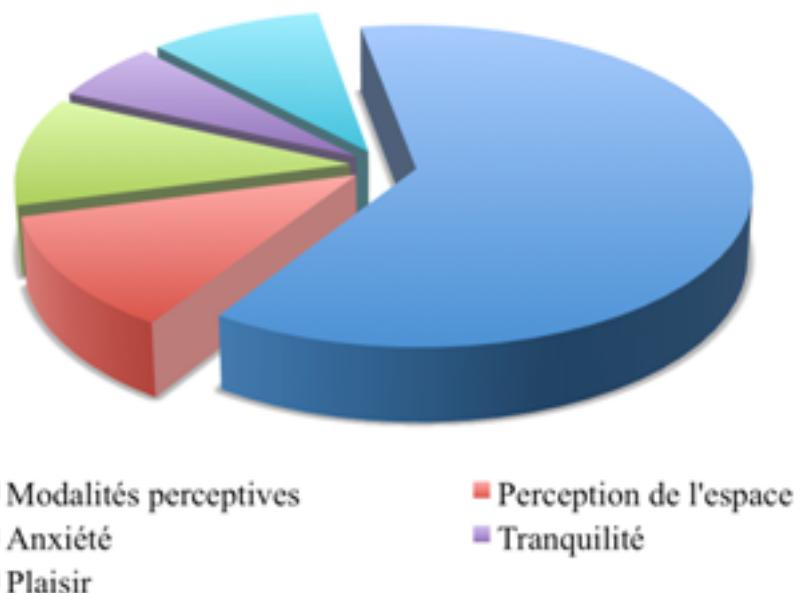
⁴³ Nous avons utilisé le test *t* de Student lorsque plus de 2 contrastes ne sont pas conformes à une distribution linéaire.

⁴⁴ Néanmoins, une analyse partielle montre que les commentaires exprimés dans les escaliers se rapportent principalement à la notion de sécurité (risque ou crainte de chute) et font référence à des informations proprioceptives et tactiles.

Nous avons utilisé une unité originale pour étudier les variations du nombre de commentaires en fonction des scènes traversées : la *fréquence spatiale des commentaires*. Cette dernière peut être définie comme le nombre de commentaires faits par le sujet dans une scène, rapporté à la distance de celle-ci (commentaires/mètre). Nous rappelons que l'analyse thématique des parcours commentés a porté sur les trois thèmes principaux que nous souhaitions explorer au regard de nos hypothèses :

- Les modalités perceptives utilisées pour faire référence à l'environnement (2.1.1),
- La perception des dimensions de l'espace environnant (2.1.2),
- Le ressenti, en termes de plaisir et d'anxiété lors du déplacement (2.1.3).

Le graphique 1, ci-dessous donne un aperçu des proportions des commentaires se rapportant aux différentes thématiques présentées ci-dessus.



Graphique 1 : Thématiques des commentaires analysés

La figure 47 ci-dessus nous indique que le volume textuel analysé est majoritairement composé de commentaires relatifs aux modalités perceptives (62 %). En effet, dans les discours descriptifs que nous avons recueillis, les personnes ont précisé, le plus souvent, à quel sens se rapporte leur commentaire.

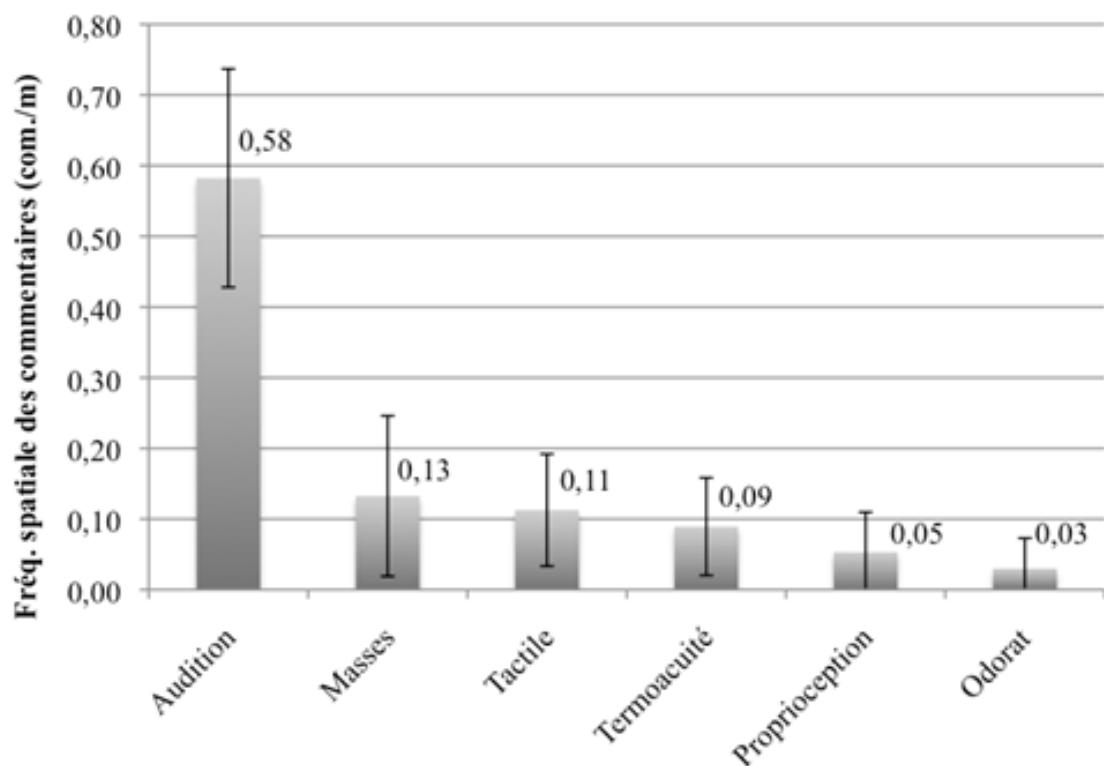
2.1.1. Perception sensorielle

Selon la classification présentée au paragraphe 5.3 en méthodologie, nous avons regroupé les commentaires selon qu'ils se rapportent à des informations « auditives », « tactiles », au « sens des masses », à la « thermoacuité », à la « proprioception » ou à « l'odorat ». Ils représentent 62 % de l'ensemble des commentaires analysés.

2.1.1.1. Utilisation des modalités sensorielles

Le graphique 2 ci-dessous présente, pour les 26 sujets, le nombre de commentaires faisant référence aux modalités sensorielles identifiées dans les corpus. Les données sont

présentées et analysées sous forme de *fréquence spatiale* de commentaires, dont l'unité est en « commentaires par mètre ».



Graphique 2 : Fréquence spatiale des commentaires en fonction des modalités perceptives

L'analyse de variance indique qu'il y a bien une différence significative entre les six modalités perceptives décrites ci-dessus, $F(5, 120) = 93,73, p < 0,001$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet du facteur « type de cécité », $F(1, 24) = 0,00, p > 0,05$ ni d'interaction entre les facteurs « modalité sensorielle » et « type de cécité », $F(5, 120) = 0,55, p > 0,05$.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de l'analyse de contraste entre les modalités sensorielles évoquées dans les commentaires.

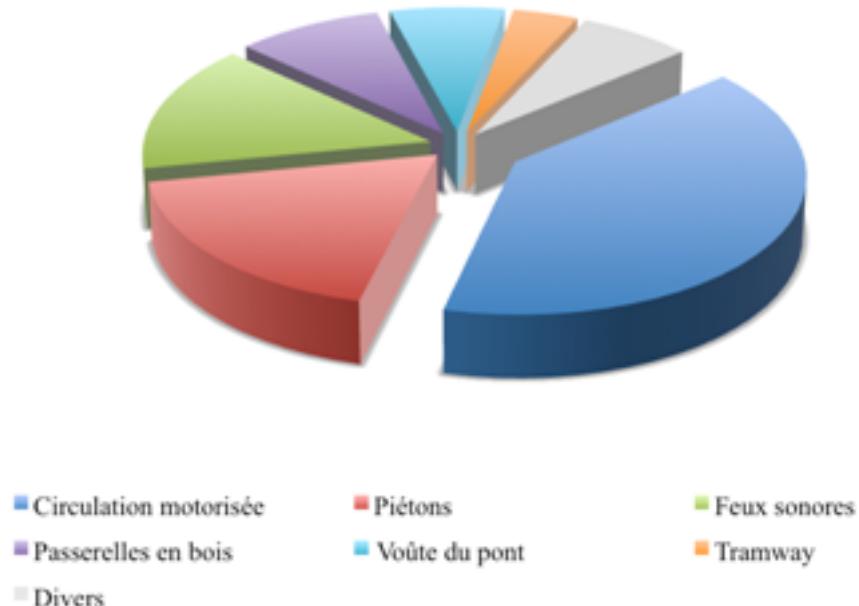
Tableau 9 : Contrastes orthogonaux entre les différentes perceptions sensorielles évoquées

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Audition (-5) VS autres (+1)	1	24	162,92	< 0,0001
Masses (-4) VS autres (+1)	1	24	4,56	< 0,05
Tactile (-3) VS autres (+1)	1	24	19,33	< 0,001
Thermoacuité (-2) VS autres (+1)	1	24	8,56	< 0,05
Proprioception VS odorat	1	24	5,13	< 0,05

Ces contrastes orthogonaux entre les scènes nous indiquent que la modalité « auditive » est significativement la plus évoquée, suivie du « sens des masses », des informations « tactiles », de la « thermoacuité » et enfin des informations « proprioceptives » et « olfactives ». Cela confirme l'importance de l'audition, qui est le sens sollicité dans la majorité des commentaires (0,58 commentaire/mètre, avec un total de 375 commentaires).

Une analyse plus qualitative du contenu des parcours commentés a montré que l'audition permet d'identifier en particulier (graphique 2 ci-dessous) :

- la circulation automobile (dans 40 % des commentaires pour l'audition),
- les personnes (18 %) par le bruit de leur déplacement que ce soit à pied ou à vélo, leur conversation, le bruit des jeux (skateboard),
- les feux sonores (15 %) après leur déclenchement à la télécommande,
- les passerelles par le bruit de frottement de la canne sur les planches de bois (9 %),
- la voûte du pont de la Guillotière en raison de la réverbération (7 %),
- le tram en circulation dans le cours de la Liberté (4 %),
- d'autres éléments divers (7 %) tel le vacarme des travaux sur l'infrastructure ou le ronronnement de ventilations de magasins...



Graphique 2 : Éléments identifiés grâce à l'audition

Nous savons ce qu'il peut y avoir d'ambigu à séparer le sens des masses de celui de l'audition (*spatiale*). Néanmoins, il est possible que celui-ci bénéficie de la synergie d'autres sens agonistes comme la sensibilité superficielle par le biais des mouvements de l'air perçus au niveau du visage. Après l'audition, le sens des masses est le plus évoqué (0,13 commentaire/mètre, avec un total de 101 commentaires). Il permet de détecter la présence de masses (56 % des cas) constituées le plus souvent par les façades des immeubles, mais aussi par des véhicules garés le long du trottoir et exceptionnellement par le mobilier urbain. A contrario, *l'absence de masse*, autrement dit, le vide (38 %), est perçue dans les grands espaces dégagés tels que la place Raspail ou les berges du Rhône. C'est aussi le cas lors du croisement d'une rue perpendiculaire au cheminement (les axes secondaires traversés dans la scène « Rue », par exemple).

La sensibilité superficielle tactile (0,11 commentaire/mètre avec un total de 69 commentaires) est utilisée le plus souvent par l'intermédiaire de la canne (majoritaire dans notre échantillon). Elle permet de détecter les obstacles tels que le mobilier urbain (14 % des cas) ou de suivre le contour d'une bordure de trottoir afin d'en déterminer la largeur et l'orientation (42 %). Elle permet également de tester la nature du sol, comme sur les berges du Rhône avec les passerelles en bois (23 %).

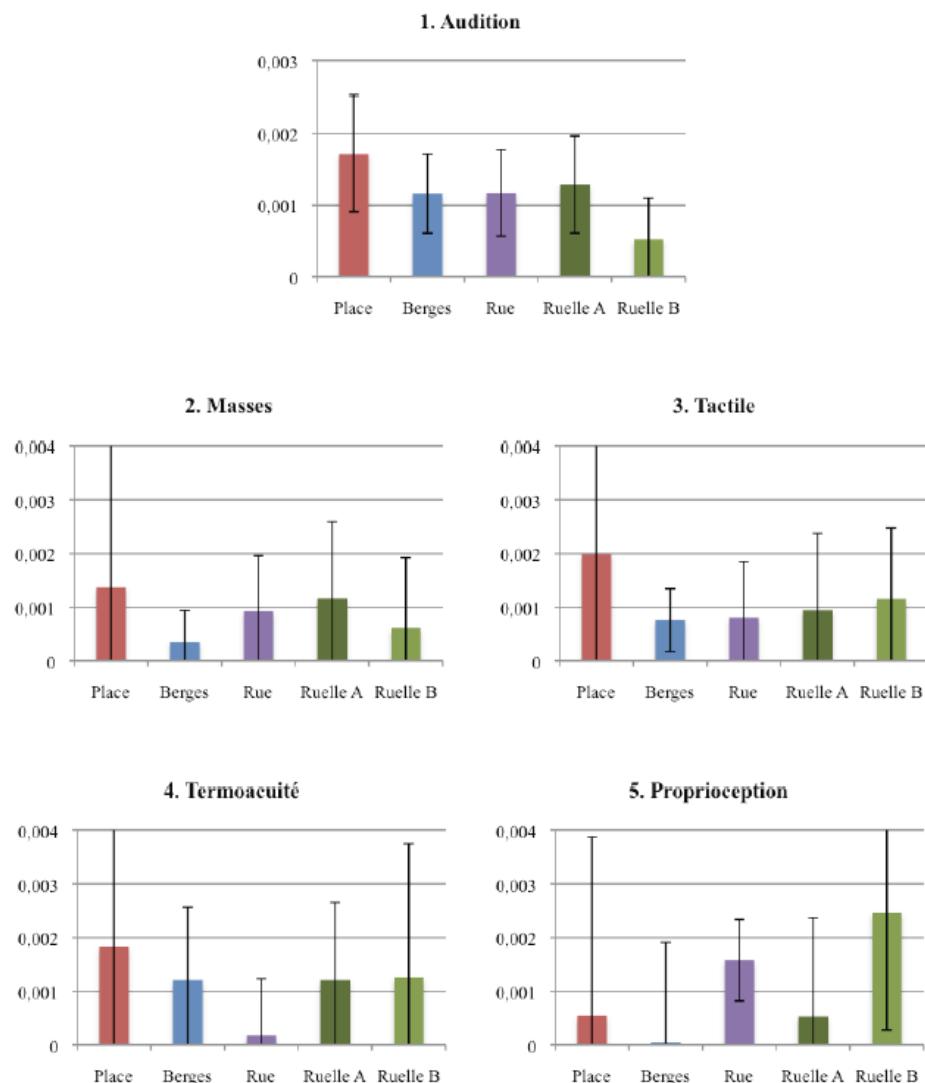
La sensibilité superficielle thermique ou thermoacuité (0,09 commentaire/mètre, avec un total de 51 commentaires) favorise la détection, au niveau du visage, de l'intensité du vent et de l'effet calorique du soleil. Naturellement, elle varie en fonction des conditions météorologiques, assez diverses au cours de la période d'expérimentation (février, mars, avril). Elle est particulièrement éprouvée dans les espaces dégagés (la Place Raspail et les berges du Rhône) ou quand la rue fait office de couloir de circulation de l'air (Rue Combalot avec ses escaliers terminaux donnant sur le secteur ouvert des quais du Rhône).

La sensibilité profonde ou proprioception (0,05 commentaire/mètres, avec un total de 27 commentaires) est ressentie, en partie, au niveau des barorécepteurs articulaires des chevilles et permet le repérage des brusques dénivellations du sol (76 % des cas) lors du passage sur les sorties de garage ou les abaissements de trottoir destinés à la traversée des personnes à mobilité réduite. Cette sensibilité est aussi utilisée pour détecter, plus finement, la faible inclinaison globale du trottoir de la rue Aimé Collomb depuis les quais jusqu'au cours de la Liberté (11 %).

Enfin, l'odorat joue un rôle très marginal (0,03 commentaire/mètres, avec un total de 22 commentaires) dans la détection des commerces. Cela aurait probablement pu être plus marqué, notamment avec les restaurants asiatiques du quartier chinois... Mais les références à l'odorat sont finalement assez rares, excepté pour deux participants aux narines particulièrement affutées, les devantures étant closes en hiver.

2.1.1.2. Effet de l'environnement sur la perception sensorielle

Nous souhaitons savoir s'il existe un effet de l'environnement (les différentes scènes du parcours) sur le contenu des commentaires portant sur les perceptions sensorielles, au fur et à mesure du trajet. Pour cela, nous nous sommes concentré sur les informations auditives (« audition » et « sens des masses ») ainsi que tactiles superficielles et profondes (« tactile », « thermoacuité » et « proprioception »). Les cinq graphiques figure 3 ci-dessous, présentent les fréquences spatiales de commentaires en fonction des scènes, pour chaque modalité.



Graphiques 3 : Fréquence spatiale des commentaires en fonction des scènes pour chaque modalité (unité en ordonnée : commentaires/mètre)

Le tableau 10 présente les résultats des analyses de variance pour les cinq modalités présentées ci-dessus.

Tableau 10 : Effet de la « scène urbaine » sur la modalité perceptive évoquée

	Effet de la scène urbaine (variable intra groupe)			
	DDL	Erreur	F	Niveau p
Audition	4	96	9,15	< 0,0001
Sens des masses	4	96	1,86	NS
Tactile	4	96	1,45	NS
Thermoacuité	4	96	2,08	NS
Proprioception	4	96	2,31	NS

Ces analyses indiquent que le facteur « scène » a uniquement un effet pour les commentaires se rapportant à l'audition, $F(4, 96) = 9,15, p < ,001$. Toutefois, nous ne

rapportons pas d'effet du « type de cécité », $F(1, 24) = 1,07, p > 0,05$, ni d'interaction entre ces deux facteurs $F(4, 96) = 0,62, p > 0,05$.

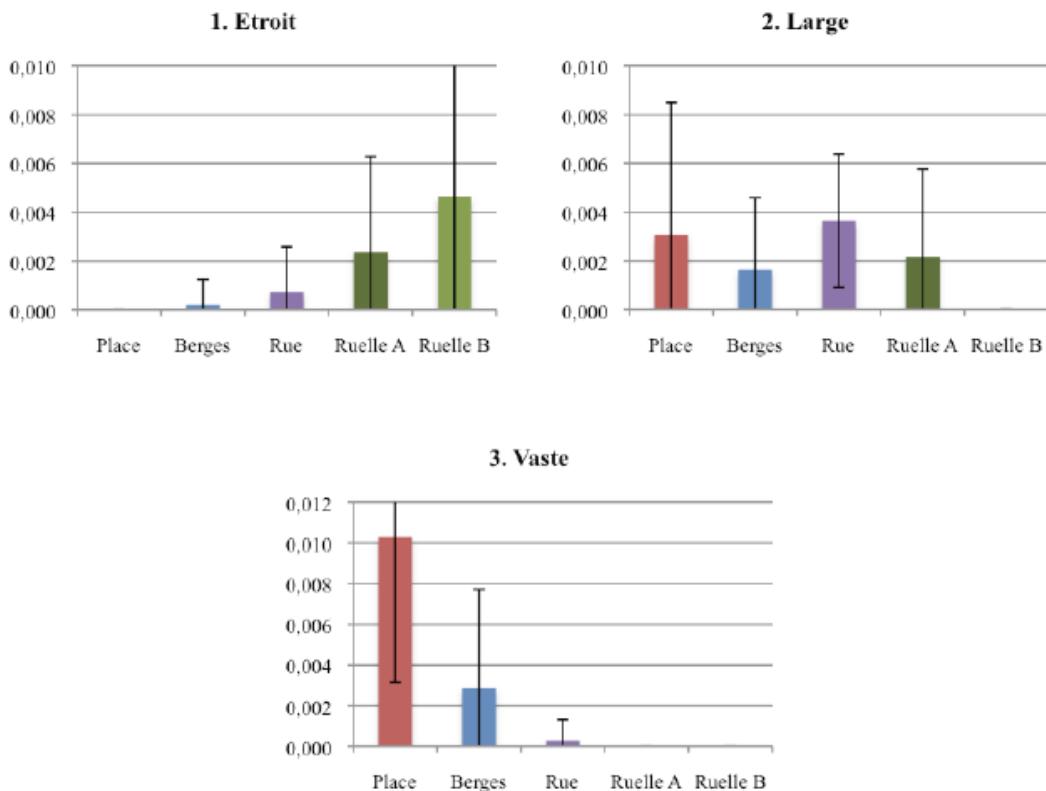
Les analyses de variance ne révèlent aucune différence significative dans les flux de commentaires pour les autres modalités sensorielles (tableau 10 ci-dessus). Nous ne relevons également pas d'effet du « type de cécité » ni d'interaction entre ces deux facteurs pour les autres modalités sensorielles.

Concernant les commentaires se rapportant à l'audition, les scènes ont été comparées deux à deux à l'aide du test t de Student. Les résultats nous indiquent que deux environnements se différencient significativement ($p < 0,05$) des autres. La place est à l'origine d'un nombre de commentaires significativement supérieur aux autres scènes ($M = 0,0017, \sigma = 0,00081$). À l'inverse, la ruelle B est à l'origine d'un nombre de commentaires significativement plus faible ($M = 0,0005, \sigma = 0,00057$). Selon les personnes aveugles, c'est notamment le niveau sonore, plus élevé que la moyenne, qui rend la lecture du *paysage sonore* plus complexe sur la place Raspail (environ 75 dB selon nos mesures).

2.1.2. Perception de l'espace

Nous avons cherché à savoir comment les personnes aveugles identifient l'environnement, en particulier dans ses dimensions et son *ouverture*. Cette perception est-elle fidèle à la réalité architecturale ? Pour cette partie, nous avons à nouveau utilisé une « fréquence spatiale » de commentaires. Ces commentaires sont spontanés, mais toutefois consécutifs à la question initiale : « pouvez-vous me décrire votre environnement, ce que vous en percevez et ressentez ? »

Les commentaires des marcheurs aveugles qui se rapportent à la perception des dimensions de l'espace (12 % de l'ensemble des commentaires analysés) ont été analysés et classés en trois grandes catégories : les références à un espace qualifié « d'étroit », de « large » ou de « vaste ». Les graphiques 4 ci-dessous présentent les fréquences spatiales des commentaires en fonction des scènes du parcours.



Graphique 4. Perception des dimensions de l'espace

Les commentaires faisant référence à un espace vaste se retrouvent principalement exprimés dans les scènes « Place » et « Berges ». À l'opposé, les commentaires relatifs à un espace étroit semblent majoritairement exprimés dans les « Ruelles A et B ». Le tableau 11 ci-dessous présente les résultats de l'analyse de variance portant sur la perception des dimensions de l'espace.

Tableau 11 : Analyse de variance : effet de la « scène urbaine » sur la perception de l'espace

	Effet de la scène urbaine (variable intra groupe)			
	DDL	Erreur	F	Niveau p
Etroit	4	96	5,04	< 0,05
Large	4	96	2,53	NS
Vaste	4	96	26,15	< 0,0001

L'analyse de variance nous indique que le facteur « scène » a bien un effet sur les commentaires des personnes aveugles pour les catégories « espace étroit » $F(4, 96) = 5,04$,

$p < 0,05$ et « espace vaste », $F(4, 96) = 26,15$, $p < 0,05$. Il n'y a pas d'effet du « type de cécité », ni d'interaction entre ces deux facteurs pour ces trois catégories, tout $p > 0,05$. Le tableau 12 présente les analyses de contraste entre les scènes pour les catégories « espace étroit » et « espace vaste ».

Tableau 12 : Contrastes orthogonaux pour les catégories « étroit » et « vaste »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Etroit				
Place (-4) VS autres (+1)	1	24	15,73	< 0,001
Berges (-3) VS autres (+1)	1	24	15,73	< 0,001
Rue (-2) VS autres (+1)	1	24	12,11	< 0,05
Ruelle A VS ruelle B	1	24	0	NS
Vaste				
Place (-4) VS autres (+1)	1	24	39,58	< 0,001
Berges (-3) VS autres (+1)	1	24	8,92	< 0,05
Rue (-2) VS autres (+1)	1	24
Ruelle A VS ruelle B	1	24	...	45 ...

Ces contrastes nous indiquent que la place et les berges sont significativement perçues comme des espaces vastes par les personnes aveugles. À l'inverse, les ruelles sont perçues comme des espaces étroits. Ces résultats sont intéressants puisqu'ils nous confortent dans l'idée que les aveugles perçoivent avec *acuité* les variations d'espace lors du parcours expérimental. En effet, selon nos hypothèses, l'ouverture de l'environnement possède un effet sur les différentes composantes du déplacement. Il était donc important de s'assurer que les marcheurs aveugles caractérisent et catégorisent ces changements d'environnement (par des informations issues de *l'espace distant*).

2.1.3. Anxiété et plaisir

La troisième thématique que nous explorons est celle du sentiment de plaisir ou d'anxiété lors d'un déplacement urbain.

2.1.3.1. Anxiété

Les commentaires relatifs à l'anxiété (179 commentaires, soit 17 % de l'ensemble des commentaires) sont ceux par lesquels les participants indiquent spontanément une crainte ou une gêne ressentie lors de la traversée d'une scène ou qu'ils expriment en répondant à la question : « Comment vous vous sentez, à présent ? » Le plus souvent, les personnes commentent et précisent l'origine de ce ressenti, ce qui nous a permis d'identifier différentes causes au sentiment d'anxiété.

La « désorientation » est une source d'anxiété importante, correspondant à l'impossibilité pour la personne aveugle de choisir la direction à suivre pendant son déplacement. La désorientation semble souvent occasionnée par la saturation sonore, ou au contraire, par l'absence de repères, auditifs ou tactiles. La désorientation tactile est la plus fréquemment signalée, dans 34 % des commentaires relatifs à l'anxiété. Cela tend à montrer que les personnes aveugles sont très attachées aux repères au sol et perçus du bout de la canne. La désorientation auditive se retrouve dans 15 % des commentaires sur l'anxiété. Comme le disait avec humour l'un de nos participants : « il y a trop de bruit... je ne vois plus rien ! ».

Une autre catégorie regroupe les commentaires portant sur les « risques » encourus pendant le déplacement. Il s'agit principalement de la crainte de chuter au sol (13 % des commentaires sur l'anxiété). Une crainte de chute spécifique à notre parcours expérimental concerne les eaux du Rhône que nous longeons sur plus d'une centaine de mètres. Enfin, un autre risque fréquemment évoqué est celui de collision avec un véhicule en circulation (9 % des commentaires sur l'anxiété).

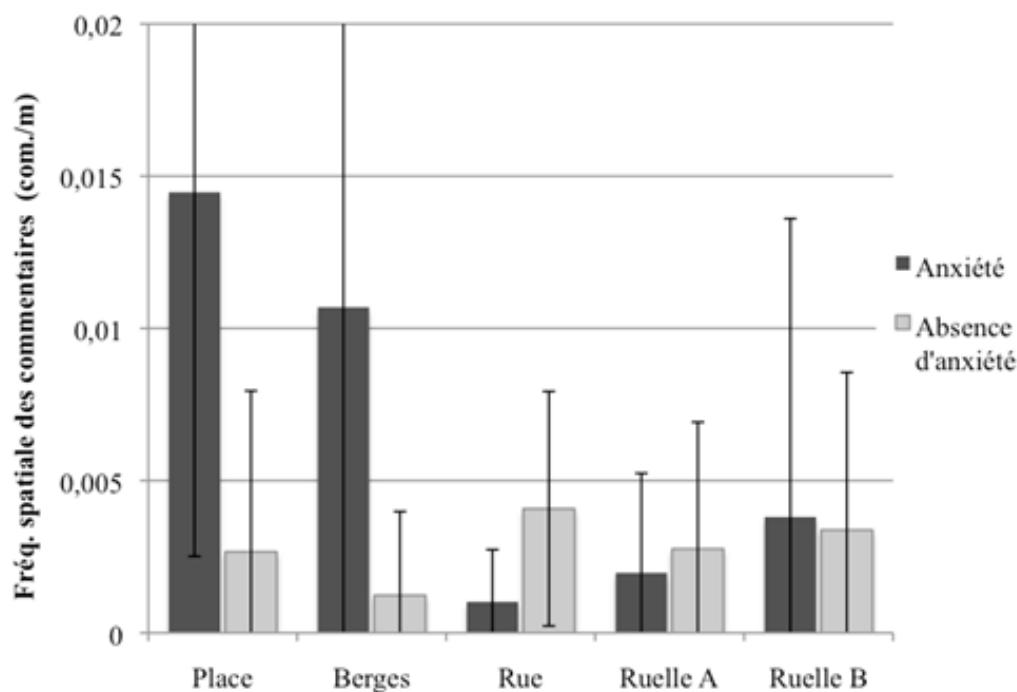
La notion de « gêne dans le déplacement » revient régulièrement (10 % des commentaires sur l'anxiété). Elle est due à la présence d'obstacles sur le trajet, comme le mobilier urbain, les poteaux de signalisation, les potelets de séparation, les poubelles, les véhicules mal stationnés, les panneaux divers... Souvent éprouvés avec beaucoup d'agacement, ces obstacles sont également décrits comme étant à l'origine de collisions et de blessures régulières lors des déplacements !

Un sentiment « d'insécurité » a été exprimé à plusieurs reprises lors des trajets commentés (19 % des commentaires pour l'anxiété), notamment par des personnes évoquant les risques d'agression dans les secteurs les plus déserts du trajet. Cela fait probablement écho à un sentiment de fragilité et de dépendance face à l'environnement humain. Ce sentiment d'insécurité reste toutefois dans l'ensemble assez peu explicité par les marcheurs aveugles.

Enfin, nous avons pris en considération l'absence d'anxiété, lorsque le participant répond par un « ça va ! » à une sollicitation du type : « Comment vous vous sentez, maintenant ? ». Ce sentiment qui peut aussi être qualifié de « tranquillité » se retrouve dans 35 % des commentaires. Souvent, les personnes aveugles associent cette tranquillité au confort d'être guidé sur ce premier trajet. La réflexion immédiate, et souvent spontanée, qui y est associée est la suivante : « Si j'étais seul, ce serait autre chose ! »

2.1.3.2. Effet de l'environnement sur l'anxiété

Comme pour les analyses portant sur la « perception sensorielle » et la « perception des espaces », nous avons transformé nos données en fréquences spatiales de commentaires, afin de comparer les scènes entre elles et d'étudier l'effet de l'environnement sur l'anxiété. Le graphique 5 ci-dessous présente les fréquences spatiales de commentaires pour l'anxiété et l'absence d'anxiété.



Graphique 5 : Fréquence spatiale de commentaires en fonction des scènes pour l'anxiété et l'absence d'anxiété

L'analyse de variance nous indique que le facteur « scène » a un effet significatif sur le nombre de commentaires relatifs à « l'anxiété », $F(4, 96) = 12,85, p < 0,001$. Nous ne rapportons toutefois pas d'effet du « type de cécité » $F(1, 24) = 0,045, p > 0,05$, ni d'interaction entre les deux facteurs « type de cécité » et « scène » $F(4, 96) = 1,30, p > 0,05$. L'environnement n'a pas d'effet significatif sur les commentaires relatifs à « l'absence d'anxiété » qui reste stable tout au long du parcours $F(4, 94) = 2,17, p > 0,05$. L'analyse ne révèle pas non plus d'effet du « type de cécité » ni d'interaction entre les deux facteurs. Le tableau 13 ci-dessous présente les contrastes entre les scènes pour l'anxiété ressentie.

Tableau 13 : Contrastés orthogonaux entre les scènes pour « l'anxiété »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-4) VS autres (+1)	1	24	18,85	< 0,0001
Berges (-3) VS autres (+1)	1	24	12,82	< 0,05
Rue (-2) VS autres (+1)	1	24	1,46	NS
Ruelle A VS ruelle B	1	24	0,84	NS

Ces contrastes nous indiquent que l'expression de l'anxiété est maximale sur la place et les berges du Rhône. Selon les commentaires, nous rappelons que cela est souvent lié à la désorientation créée par l'absence de repères traditionnels au sol, ces deux scènes étant spécialement arasées. La saturation sonore, induite par la proximité d'une circulation intense pour la place ainsi que le calme des berges aux heures où nous les avons pratiquées (*désaturation* sonore), compte pour beaucoup dans l'expression plus fréquente de l'anxiété. Face à ces deux environnements, son expression est significativement moins présente dans la rue et les ruelles qui correspondent à des environnements probablement plus familiers. La fréquence des commentaires relatifs à l'absence d'anxiété y est supérieure à

celles des commentaires relatifs à l'anxiété. Enfin, l'une des distinctions géographiques et urbanistiques les plus marquantes entre ces deux « types » de scènes (place et berges VS rue et ruelles) réside dans l'ouverture de l'environnement. Ce critère, en complément de la saturation sonore, nous semble être de première importance dans la notion d'anxiété ressentie par les marcheurs aveugles.

2.1.3.3. Plaisir

En opposition au désagrément ainsi qu'à l'anxiété rencontrée lors des déplacements, nous nous sommes intéressés au sentiment de plaisir qui peut être éprouvé lors de la marche urbaine. Cette thématique « plaisir » regroupe les commentaires pour lesquels le participant indique spontanément un certain agrément, une facilité ressentie dans la traversée d'une scène du parcours. Le plus souvent, les marcheurs nous ont précisé l'origine de ce ressenti. Les commentaires relatifs à la notion de plaisir représentent seulement 9 % (99 commentaires) de l'ensemble des commentaires.

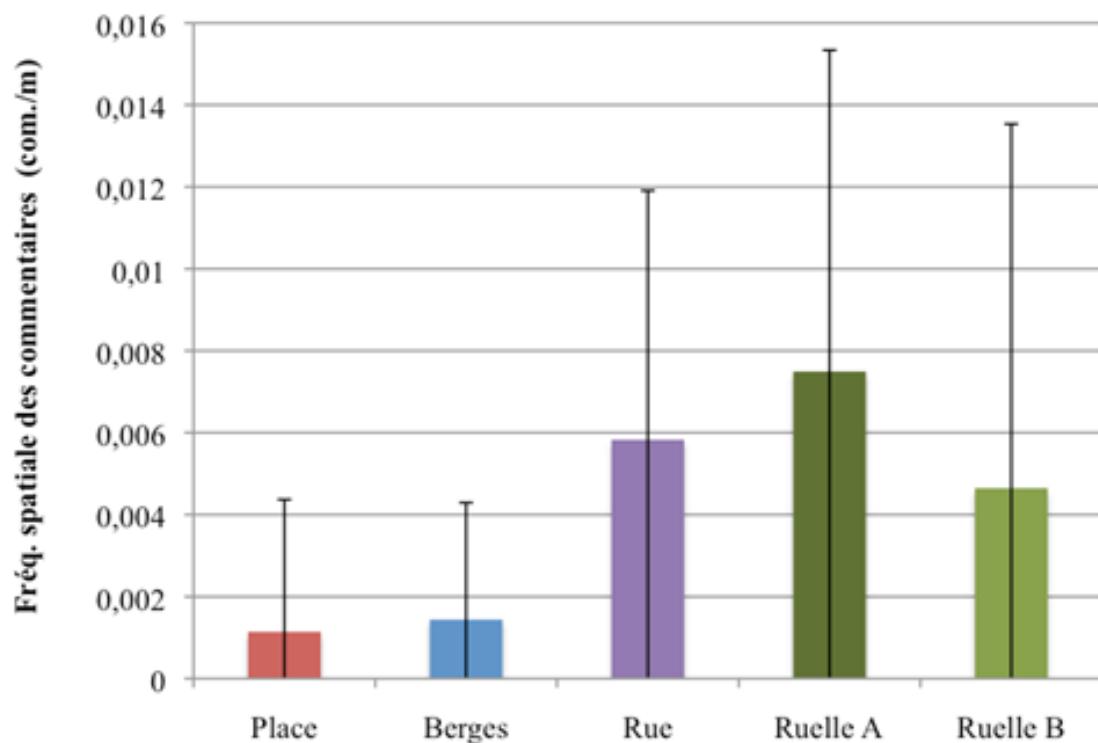
Un commentaire qui revient fréquemment dans cette catégorie est « c'est agréable ici ! » avec un sentiment apparent de satisfaction (40 % des commentaires pour le plaisir). Ce sentiment est bien souvent rapporté au calme qui règne dans un environnement, sans saturation sonore hostile à l'orientation, permettant de percevoir pleinement l'environnement dans sa diversité et sa richesse sonore (*hi-fi* selon Murray Shafer, 1979).

20 % des commentaires concernant le plaisir se rapportent à la « facilité » du déplacement, synonyme de présence de repères notables mémorisables et fiables quant à la localisation urbaine, d'absence d'obstacles gênant la progression, mais aussi d'un espace suffisant et assez bien délimité de déambulation.

Le reste des commentaires relatifs au plaisir se rapporte au thème de la « sécurité », faisant référence à l'accompagnement humain ou à l'aide fournie par le chien-guide. Au-delà du simple plaisir de la compagnie, les participants reconnaissent spontanément que le sentiment ressenti et déclaré dans une scène donnée, notamment anxiogène, n'est pas conforme à celui qu'ils ressentiraient s'ils étaient seuls. Cette compagnie, nettement perçue comme agréable, décharge souvent le participant d'un stress dû au déplacement autonome.

2.1.3.4. Effet de l'environnement sur le plaisir

Afin de savoir si l'environnement urbain a un effet sur le nombre de commentaires relatifs au plaisir, nous avons à nouveau utilisé une fréquence spatiale des commentaires pour chaque scène, présentée dans le graphique 6 ci-dessous.



Graphique 6 : Fréquence spatiale des commentaires en fonction des scènes, pour le plaisir

L'analyse de variance nous indique que, lors de cette découverte du parcours, le facteur « scène » a bien un effet significatif sur la fréquence des commentaires relatifs au « plaisir » : $F(4, 96) = 4,81, p < 0,05$. En revanche, nous n'avons toujours pas relevé d'effet du « type de cécité » $F(1, 24) = 0,013, p > 0,05$, ni d'interaction entre les deux facteurs $F(4, 96) = 0,02, p > 0,05$. Le tableau ci-dessous présente les contrastes entre les scènes concernant le plaisir.

Tableau 14 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour le « plaisir »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-4) VS autres (+1)	1	24	12,48	< 0,05
Berges (-3) VS autres (+1)	1	24	13,92	< 0,001
Rue (-2) VS autres (+1)	1	24		NS
Ruelle A VS ruelle B	1	24		NS

Ces contrastes révèlent à nouveau une distinction significative entre les environnements très ouverts et les environnements plus traditionnels. Il y a une différence significative entre les scènes de type « rue et ruelles » et les scènes de type « place et berges », en faveur des premières qui semblent procurer nettement plus de plaisir aux participants. Comme nous l'avons vu, c'est le « calme » de l'environnement qui est souvent la caractéristique à l'origine des commentaires de plaisir. Pour autant, le silence semble très peu apprécié, comme sur les berges du Rhône par exemple. La possibilité d'apprécier, d'analyser le paysage sonore se déroulant dans une scène, compte certainement en grande partie dans le plaisir éprouvé lors du déplacement.

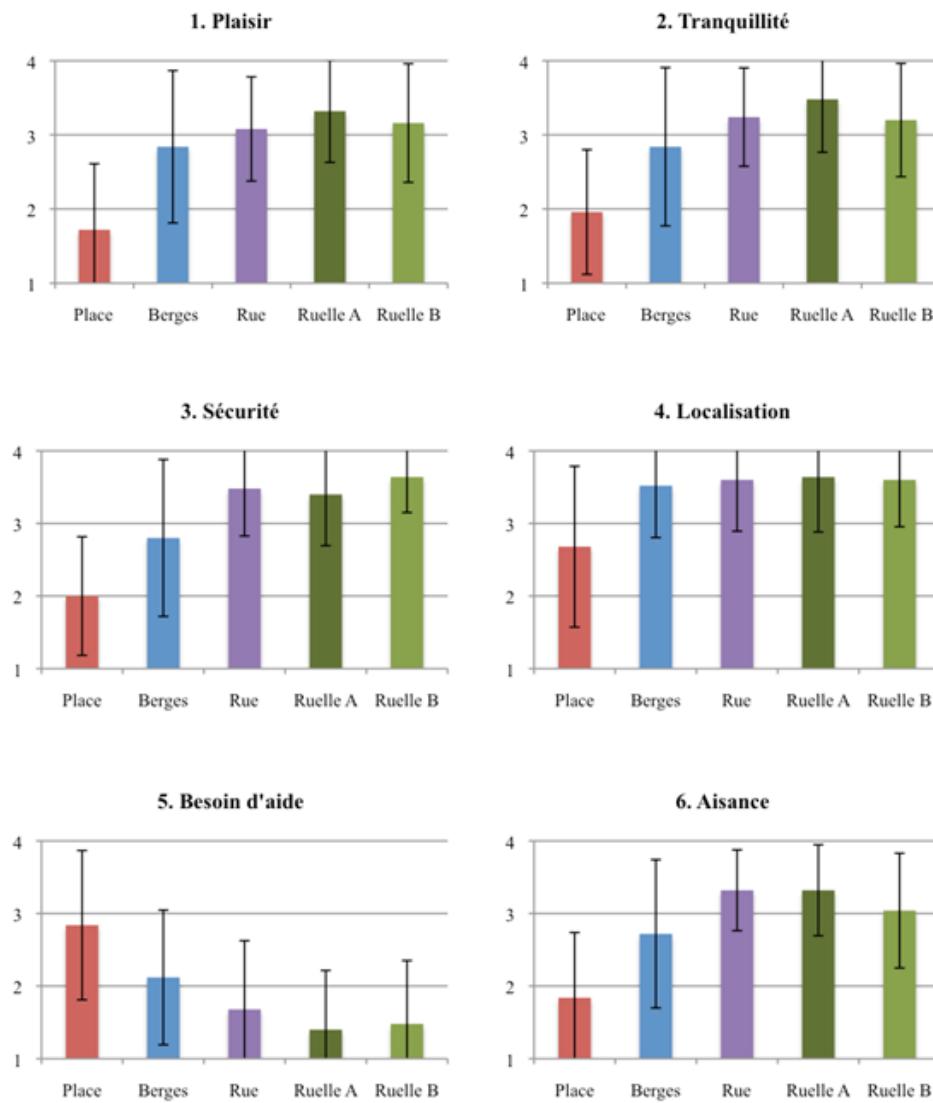
2.2. Analyse du questionnaire « ressenti et ambiances urbaines »

Ce questionnaire a été utilisé à la fin du parcours autonome en session 3. Il est proposé pour chacune des scènes rencontrées. Nous rappelons que les réponses aux questions forment un score de 1 à 4 : plus le score est élevé, plus l'évaluation de l'environnement est favorable. Les réponses ont été traitées à l'aide d'une analyse de variance sur mesures répétées (correspondant à chaque scène) et par des contrastes orthogonaux. L'analyse a porté sur 25 sujets, une personne n'ayant pas eu le temps nécessaire pour y répondre en fin d'expérimentation. Afin d'étudier l'effet de l'environnement sur le ressenti, nous rappelons que les questions sont regroupées selon les six thèmes suivants, issus des entretiens préliminaires :

- sentiment de plaisir,
- sentiment de tranquillité,
- sentiment de sécurité,
- sentiment de localisation dans l'environnement,
- besoin d'aide lors du déplacement,
- sentiment d'aisance dans le déplacement.

2.2.1. Résultats en fonction des thèmes

Nous présentons dans les graphiques 7 (1, 2, 3, 4, 5, 6) ci-dessous les scores obtenus pour chacune des six dimensions, en fonction de l'environnement : les scènes sont présentées en abscisse et les scores moyens en ordonnée.



Graphiques 7 : Évolution des réponses au questionnaire (score en ordonnée) en fonction des scènes

2.2.2. Effet de l'environnement sur le ressenti

Pour chacun des six thèmes présentés ci-dessus, nous avons mené des analyses de variance afin d'étudier l'effet des « scènes » parcourues et « du type de cécité » sur le ressenti des piétons aveugles. Le tableau 15 ci-dessous présente les résultats de ces six analyses.

Tableau 15 : Effet de l'environnement sur le ressenti

	Effet de la scène urbaine (variable intra groupe)			
	DDL	Erreur	F	Niveau p
1. Plaisir	4	92	16,36	< 0,001
2. Tranquillité	4	92	14,76	< 0,001
3. Sentiment de sécurité	4	92	21,05	< 0,001
4. Localisation	4	92	8,45	< 0,001
5. Besoin d'aide	4	92	10,21	< 0,001
6. Aisance du déplacement	4	92	15,97	< 0,001

Ces résultats indiquent que le facteur « scène » a un effet significatif sur le ressenti, pour l'ensemble des thématiques abordées.

Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet du « type de cécité » sur les réponses au questionnaire, tous les $F(1, 23) < 1,67$, tous $p > 0,05$. L'analyse nous indique également qu'il n'y a pas d'interaction entre les facteurs « scène » et « type de cécité », tous les $F(4, 92) < 2,14$, tous $p > 0,05$. Nous avons, par conséquent, étudié l'effet du facteur « scène » sur le ressenti des personnes aveugles en regroupant les réponses des personnes atteintes de cécité précoce et tardive ($n = 25$). Les analyses de contraste entre scènes sont présentées dans le tableau 16 ci-dessous.

Tableau 16 : Seuils de significativité pour les contrastes entre les scènes en fonction des thèmes du questionnaire « ressentis »

	Valeur de $F(1, 23)$						
	Plaisir	Tranquillité	Sentiment de sécurité	Localisation	Besoin d'aide	Aisance	
Place (-4) VS autres (+1)	65,42 **	60,84 **	44,19 **	15,33 **	37,95 **	45,18 **	
Berges (-3) VS autres (+1)	3,56 NS	4,98 *	14,28 **	0,46 NS	6,96 *	6,70 *	
Rue (-2) VS autres (+1)	2,59 NS	1,13 NS	0,18 NS	0,001 NS	0,487 NS	0,520 NS	
Ruelle A VS ruelle B	0,26 NS	1,59 NS	2,03 NS	0,003 NS	0,483 NS	1,272 NS	

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

Une scène en particulier se distingue significativement et régulièrement des autres pour les six dimensions du questionnaire. Il s'agit de la place Raspail qui est l'environnement auquel sont attribués les scores les plus faibles, concernant le plaisir ($M = 1,72$, $\sigma = 0,89$), la tranquillité ($M = 1,96$, $\sigma = 0,89$), la sécurité ($M = 2$, $\sigma = 0,82$), la capacité de se localiser dans l'espace ($M = 2,68$, $\sigma = 1,11$) et l'aisance du déplacement ($M = 1,84$, $\sigma = 0,90$). En revanche, le besoin d'aide y est décrit comme maximal ($M = 2,84$, $\sigma = 1,03$) et significativement supérieur aux autres scènes.

Les berges du Rhône se distinguent également des autres scènes pour les quatre dimensions suivantes : le sentiment de tranquillité ($M = 2,84$, $\sigma = 1,07$), le sentiment de sécurité ($M = 2,80$, $\sigma = 1,08$), le besoin d'aide ($M = 2,12$, $\sigma = 0,93$) et le sentiment d'aisance dans le déplacement ($M = 2,72$, $\sigma = 1,02$). Les scores attribués sont significativement plus faibles que pour les scènes « Rue » et « Ruelle A et B ».

Ces résultats sont concordants avec ceux obtenus au début du protocole expérimental, lors des parcours commentés. Nous rappelons que ce questionnaire a été proposé en fin d'expérimentation, après trois passages sur le parcours. Cela suggère qu'il y a une certaine *constance* et *stabilité* des ressentis, même après avoir pu construire une meilleure connaissance de l'environnement. La place et les berges de Rhône sont à l'origine des éprouvés les plus négatifs : le déplacement y est qualifié de (très) mal aisé. Les éléments principaux qui distinguent les berges et la place Raspail du reste du trajet sont l'ouverture de l'espace et la fluctuation du niveau sonore (entre un niveau très élevé pour la place et un niveau très faible pour les berges), ainsi que le relief urbain.

2.3. Conclusion

Que ce soit lors de la découverte d'un parcours ou après plusieurs trajets, les résultats obtenus à l'analyse de contenu des parcours commentés ainsi que ceux obtenus au questionnaire proposé en fin d'expérimentation sont concordants. Ils indiquent que l'environnement possède un effet significatif sur les ressentis éprouvés par les marcheurs aveugles lors d'un déplacement urbain. Ils valident nos hypothèses : les ambiances « Place » et « Berges » sont respectivement très défavorables et défavorables aux sentiments de confort et de sécurité ; les ambiances « Rue » et « Ruelle » étant, quant à elles, très favorables aux sentiments de confort et de sécurité. La figure 49 ci-dessous est une représentation synthétique des commentaires exprimés par nos participants pendant le trajet, sur les scènes « Ruelle A », « Place » et « Berges ».



Figure 49 : Illustration des commentaires produits pour les trois premières scènes (le nord se trouve à droite sur cette carte)

Les mots positionnés sur ce graphique sont les commentaires qui reviennent le plus souvent en fonction de l'environnement. La taille des mots est proportionnelle à leur fréquence dans une scène donnée.

Cette carte reflète l'intérêt que présente la technique des parcours commentés pour l'appréciation qualitative d'une ambiance urbaine. Nous y avons fait figurer les trois environnements qui se dégagent des résultats présentés dans cette partie : la place, les berges ainsi que les rues et ruelles. Elles sont particulièrement différentes selon les critères retenus pour définir la notion *d'ambiance* dans cette recherche. Ainsi, le volume sonore environnant, l'ouverture de l'espace ainsi que le relief urbain concourent probablement tous à créer des conditions plus ou moins propices à la déambulation sans la vision. De ces résultats, semble se dégager une opposition entre des environnements que nous qualifions d'ouverts (place et berges) et d'autres que nous qualifions de semi-ouverts (rue et ruelles).

Nous nous intéressons maintenant à l'effet des différentes ambiances urbaines sur le stress *subjectif* et *objectif* lors du déplacement autonome.

3. Stress, vigilance et activité électrodermale

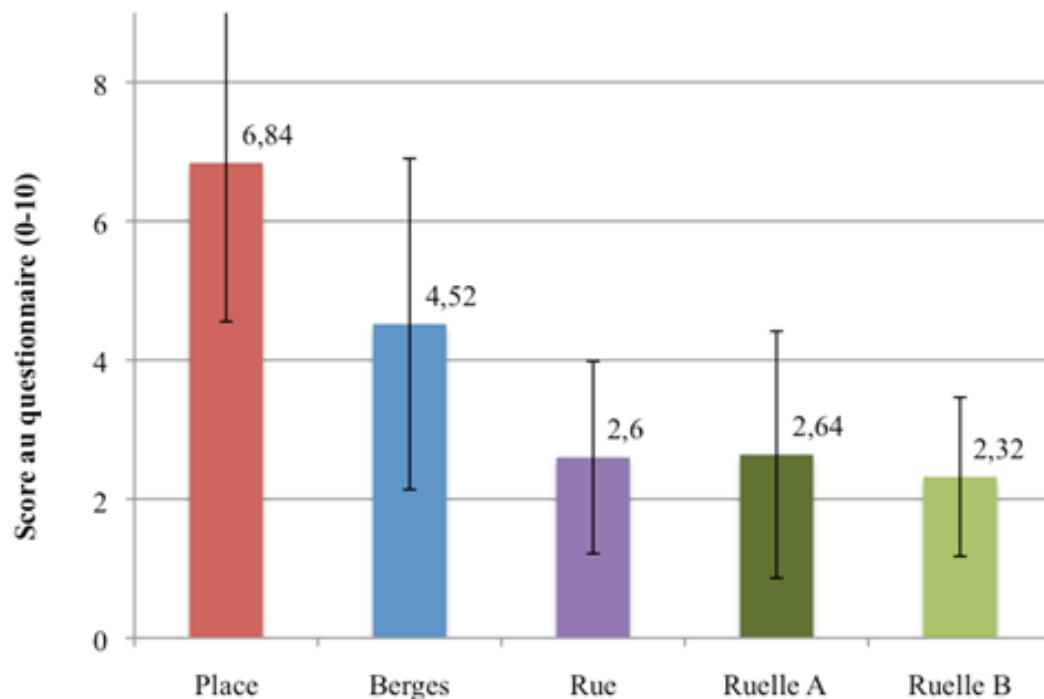
Le second grand axe que nous avons étudié dans cette recherche est constitué par l'étude du *stress* en déplacement. Cette étude repose sur une double évaluation. D'une part, nous avons utilisé une évaluation subjective des notions de *stress* et *vigilance*, à l'aide d'un questionnaire, à l'issue du déplacement autonome en session 3. D'autre part, un second volet repose sur l'étude de l'activité électrodermale qui est un indicateur physiologique pertinent et fin du stress lors d'un déplacement. Nous n'avons pas pu retenir l'analyse de la *fréquence cardiaque* (FCi) comme pertinente dans notre recherche. En effet, le parcours et rythmé en plusieurs endroits par des escaliers nécessitant un effort physique conséquent et donc une augmentation de la FCi, puis par des phases de récupération lors desquelles cette dernière redescend doucement. Murakami et Shimuzi (1981, 1982) avaient alerté sur l'utilisation de la fréquence cardiaque comme mesure du stress lors de déplacements. Cette mesure ne nous permet donc pas mettre en évidence le stress du à l'environnement ou à l'ambiance urbaine. Elle n'apparaîtra pas dans les résultats présentés ci-dessous, qui concernent uniquement l'*activité électrodermale* pour la partie physiologique.

3.1. Stress et vigilance perçus *in situ*

Les résultats présentés dans cette première partie font référence au stress ressenti et évalué *a posteriori*, immédiatement après le déplacement autonome. Nous avons utilisé deux échelles analogiques en 10 points pour évaluer stress et vigilance, un score de 10 correspondant à un stress ou une vigilance estimé(e) comme maximal(e). Les scores obtenus auprès des 25 participants ont été soumis à une analyse de variance sur mesure répétée, afin de savoir si la « scène urbaine » ou le « type de cécité » ont un effet significatif sur le stress et la vigilance ressentis.

3.1.1. Stress

Le graphique 8 ci-après présente les scores du stress ressenti obtenus au questionnaire en fonction des scènes urbaines.



Graphique 8 : « Stress » ressenti en fonction des scènes

L'analyse de variance indique que le facteur « scène » a un effet significatif sur le stress ressenti sur le parcours, $F(4, 92) = 39,57, p < 0,001$. En revanche, il n'y a pas d'effet du « type de cécité », $F(1, 23) = 1,94, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène urbaine » et « type de cécité », $F(4, 92) = 1,09, p > 0,05$.

Conformément à nos hypothèses, nous avons procédé à des analyses de contrastes orthogonaux afin d'identifier les scènes urbaines significativement vécues comme plus *stressantes* par nos marcheurs (tableau 17 ci-dessous).

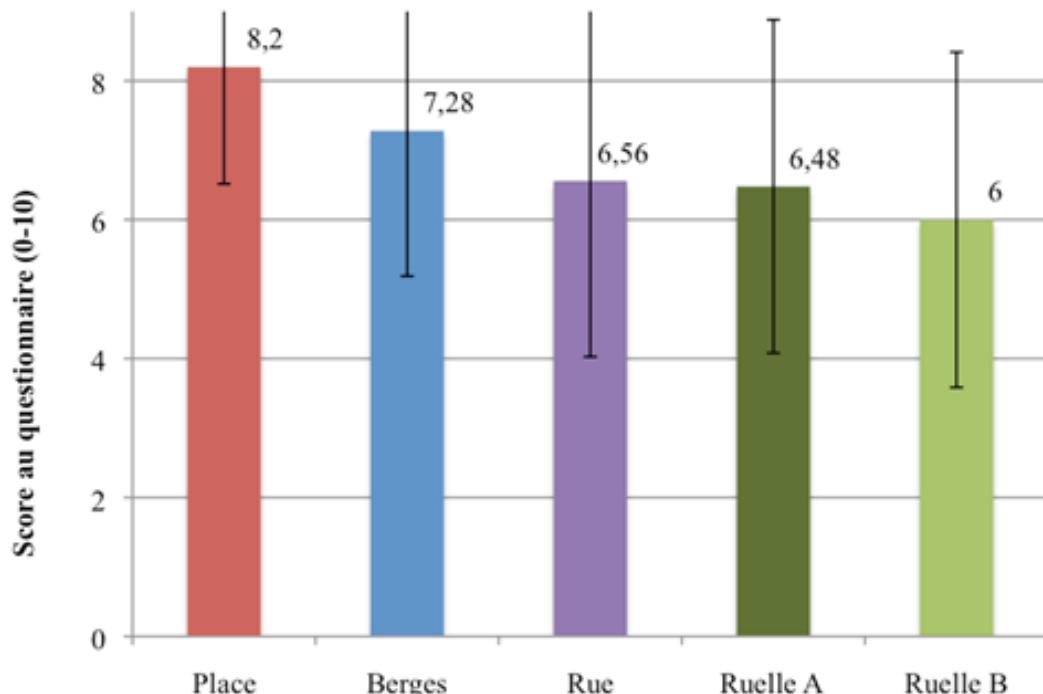
Tableau 17 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour la variable « stress ressenti »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-4) VS autres (+1)	1	23	84,51	< ,001
Berges (-3) VS autres (+1)	1	23	17,18	< ,001
Rue (-2) VS autres (+1)	1	23	0,49	NS
Ruelle A VS ruelle B	1	23	1,653	NS

Les scènes « Place » et « Berges » se différencient des autres scènes du parcours. Le score de stress est plus élevé pour ces deux environnements (place : $M = 6,84, \sigma = 2,28$ et berges : $M = 4,52, \sigma = 2,38$) que pour les autres environnements rencontrés. En revanche, les autres scènes, « Rue » et « Ruelle A et B », ne sont à l'origine d'aucune variation du niveau de stress, qui reste stable avec des scores respectivement de 2,6, 2,64 et 2,32 sur 10. Ces résultats valident nos hypothèses selon lesquelles le niveau de stress est plus élevé dans les environnements « Place » et « Berges » et plus faible dans les environnements « Rue » et « Ruelle ».

3.1.2. Vigilance

Le graphique 9 ci-dessous présente les scores de vigilance, obtenus au questionnaire en fonction des scènes urbaines.



Graphique 9 : « Vigilance » ressentie en fonction des ambiances urbaines rencontrées

Le facteur « scène » urbaine a également un effet significatif sur la vigilance durant le parcours : $F(4, 92) = 12,24, p < 0,001$. Nous ne relevons pas d'effet significatif du « type de cécité », $F(1, 23) = 1,76, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène urbaine » et « type de cécité », $F(4, 92) = 0,80, p > 0,05$.

Conformément à nos hypothèses, nous avons procédé à des analyses de contrastes afin d'identifier les scènes urbaines ressenties comme nécessitant une plus grande *vigilance* (tableau 18 ci-dessous).

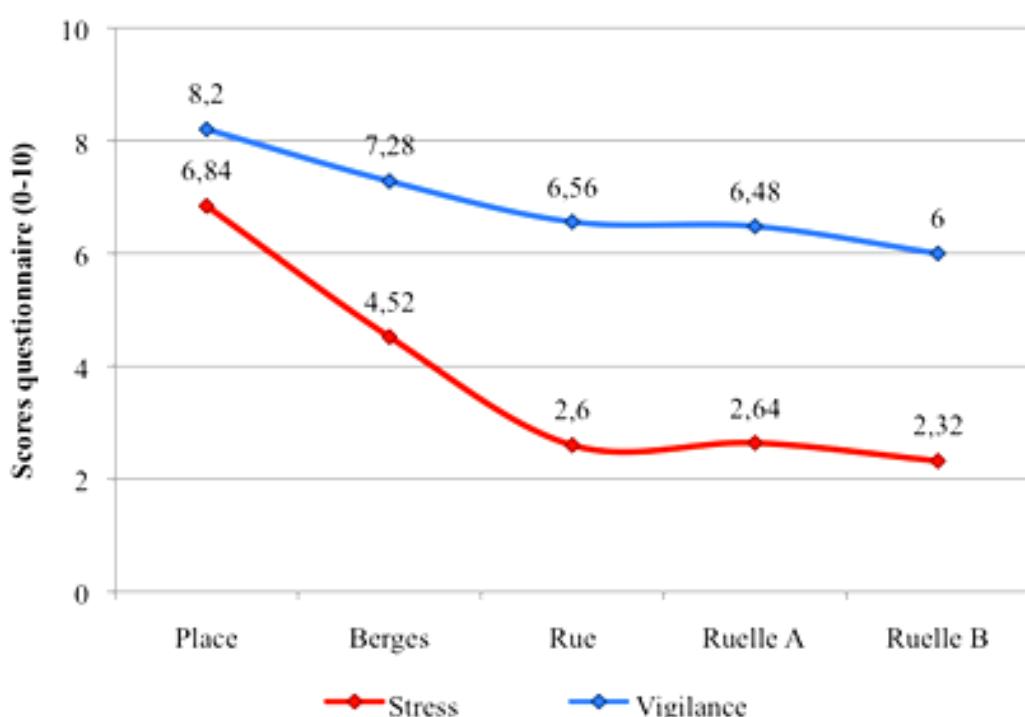
Tableau 18 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour la variable « vigilance »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-4) VS autres (+1)	1	23	34,12	< 0,001
Berges (-3) VS autres (+1)	1	23	5,17	< 0,05
Rue (-2) VS autres (+1)	1	23	2,074	NS
Ruelle A VS ruelle B	1	23	4,994	NS

Les scènes « Place » et « Berges » se différencient une nouvelle fois des autres scènes du parcours. Le score de vigilance est plus élevé pour ces deux environnements (place : $M = 8,2, \sigma = 1,68$ et berges : $M = 7,28, \sigma = 2,09$), qui semblent demander une vigilance significativement plus importante que les autres environnements rencontrés. Nous validons à nouveau nos hypothèses d'un niveau de vigilance élevé dans les environnements « Place » et « Berges » et faible dans les environnements « Rue » et « Ruelle ». Les deux

catégories d'environnements (ouverts et semi-fermés), qui se distinguaient précédemment dans l'étude du ressenti, semblent être à nouveau sources de vécus très différents chez les participants concernant ces notions de *stress* et de *vigilance*.

Par ailleurs, nous avons remarqué que les scores de *vigilance* attribués par les personnes aveugles sont régulièrement supérieurs aux scores de *stress*. Le graphique 10 présente de façon synthétique les scores de stress et de vigilance au questionnaire en fonction des scènes, sous forme de courbes.



Graphique 10 : Évolution du stress et de la vigilance ressentis en fonction des scènes

Les deux notions étudiées ici étant de nature *potentiellement* différente, il peut sembler inconvenant d'en proposer une comparaison. Toutefois, nous avons utilisé le test *t* de Student pour comparer les scores de *stress* et de *vigilance* afin de savoir si les différences entre ces deux mesures étaient significatives (tableau 19). Les niveaux de vigilance indiqués par les participants sont toujours significativement supérieurs aux niveaux de stress, cela quelle que soit la scène dans laquelle se déroule le déplacement.

Tableau 19 : Comparaisons entre les scores de stress et de vigilance pour chaque scène

	Valeur du t de Student				
	Place	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Stress VS vigilance	2,40 *	4,35 **	6,86 **	6,43 **	6,88 **

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$.

Ces résultats vont en faveur d'un état *d'hypervigilance* chez les aveugles lorsqu'ils se déplacent en ville. Cet état, souvent exprimé dans les entretiens préliminaires, est associé à l'énergie importante déployée pour entreprendre un déplacement urbain sans vision, aussi

court soit-il. Cette notion est particulièrement intéressante, notamment au regard de certains équipements urbains en faveur de l'accessibilité, comme les « bandes d'éveil de vigilance » par exemple. Nous mettons ces résultats en perspective avec les autres résultats obtenus dans la partie discussion.

3.2. Activité électrodermale

3.2.1. Sélection des données

Afin de compléter et surtout de préciser les résultats obtenus sur le stress, nous avons traité les données issues du capteur *EmoSense*, qui offre un aperçu précis de l'état du système nerveux central lors de la déambulation. Nous avons obtenu 24 mesures physiologiques, les soudures des électrodes ayant cédé pendant l'un des trajets ! Aléa des mesures effectuées *in situ*, l'ensemble des enregistrements n'a malheureusement pas été de qualité équivalente. En effet, les électrodes positionnées sur les doigts sont exposées au toucher des rampes d'escalier ou des équipements urbains, à l'activation des feux sonores à l'aide de la télécommande dédiée ainsi qu'à divers chocs avec l'environnement. Tantôt cognées contre un obstacle non anticipé, tantôt dans les poches pour se protéger, les mains sont particulièrement exposées lors d'un déplacement sans vision : or, les électrodes sont précisément positionnées au bout des doigts ! Le tracé s'est ainsi trouvé trop bruité et dégradé sur un certain nombre d'enregistrements, nous empêchant d'effectuer une analyse optimale des réponses électrodermiques (RED), comme dans l'exemple présenté ci-dessous (fig. 50).

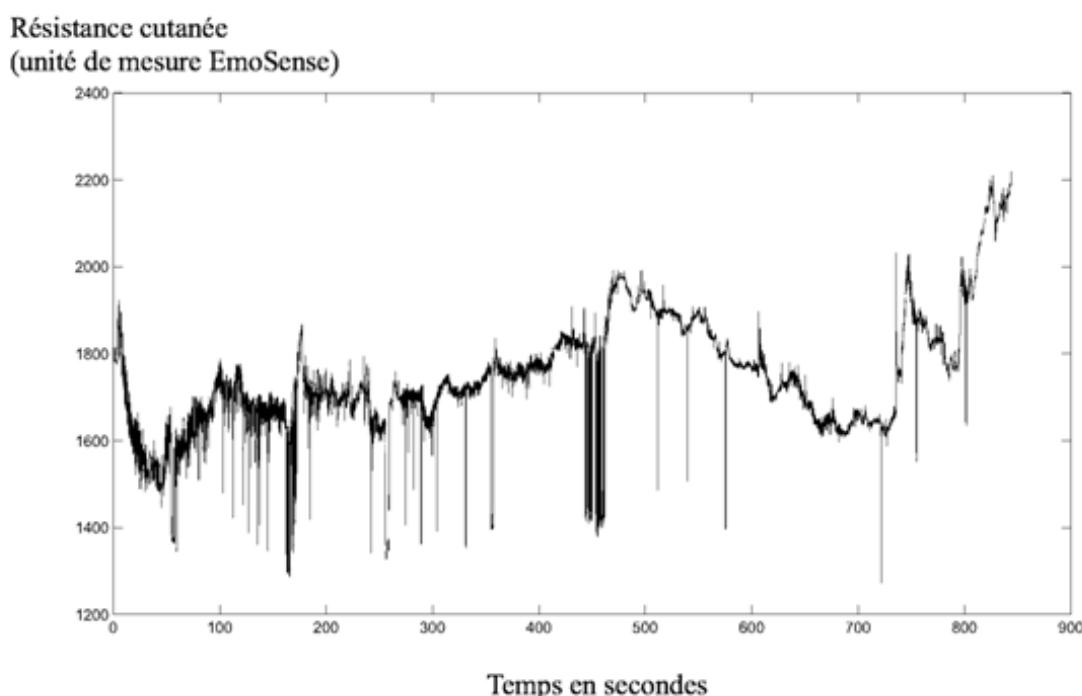


Figure 50 : Exemple de tracé d'activité électrodermale difficilementisible

Sur ce critère de lisibilité des données, nous avons écarté l'ensemble des mesures de moins bonne qualité, pour ne conserver dans l'analyse des résultats que les tracés les

plus lisibles, permettant de travailler sur des données exploitables (fig. 51). Une fois cette sélection effectuée, nous avons retenu les mesures physiologiques de 10 marcheurs.

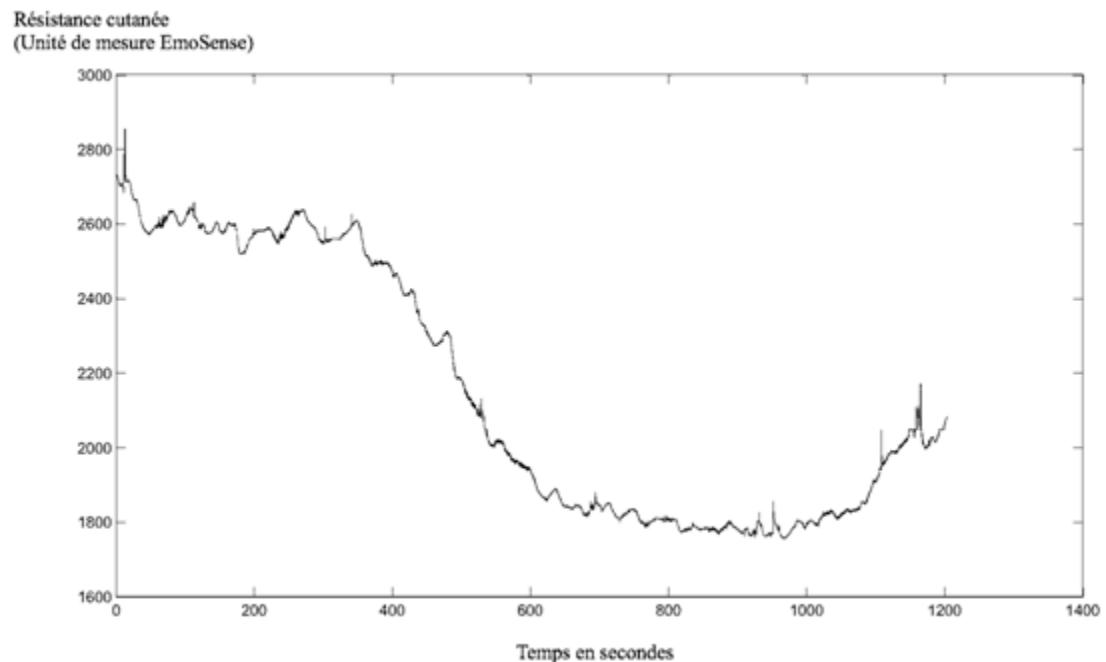


Figure 51 : Exemple de tracé d'activité électrodermale conservé pour l'analyse

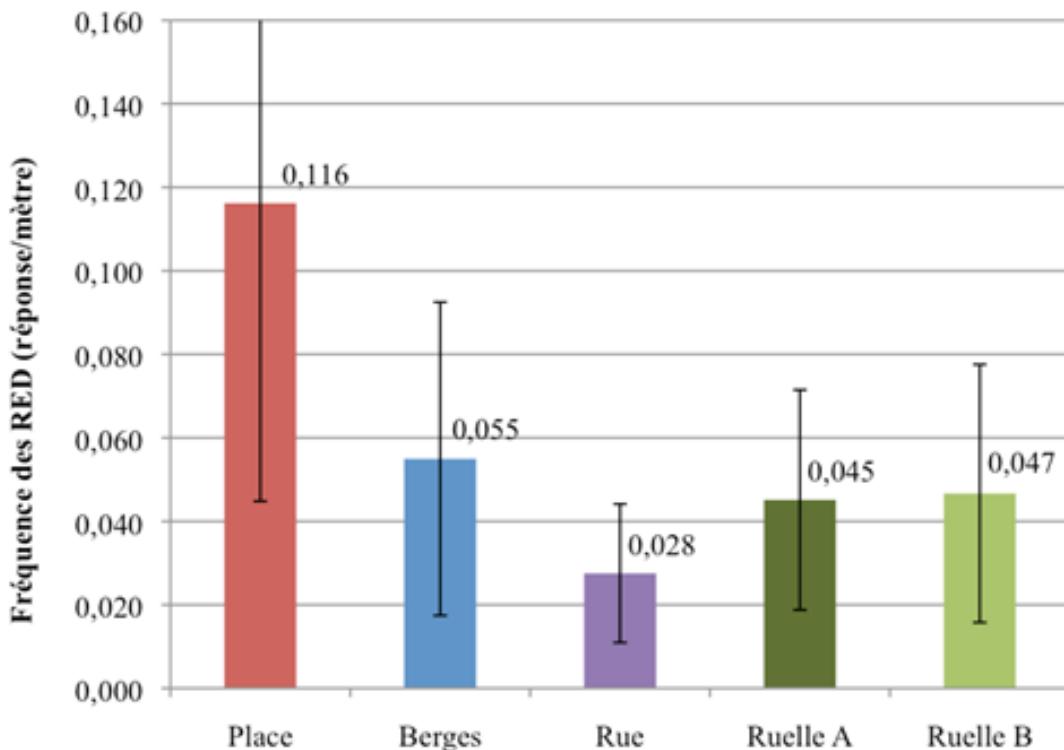
Ces 10 tracés représentent environ 520 réponses électrodermiques identifiées. Notre échantillon est composé de cinq personnes atteintes de cécité précoce et de cinq personnes atteintes de cécité tardive. Parmi elles, deux se déplacent avec un chien-guide et huit se déplacent à l'aide d'une canne blanche.

Conformément à nos hypothèses, l'analyse a porté sur les cinq scènes du parcours. Nous avons relevé le nombre de réponses électrodermiques pour chaque sujet et pondéré cette donnée par la distance parcourue dans chaque scène. Nous obtenons ainsi une « *fréquence spatiale* » de réponses électrodermiques (RED/mètre), qui constitue un indicateur original de l'activité du système nerveux autonome lors du déplacement *in situ*. Nous n'avons pas trouvé dans la littérature de référence antérieure à l'utilisation d'un tel indicateur.

Dans un second temps, nous avons utilisé le module GeoStress pour MatLab[©], développé pour nos besoins. Ce module permet de lire la base de données constituée des RED et des coordonnées géographiques, afin de positionner géographiquement, sur un plan, l'activité électrodermale des sujets. Ce traitement des données nous a permis de proposer une analyse descriptive plus fine et phénoménologique de l'activité électrodermale tout au long du parcours expérimental.

3.2.2. Effet de l'environnement sur l'activité électrodermale

Le graphique 11 ci-dessous présente l'évolution de la fréquence spatiale de RED pour les cinq scènes. L'unité en ordonnées est en RED/mètre.



Graphique 11 : Activité électrodermale en fonction des scènes urbaines

L'analyse de variance sur mesure répétée révèle que le facteur « scène » a un effet significatif sur l'activité électrodermale, $F(4, 36) = 9,68, p < 0,001$.

La distribution des données n'étant pas totalement conforme à ce que nos hypothèses nous permettaient de prévoir, nous avons procédé à des comparaisons à l'aide du test *t* de Student pour groupes appariés, afin d'identifier les environnements qui sont à l'origine d'une activité électrodermale significativement plus intense (tableau 20, ci-dessous).

Tableau 20 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test *t* de Student

		Valeur du <i>t</i> de Student			
		Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Place		2,29 *	4,61 **	4,04 **	3,97 **
Berges			2,27 *	0,74 NS	0,58 NS
Rue				2,53 *	3,23 *
Ruelle A					0,18 NS

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

La place se différencie (très) significativement de toutes les autres scènes : c'est celle qui a entraîné l'activation la plus importante au niveau du système nerveux autonome (SNA), avec une fréquence spatiale moyenne de 0,116 RED/m ($\sigma = 0,07$). Par ailleurs, la rue est la scène qui entraîne le moins d'activité du SNA : le nombre de RED y est significativement plus faible que dans toutes les autres scènes rencontrées, avec une fréquence spatiale moyenne de 0,028 RED/m ($\sigma = 0,02$). Il existe un rapport de un à quatre entre ces deux

scènes : c'est-à-dire que la place entraîne une activité électrodermale plus de quatre fois supérieure à la rue !

3.2.3. Analyse descriptive : vers une cartographie de l'activité électrodermale

Au-delà de cette première analyse statistique, nous avons souhaité étudier de façon plus phénoménologique l'activité électrodermale, au plus proche des (micro) événements rencontrés par les marcheurs aveugles. En effet, les enregistrements physiologiques offrent une précision relativement importante dans l'analyse que nous pouvons faire de l'activité du SNA. Cela nous a permis d'isoler finement les lieux à l'origine d'une « *vigilance* » plus importante et qui s'avèrent potentiellement problématiques.

Cette analyse descriptive a été rendue possible grâce au géopositionnement (paragraphe 7.3.3 en méthodologie) de chacune des 520 RED recueillies dans notre échantillon et au traitement de cette base de données par le programme GeoStress. La figure 52 ci-dessous présente le résultat de ce traitement. Les RED y sont représentées en fonction de leur *amplitude* et de leur *durée*. Chaque cercle, positionné avec une précision de l'ordre du mètre, symbolise une réponse électrodermale dont :

- le diamètre représente l'amplitude de la réponse,
- la couleur représente la durée de la réponse, sur un gradient du jaune (RED de courte durée) au rouge (RED de longue durée).



Figure 52 : Positionnement géographique des RED sur le parcours expérimental (le nord se trouve en haut sur cette carte)

En abscisse et ordonnée sont représentées les coordonnées en longitude et latitude.

Cette représentation indique que l'activité électrodermale ne se répartit pas de façon homogène, tout au long du parcours. En effet, certaines zones regroupent des RED d'amplitude et de durée plus importantes. En revanche, d'autres zones présentent peu de RED, avec des amplitudes et des durées plus courtes. Par conséquent, certains lieux semblent plus propices que d'autres à une activation importante du SNA (donc à une vigilance importante du marcheur).

3.2.3.1. Des zones stressantes ?

Afin d'identifier plus précisément les lieux géographiques propices à un niveau d'activation élevé chez les participants, nous avons effectué un « calcul de densité » à l'aide de GeoStress. Le programme balaye automatiquement le plan présenté figure 52 avec une « fenêtre » de dimension paramétrable, à un « pas » qu'il nous est également possible

de définir. Le programme calcule le nombre de RED pour chaque position de la fenêtre et colore cette fenêtre en conséquence, avec un gradient allant du bleu (aucune réponse) au rouge (nombre maximal de réponses). Une telle présentation nous a permis d'identifier simplement et visuellement les *zones chaudes* qui apparaissent alors en rouge-orange sur le tracé du parcours.

La figure 53 représente la densité spatiale des RED, c'est-à-dire l'importance de l'activité électrodermale tout au long du cheminement pour les 10 sujets. Sur cette figure, la taille de la « fenêtre » de calcul de densité est de 10 mètres et nous avons choisi un « pas » de déplacement de un mètre (c'est-à-dire une fenêtre calculée tous les mètres).

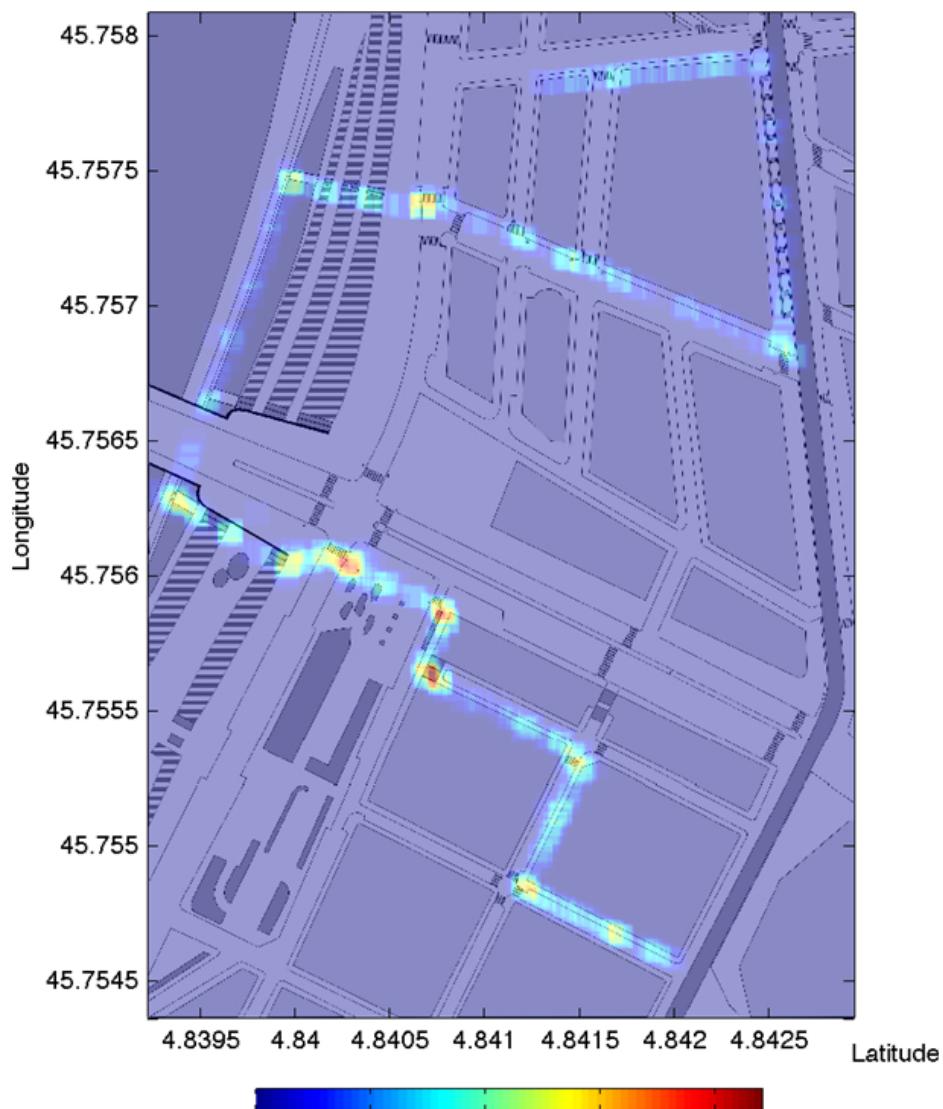


Figure 53 : Représentation graphique de la densité de RED sur le parcours (le nord se trouve en haut sur cette carte)

Gradient coloré allant du bleu (aucune RED) au rouge (22 RED)

Nous avons dégagé plusieurs éléments à partir de cette représentation. D'une part, l'activité électrodermale semble se concentrer sur certains lieux du parcours. En effet, les principaux points *chauds* coïncident avec les changements de direction (virages) et

les différentes traversées de la chaussée, c'est-à-dire des lieux suscitant une « prise de décision ». D'autre part, certaines zones du parcours semblent entraîner une moindre activité du SNA, notamment dans les segments plus rectilignes joignant les nœuds du parcours. Nous aborderons cette question des *nœuds* et des *routes* en rapport avec la vigilance, dans la partie discussion.

Ainsi, au-delà de l'ambiance de l'environnement, un facteur géographique observable sur cette carte semble être à l'origine d'une variation de l'activité électrodermale. Pour valider cette observation, nous proposons d'étudier la variation de la fréquence spatiale de RED en fonction de deux types de zones.

3.2.3.2. Zones noires et zones blanches

À partir de cette nouvelle façon de procéder, nous avons défini des « zones » couvrant les lieux de prise de décision et des lieux plus neutres. Ces deux types de zones sont respectivement nommés « zones noires » et « zones blanches ». Elles correspondent à des fenêtres (géographiques) de 10 mètres positionnées :

- pour les « zones noires » : au niveau de traversées et de virages (5 mètres avant et 5 mètres après l'événement),
- pour les « zones blanches » : à équidistance entre des virages ou des traversées, au milieu de segments rectilignes.

La figure 54 ci-après présente la répartition des zones choisies sur le parcours. Nous avons retenu un total de 12 zones noires et de 7 zones blanches sur lesquelles a porté l'analyse.

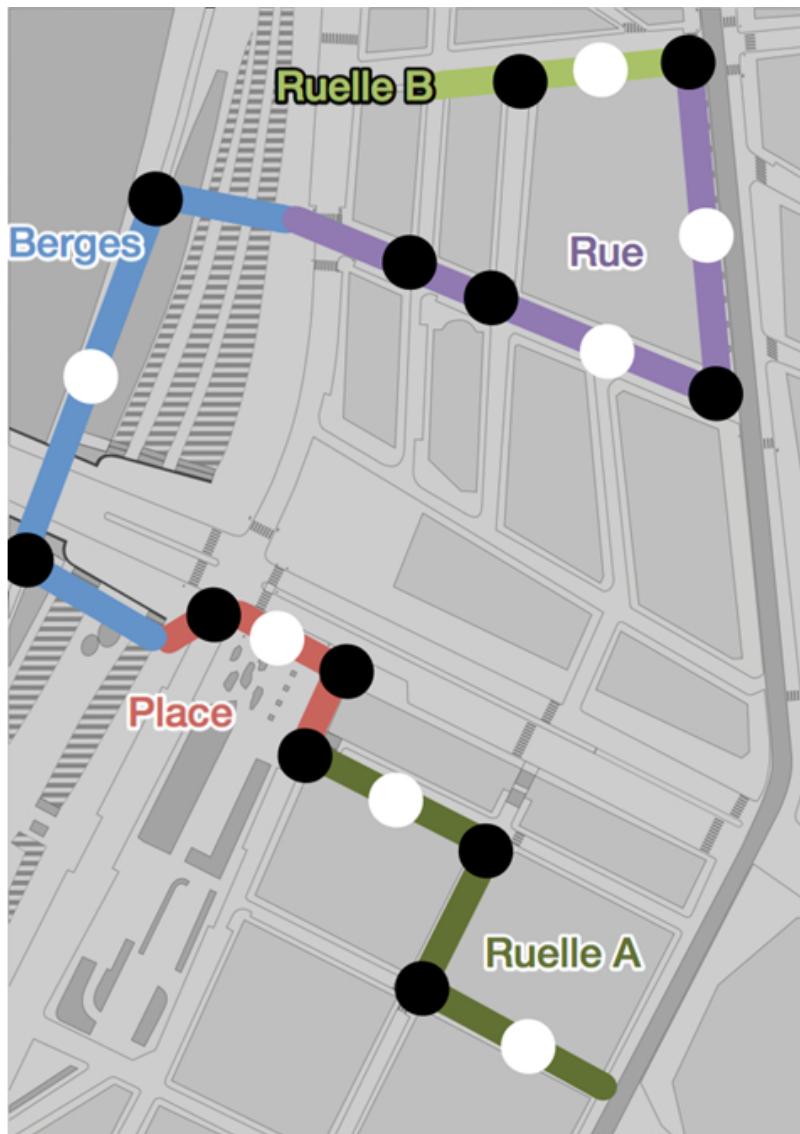
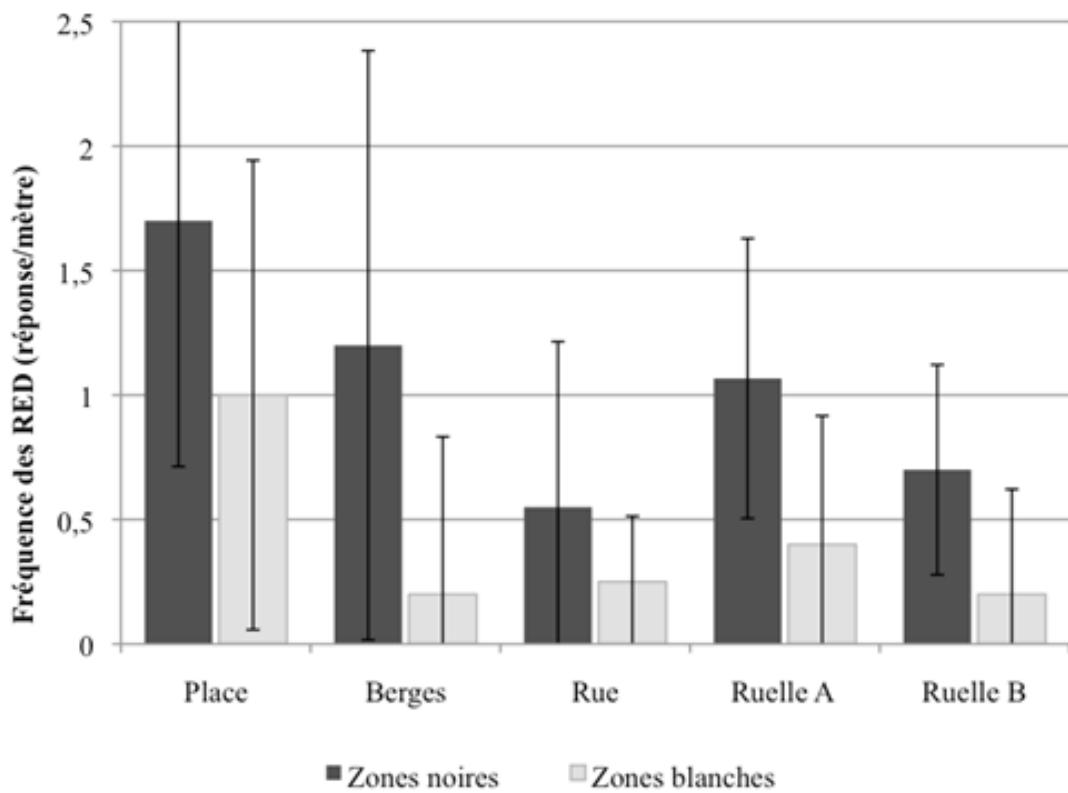


Figure 54 : « Zones noires » et « zones blanches » sur le parcours expérimental (le nord se trouve en haut sur cette carte)

« Zones noires » et « zones blanches » sur le parcours, en fonction des scènes rencontrées

Le graphique 12 ci-dessous présente la fréquence spatiale de RED en fonction des « zones blanches » et des « zones noires ». Nous rappelons que l'unité en ordonnée est en RED/mètre.



Graphique 12 : Fréquence spatiale de RED dans les zones noires et blanches pour chaque scène

L'analyse de variance confirme que le facteur « scène » a toujours un effet significatif sur l'activité électrodermale, même pour des mesures ponctuelles telles que celles effectuées sur des fenêtres géographiques de 10 mètres, $F(4, 36) = 4,98, p < 0,05$. Par ailleurs, la variable « zone » a également un effet significatif sur l'activité électrodermale, $F(1, 9) = 15,47, p < 0,05$. Toutefois, nous ne relevons pas d'interaction entre les facteurs « scène » et « zone », $F(4, 36) = 0,92, p > 0,05$. Par conséquent, nous pouvons dire que les effets de la « scène urbaine » et du « type de zone » ne se multiplient pas, mais s'additionnent simplement.

Les zones noires sont donc celles qui entraînent, en moyenne, une activité électrodermale significativement plus importante ($M = 1,04$ RED / m et $\sigma = 0,91$) par rapport aux zones blanches ($0,41$ RED / m et $\sigma = 0,65$). Afin de mettre en relief les scènes pour lesquelles les écarts sont significatifs, nous avons mené des analyses de contrastes entre scènes pour les « zones noires », puis pour les « zones blanches », que nous présentons dans le tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour les « zones noires » et les « zones blanches »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Zones noires				
Place (-4) VS autres (+1)	1	9	5,19	< 0,05
Berges (-3) VS autres (+1)	1	9	1,86	NS
Rue (-2) VS autres (+1)	1	9	2,59	NS
Ruelle A VS ruelle B	1	9	1,42	NS
Zones blanches				
Place (-4) VS autres (+1)	1	9	6,46	< 0,05
Berges (-3) VS autres (+1)	1	9	0,18	NS
Rue (-2) VS autres (+1)	1	9	0,15	NS
Ruelle A VS ruelle B	1	9	1,38	NS

Ces contrastes indiquent que pour les « zones noires » comme pour les « zones blanches », la place est à l'origine d'un niveau d'activation du SNA significativement plus important. Elle se différencie à nouveau des autres scènes. Ces résultats sont intéressants puisqu'ils nous indiquent que même sur une fenêtre de quelques mètres, l'activité électrodermale y est significativement supérieure. Ils sont ainsi en faveur de notre hypothèse concernant l'effet de « l'ambiance » (défavorable) qui règne dans ce lieu. En revanche, nous avons été surpris par le niveau faible d'activité du SNA dans la « zone blanche », mesuré sur les berges du Rhône ($M = 0,2$ RED / m et $\sigma = 0,63$), qui est très proche de celui qui existe dans les rue et ruelles (rue : $M = 0,25$ RED, ruelle A : $M = 0,40$ RED / m et ruelle B : $M = 0,20$ RED / m). Nous reviendrons sur ce point au paragraphe 2.2 de la discussion.

Enfin, nous avons effectué pour chaque scène des comparaisons entre les « zones noires » et les « zones blanches » avec le test *t* de Student pour échantillon apparié, afin d'en étudier les différences. Le tableau 22 ci-dessous présente ces comparaisons.

Tableau 22 : Comparaisons entre zones noires et blanches pour l'activité électrodermale

	Valeur du <i>t</i> de Student				
	Place	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
« zones noires » VS « zones blanches »	2,69 *	2,30 *	1,45	4,04 *	1,62

* : significatif à $p < 0,05$.

Ces comparaisons nous indiquent que les différences entre les « zones noires » et les « zones blanches » sont significatives pour les scènes « Place », « Berges » et « Ruelle A ». En revanche, il n'y a pas de différence concernant les scènes « Rue » et « Ruelle B ». Dans ces deux derniers environnements, les zones influencent donc moins l'activité électrodermale des marcheurs aveugles, qui reste plus constante tout au long du cheminement sur ces scènes. Les « zones noires » étant représentatives de moments de prise de décision concernant des actions à mener (opérer un virage, traverser la chaussée, etc.), il est intéressant d'interroger une plus grande facilité de ces décisions dans de tels environnements.

3.3. Conclusion

Cette étude portant sur *le stress en situation* repose d'abord sur son appréciation subjective. La place Raspail, et dans une moindre mesure les berges du Rhône, sont des environnements significativement perçus comme *stressants*. La vigilance exprimée suit globalement la même tendance, mais reste plus importante que le stress tout au long du déplacement, faisant peut-être écho à un état *d'hypervigilance* des piétons aveugles.

L'exploration du stress par l'activité électrodermale a été très stimulante. Elle nous a permis d'avoir un versant plus objectif à nos précédentes observations. Les mesures physiologiques ont confirmé que la place est un environnement à l'origine d'une activation plus importante du SNA, mais elles ont surtout offert la possibilité d'explorer de façon plus précise et phénoménologique le stress en déplacement. Si certaines zones s'avèrent très stressantes, d'autres le sont beaucoup moins au sein d'une même scène. Ce concept de « zones blanches » et de « zones noires » a permis de relier les mesures physiologiques à la question de la prise de décision lors d'un déplacement, mais aussi à la représentation mentale selon Lynch (1960/1998), en termes de « nœuds » et de « routes ».

Cela nous permet d'introduire la présentation des résultats concernant l'effet des différentes ambiances urbaines sur la représentation que la personne construit de son environnement, ainsi que sur la gestion de son déplacement *in situ*.

4. Représentation et gestion de l'espace urbain

Notre troisième et dernier grand axe de recherche porte sur l'étude de la représentation mentale du parcours, évaluée a posteriori à l'aide de la méthode des cartes mentales et du dessin à main levée. Les données analysées sont issues des productions graphiques des personnes aveugles. Au-delà de l'aspect chiffré de ces mesures, nous avons été particulièrement impressionné par la qualité générale des dessins que nous ont offert les participants. Une majorité de ces dessins est, en effet, restée fidèle au tracé original. Cependant, ces productions font également état de déformations que nous allons essayer d'éclairer. Quelques exemples de dessins se trouvent en annexe, paragraphe 2.

4.1. Effet de l'environnement sur la représentation

Les analyses statistiques ont porté sur les dessins des 26 sujets, une personne n'ayant pas pu participer à cette étape à la fin du protocole expérimental, faute de temps. Conformément à ce que nous avons présenté en méthodologie, l'analyse des productions graphiques se déroule selon les axes suivants :

- L'analyse de la dispersion des centres des scènes (4.1.1.) ;
- L'analyse de la fidélité des proportions pour chaque scène (4.1.2.) ;
- L'analyse des erreurs dans la représentation des angles du parcours (4.1.3.).

Comme pour les analyses précédentes sur le ressenti et le stress, et compte tenu des faibles effectifs des groupes « chien-guide » et « canne blanche » pour les sujets atteints de cécité précoce, nous avons réalisé des comparaisons à l'aide du test *U* de Mann-Whitney. Pour chacune des trois séries d'analyses présentées ci-dessus, nous n'avons pas relevé de différence significative entre les groupes utilisateurs de chien-guide et de canne blanche.

4.1.1. Position relative des centres des scènes

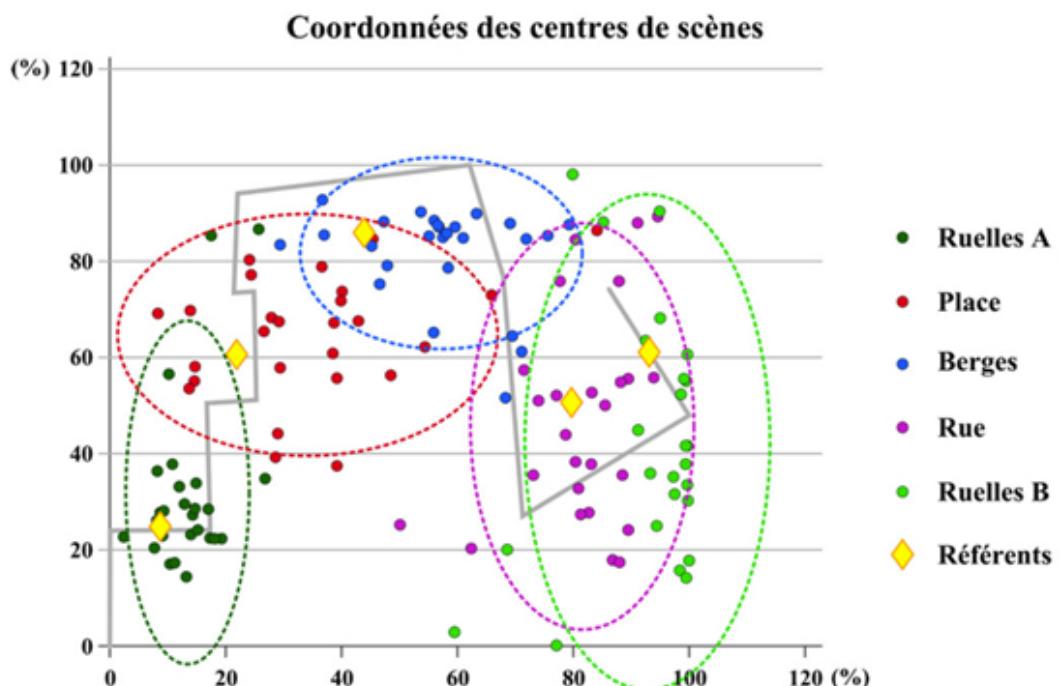
163

Afin d'évaluer d'une manière générale les dessins du parcours, en englobant les erreurs dans la représentation des angles et celles des proportions, nous avons choisi d'étudier la variation de positions d'un point de référence unique pour chaque scène. Nous nommons ce point « centre » de la scène. Il est défini par le barycentre du polygone qui encadre cette scène (cf. méthodologie, paragraphe 8.2.1). Les cinq points ainsi définis sont positionnés sur un repère orthonormé pour chaque dessin. Ce repère prend pour :

- origine (0), le point de départ du parcours ;
- valeurs maximales en x et y (100), l'amplitude du point dessiné le plus éloigné en abscisse et en ordonnée.

4.1.1.1. Calcul sans correction de l'erreur cumulative

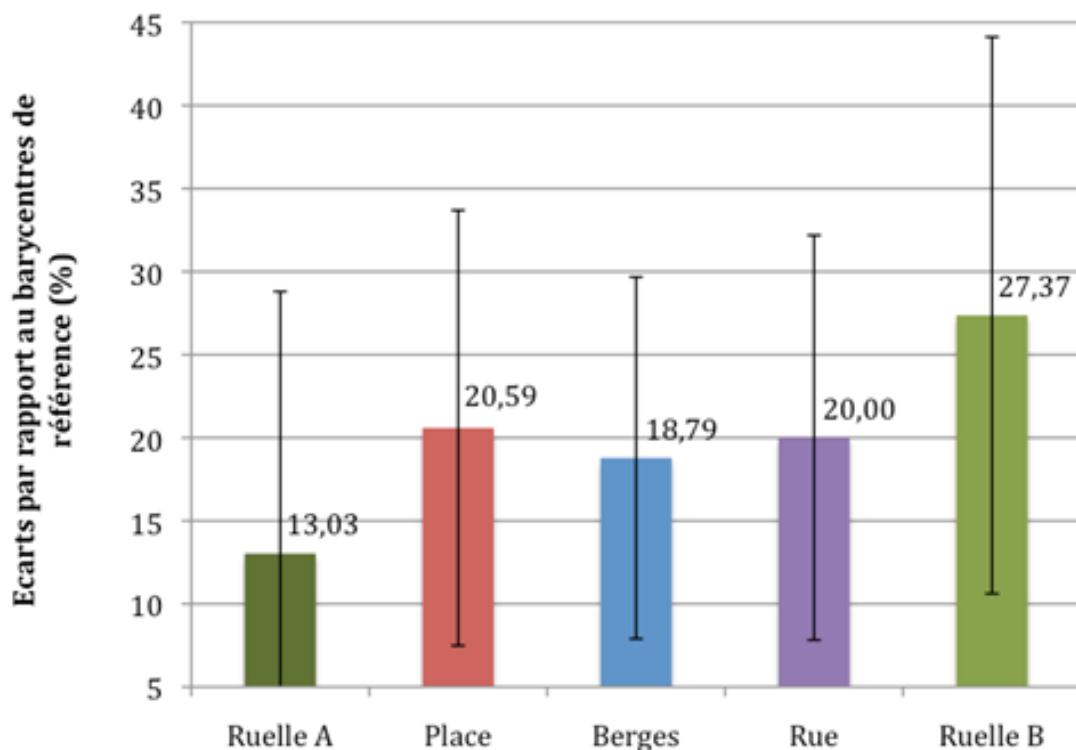
Le tracé des dessins (la représentation mentale) est principalement séquentiel chez les sujets aveugles dans notre recherche. Nous nous attendons ainsi à observer une dispersion des centres plus importante en fin de tracé (pour les dernières scènes du parcours). En effet, celle-ci résulterait d'une *erreur cumulative*, issue de la somme des erreurs commises précédemment, au fur et à mesure du déroulement du tracé au crayon, les personnes aveugles ne pouvant corriger le trait que par retour tactile. Il n'est d'ailleurs pas exclu qu'un tel phénomène se produise chez des personnes avec vision. Le graphique ci-après illustre ce phénomène (fig. 55).



Les ellipses représentent un intervalle de confiance regroupant 95 % des points de chaque scène. Les losanges jaunes représentent les positions des centres de référence. En gris, figure le tracé du parcours.

Il apparaît sur ce graphique que la dispersion des points en fin de tracé (ruelle B, sur la droite de la figure) est plus importante, comme le montre l'intervalle de

confiance. Néanmoins, il est intéressant de noter que la position générale des scènes reste relativement fidèle aux positions réelles (centres de référence), sans grandes *aberrations* dans la représentation générale du parcours. Cela renforce l'impression que nous avons eue en regardant les dessins produits par les marcheurs aveugles, d'une fidélité assez remarquable après trois passages. Le graphique 13 ci-dessous présente pour chaque scène les écarts moyens des centres par rapport aux centres de référence dans les dessins.



Graphique 13 : « Dispersion » non corrigée des centres de scènes (écart par rapport aux centres de référence)

L'analyse de variance sur mesures répétées nous confirme qu'il existe bien un effet du facteur « scène » sur la dispersion des centres des scènes. $F(4, 92) = 6,05, p < 0,001$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet significatif du « type de cécité » $F(1, 23) = 1,57, p > 0,05$ et pas d'interaction entre le « type de cécité » et le facteur « scène » $F(4, 92) = 1,00, p > 0,05$.

Pour les raisons citées ci-dessus (déviation du trait, etc.), nous nous attendons à une dispersion des centres de scènes augmentant « crescendo », tout au long de l'évolution du dessin. C'est pour cette raison que les données sont présentées dans un ordre différent de l'ordre habituel dans le graphique, ce afin de respecter la progression du dessin. Le tableau 23 ci-dessous présente les contrastes orthogonaux entre les scènes concernant la dispersion des points.

Tableau 23 : Contrastés orthogonaux entre les scènes pour la variable « dispersion des centres »

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Ruelle A (-4) VS autres (+1)	1	23	11,065	< 0,05
Place (-3) VS autres (+1)	1	23	0,199	NS
Berges (-2) VS autres (+1)	1	23	5,278	< 0,05
Rue VS Ruelle B	1	23	11,898	< 0,05

Ces résultats nous indiquent qu'il y a bien une augmentation significative de la dispersion des centres des scènes au fur et à mesure du dessin, avec une dispersion maximale en fin de tracé, pour la ruelle B ($M = 27,37$, $\sigma = 16,8$). La dispersion semble donc effectivement évoluer en fonction de « l'avancée » dans le tracé (exception faite de la scène « Place ») et résulte probablement de la cumulation d'erreurs lors du dessin. Il n'est donc pas envisageable d'interpréter ce résultat comme issu de l'effet du facteur « scène ». Par conséquent, nous avons tenté de corriger ce phénomène en soustrayant aux coordonnées ($x ; y$) du centre de la scène n , l'erreur commise dans les coordonnées ($x-1 ; y-1$) du centre de la scène précédente ($n-1$). Cela nous a permis d'effectuer une correction *cumulative* qui, nous le pensons, permet d'éviter (ou de réduire) le biais identifié ici.

4.1.1.2. Calcul avec correction de l'erreur cumulative

Grâce à cette correction, nous avons obtenu de nouvelles coordonnées permettant de calculer à nouveau les écarts par rapport aux centres de référence. La figure 56 ci-dessous illustre ces positions corrigées pour les centres de scène, toujours présentés sur un repère orthonormé ayant pour origine le point de départ et comme valeurs maximales (en x et y) les coordonnées des points les plus éloignés relevées dans les dessins.

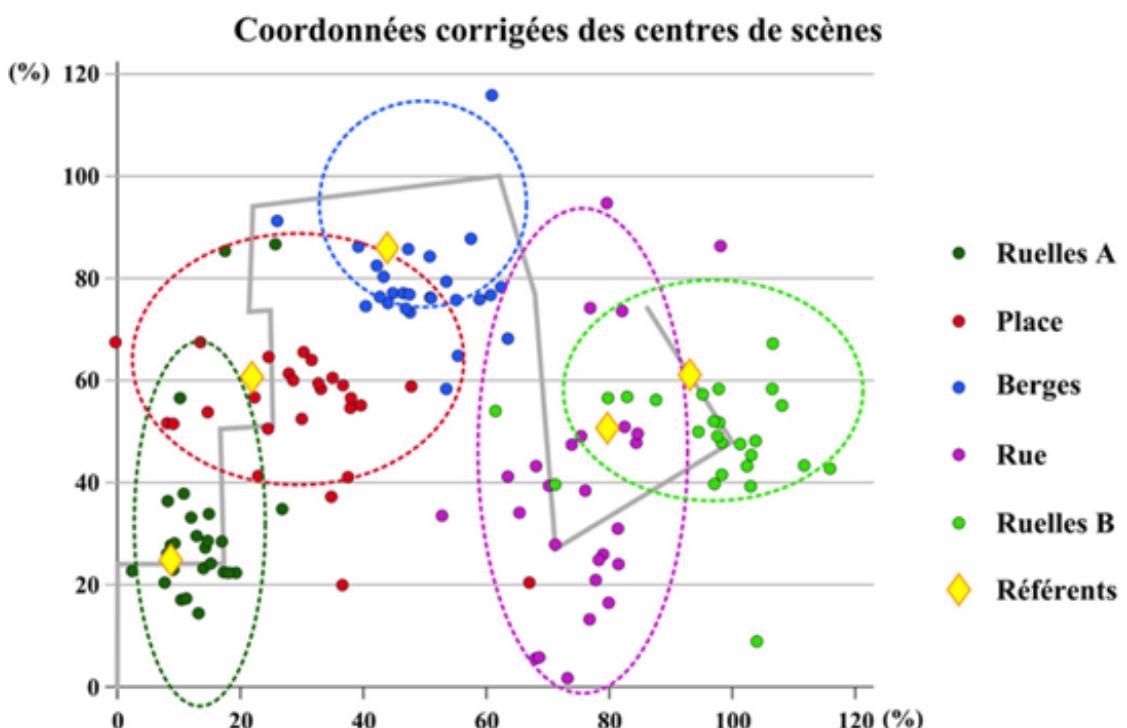
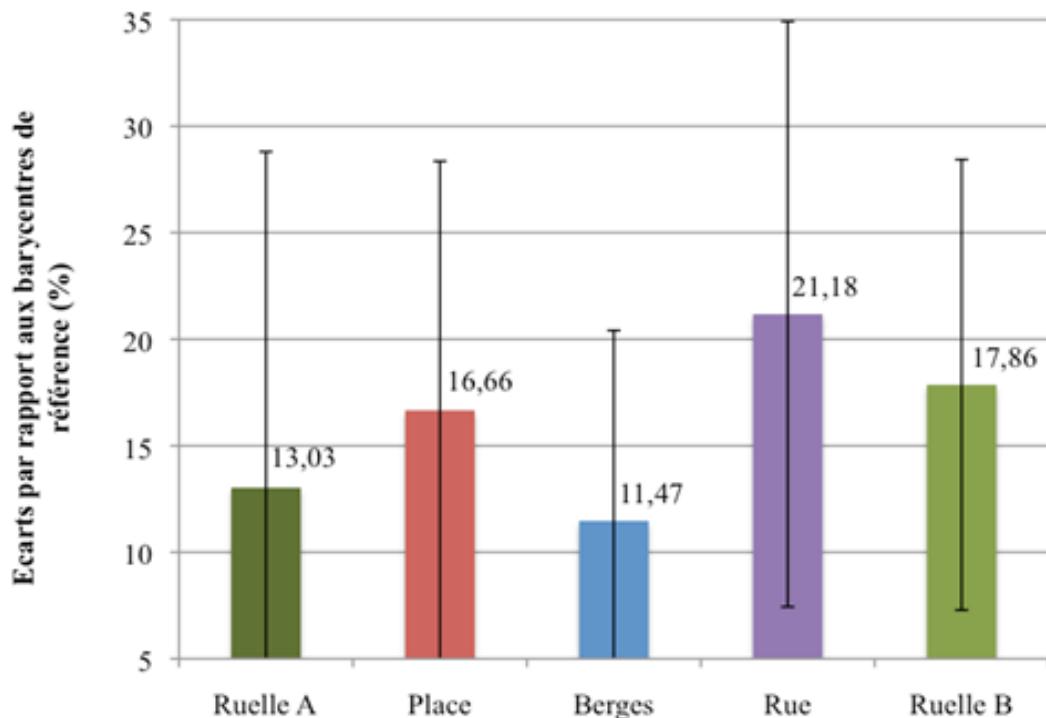


Figure 56 : Position relative des centres de scènes par rapport au point de départ, avec correction (sur cette projection, le nord se trouve à droite)

Les ellipses représentent un intervalle de confiance regroupant 95 % des points pour chaque scène. Les losanges jaunes représentent les positions des centres de référence. En gris, figure le tracé du parcours.

Le graphique 14 ci-dessous présente pour chaque scène les écarts moyens des centres par rapport aux centres de référence dans les dessins, pour les données corrigées. Par souci de cohérence avec le paragraphe précédent, ce graphique présente une nouvelle fois les scènes dans l'ordre de la progression sur le parcours, qui est celui de la progression du tracé du dessin.



Graphique 14 : « Dispersion » corrigée des centres de scènes (écarts par rapport au centre de référence)

L'analyse de variance nous permet d'évaluer l'effet de la « scène » urbaine sur la dispersion des nouveaux centres de scènes. On observe un effet significatif de la « scène » sur la dispersion $F(4, 92) = 2,62, p < 0,05$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet significatif du « type de cécité » $F(1, 23) = 1,26, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène » et « type de cécité », $F(4, 92) = 1,57, p > 0,05$. Étant donné que cette analyse porte sur la dispersion corrigée, nous ne faisons plus d'hypothèse concernant l'effet de la progression du tracé du dessin. La distribution des données n'étant pas conforme à notre hypothèse concernant l'effet de la scène urbaine, nous n'utilisons pas les contrastes orthogonaux, mais le test t de Student pour étudier la variation des dispersions des centres des scènes.

Tableau 24 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test t de Student

	Valeur du t de Student			
	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Place	2,58 *	1,70 NS	2,17 *	0,60 NS
Berges		3,6 **	0,62 NS	3,22 *
Rue			2,50 *	0,71 NS
Ruelle A				1,31 NS

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

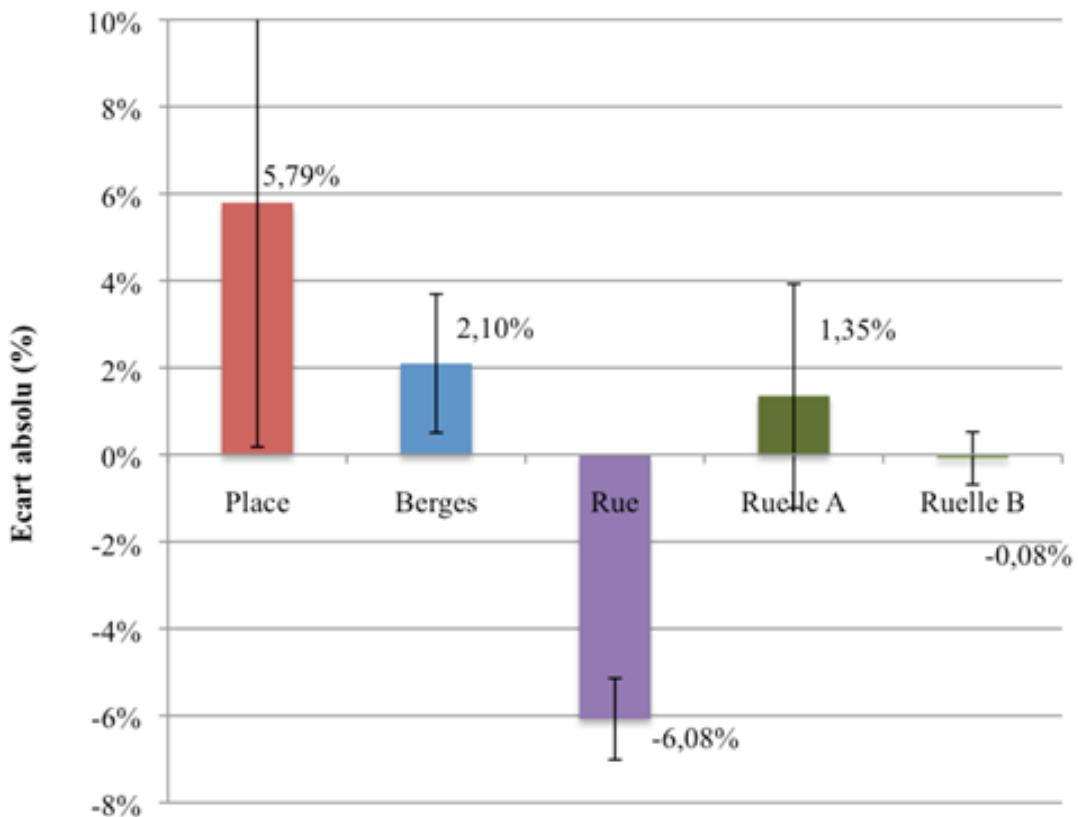
Deux scènes se différencient relativement des autres. Les berges du Rhône sont généralement représentées dans une position qui reste assez fidèle, avec une dispersion faible ($M = 11,47\%$, $\sigma = 8,94$). Le centre de cette scène est significativement moins dispersé dans les dessins que le centre des scènes « Place », « Rue » ou « Ruelle B ». À l'inverse, la rue semble être la scène dont le positionnement est le moins fidèle. Son centre est significativement plus dispersé ($M = 21,18\%$, $\sigma = 13,73$) que celui des berges et de la ruelle A. Ces résultats nous ont étonné puisque nous attendions que cet environnement soit plutôt *favorable* en termes de représentation. Notons que la rue représente environ 27 % du parcours expérimental et compte parmi les segments les plus longs avec les berges du Rhône (environ 30 %). Nous abordons maintenant la fidélité des proportions représentées dans les dessins pour chaque scène, qui peut être en partie à l'origine de cette dispersion.

4.1.2. Proportions des scènes

Les « scores d'erreur » que nous analysons dans cette partie sont les écarts entre les proportions véritables des scènes du parcours (proportions de référence) et celles représentées dans les dessins. Nous les qualifions « d'écarts absolus »(paragraphe 4.1.2.1). Comme nous l'avons expliqué en méthodologie, nous avons choisi de mener en parallèle une analyse sur les « écarts pondérés »(paragraphe 4.1.2.2) correspondant aux écarts absolu pondérés par la longueur réelle de chaque scène.

4.1.2.1. Écarts absolus en fonction des scènes

Le graphique 15 ci-après présente les « écarts absolu » entre les proportions représentées et les proportions de référence en pourcentage, pour chaque scène.



Graphique 15 : Écarts absolus par rapport aux proportions de références pour chaque scène

Ce graphique nous indique que deux scènes semblent se détacher des autres : les écarts entre proportions dessinées et proportions de référence sont les plus importants pour les scènes « Place » et « Rue ». Pour la première, ils sont en moyenne positifs : la « Place » est donc en général *surproportionnée*. Pour la seconde, ils sont négatifs, la « Rue » étant alors en général *sous-proportionnée* dans les dessins.

L'analyse de variance révèle qu'il existe bien un effet significatif du facteur « scène » sur les écarts absolus observés dans les dessins : $F(4, 84) = 3,61, p < 0,05$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet du « type de cécité » $F(1, 21) = 0,75, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « type de cécité » et « scène » $F(4, 84) = 0,65, p > 0,05$. Par conséquent, en fonction de l'environnement, les personnes aveugles dessinent le chemin parcouru de façon surproportionnée ou sous-proportionnée par rapport à la référence : on peut parler de *sur-* ou de *sous-représentation*.

Les données ne se distribuant pas, en accord avec nos hypothèses, de manière linéaire, nous avons utilisé le test *t* de Student afin d'étudier les écarts absolus entre les proportions représentées et les proportions de référence, en menant des comparaisons deux à deux entre les scènes. Le tableau 25, ci-après, présente les valeurs obtenues.

Tableau 25 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test *t* de Student

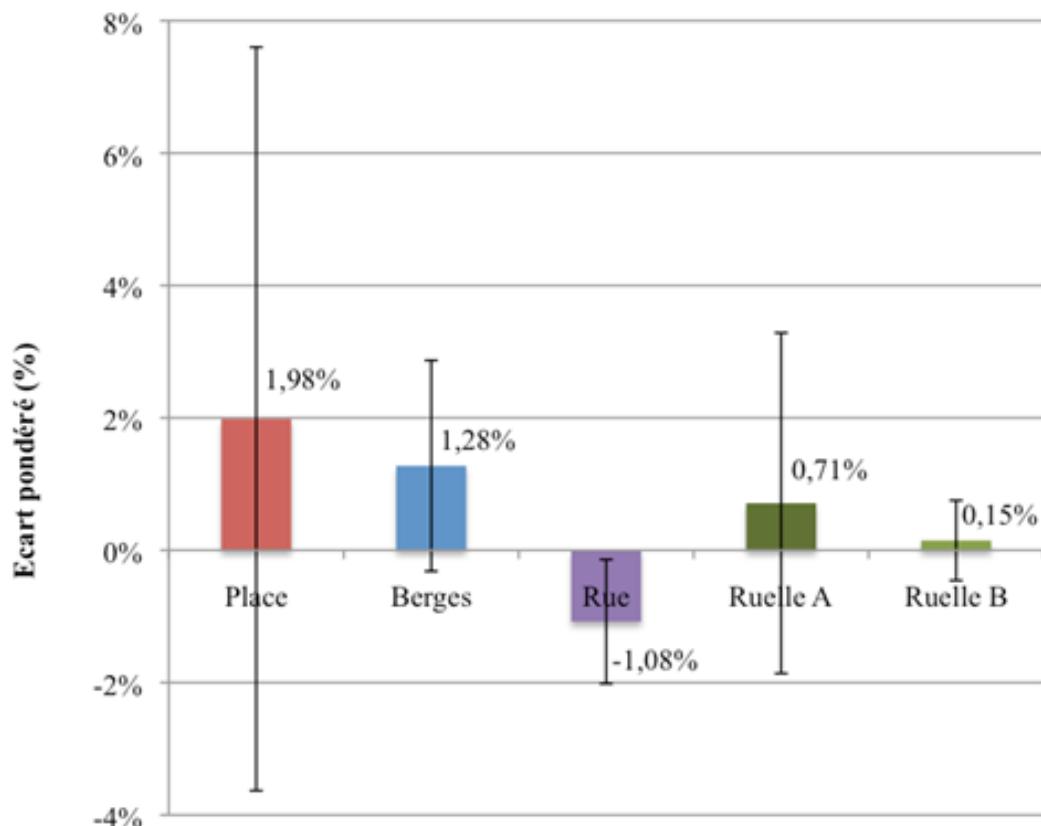
	Valeur du t de Student			
	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Place	0,88 NS	6,38 **	2,18 *	2,32 *
Berges		3,75 **	0,62 NS	1,01 NS
Rue			4,62 **	5,86 **
Ruelle A				1,04 NS

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

Selon ces comparaisons, les deux scènes « Rue » et « Place » se distinguent significativement des autres. Les écarts sont positifs pour la place, qui est significativement *surproportionnée* dans les dessins ($M = +5,79\%$, $\sigma = 0,10$), par rapport aux autres scènes. À l'inverse, les écarts sont négatifs pour la rue, qui est significativement *sous-proportionnée* ($M = -6,08\%$, $\sigma = 0,04$) par rapport à toutes les autres scènes. Nous présentons maintenant les résultats pour les écarts *pondérés* par la longueur réelle de chaque scène.

4.1.2.2. Écarts pondérés en fonction des scènes

Les résultats ci-dessous sont ceux de l'analyse portant sur les écarts *pondérés* pour les proportions des scènes. Cette pondération nous permet de réduire un biais lié à la longueur du tracé, qui augmente, possiblement, les risques d'erreurs. Le graphique 16 ci-après présente les « écarts pondérés » entre les proportions représentées et les proportions de référence, pour chaque scène.



Graphique 16 : Écarts pondérés par rapport aux proportions de références pour chaque scène

Selon l'analyse de variance, il y a toujours un effet significatif du facteur « scène » urbaine sur les « écarts pondérés » dans les dessins : $F(4, 84) = 6,84, p < 0,05$. À nouveau, nous ne rapportons pas d'effet du « type de cécité » $F(1, 21) = 0,57, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « type de cécité » et « scène » $F(4, 84) = 0,43, p > 0,05$. Nous retrouvons un effet de l'environnement sur les proportions dessinées par rapport aux proportions de référence. Les résultats du test *t* de Student sont présentés dans le tableau 26 ci-dessous.

Tableau 26 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test t de Student

		Valeur du t de Student		
		Berges	Rue	Ruelle A
		Place	0,49 NS	5,59 **
		Berges		3,34 *
		Rue		4,19 **
		Ruelle A		8,13 **
				1,46 NS

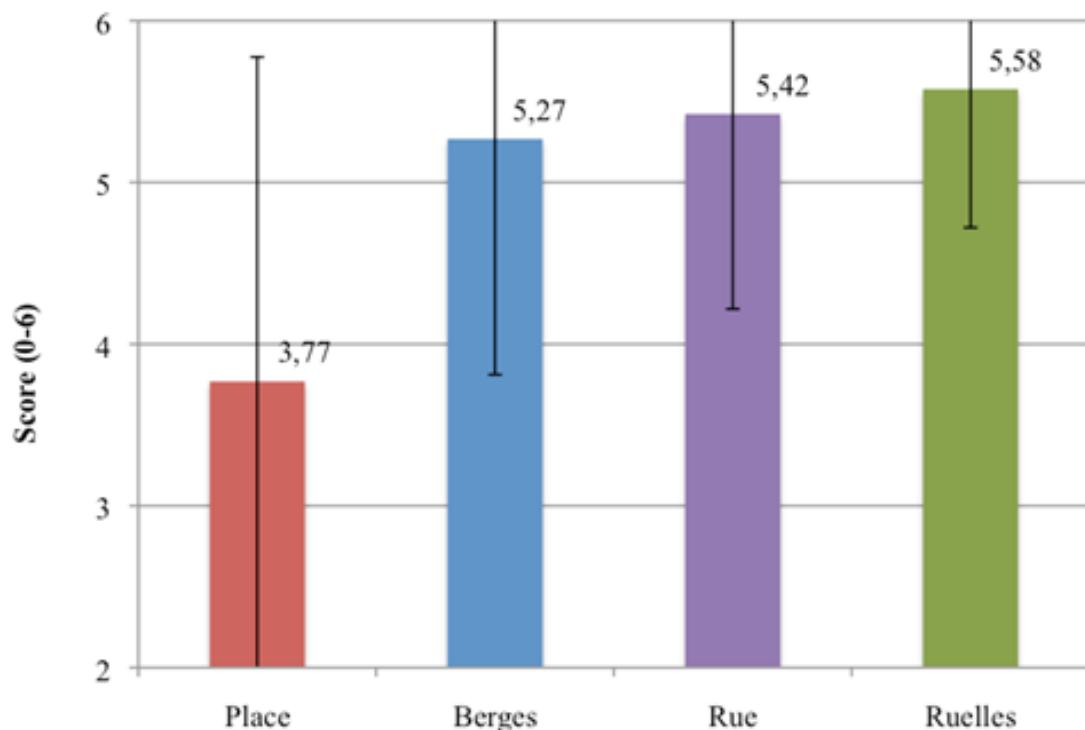
* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

Ces résultats portant sur les écarts *pondérés* sont proches de ceux obtenus précédemment pour les écarts *absolus*. La rue se distingue significativement de toutes les autres scènes en étant toujours *sous-proportionnée* ($M = -1,08\%, \sigma = 0,007$). En revanche, l'écart des proportions entre la place et le reste du parcours est amoindri et n'est plus significatif... Les ruelles sont les scènes pour lesquelles les proportions dessinées sont les plus fidèles. Cela est particulièrement vrai pour la rue où l'écart entre les proportions dessinées et les proportions de référence est très faible ($M = 0,15\%, \sigma = 0,004$). Cette (très) bonne restitution est probablement liée au fait que cette scène est la plus courte du parcours, ainsi que celle où nous retrouvons le moins de changements de direction (un seul changement lors de l'entrée dans la scène).

Nos hypothèses sont partiellement validées. Nous retrouvons un faible score d'erreur pour les ruelles, conformément à nos hypothèses. En revanche, nous retrouvons un score d'erreur élevé pour la rue (dans le sens d'une *sous-représentation*). Cette tendance s'inverse pour la place qui se trouve *surreprésentée*. Nous mettrons ces données en rapport avec les vitesses de déplacements dans la partie portant sur la gestion du déplacement (paragraphe 4.2.2).

4.1.3. Représentation des nœuds du parcours

Comme précisé en méthodologie, nous avons retenu 12 nœuds dans les dessins du parcours, pour lesquels il y a un changement de direction possible. Pour cette analyse, nous avons choisi de regrouper la « Ruelle A » et la « Ruelle B » en une seule scène « Ruelles », afin d'avoir un nombre de nœuds (3) équivalent pour chaque environnement comparé. Le graphique 17 ci-après présente les scores moyens pour chaque scène, s'échelonnant entre 0 et 6 en fonction de la présence ou de l'absence des angles et de leur exactitude (cf. méthodologie, paragraphe 8.2.3).



Graphique 17 : Scores pour la représentation des angles en fonction des scènes

Les scores moyens sont plus faibles pour la place que pour les autres scènes. L'analyse de variance nous indique à nouveau qu'il y a un effet significatif de la « scène » sur les scores d'angles dans les dessins, $F(3, 72) = 15,22, p < 0,001$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet du « type de cécité » sur cette mesure $F(1, 24) = 3,17, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène » et « type de cécité » $F(3, 72) = 0,32, p > 0,05$. L'environnement urbain a donc un effet sur la représentation des angles effectués lors d'un trajet. Le tableau 27 ci-dessous présente les contrastes entre les scènes.

Tableau 27 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour la représentation des angles

	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-3) VS autres (+1)	1	24	20,33	< 0,001
Berges (-2) VS autres (+1)	1	24	0,88	NS
Rue VS ruelles	1	24	0,29	NS

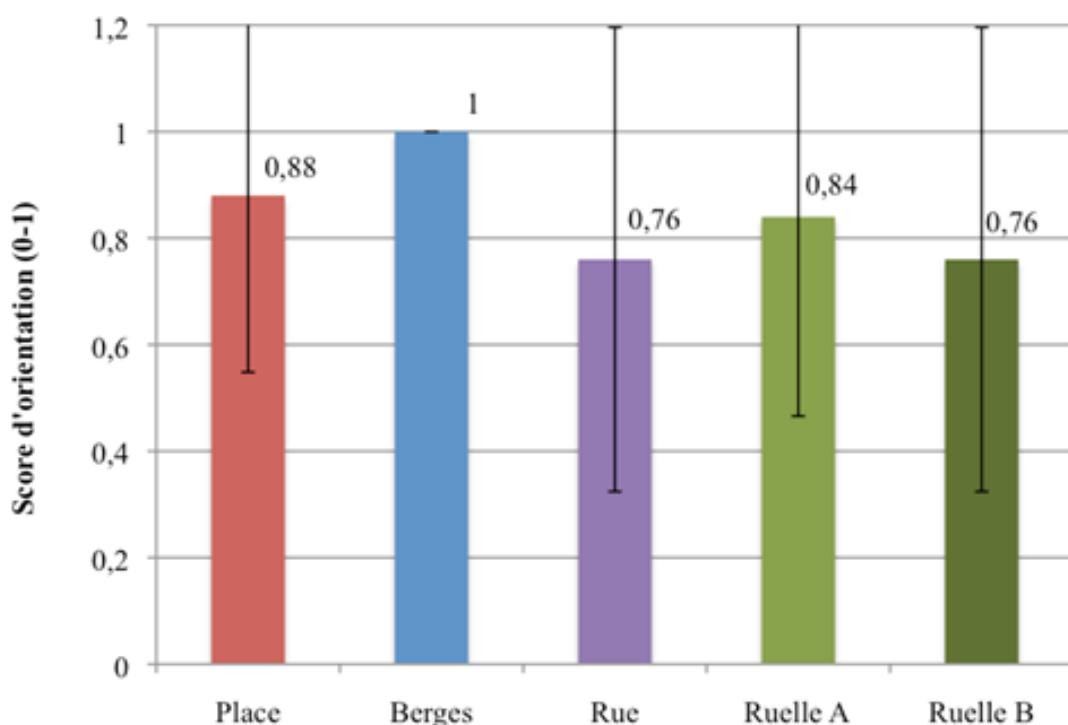
La place est l'environnement qui se distingue à nouveau des autres. Le score y est relativement faible ($M = 3,77, \sigma = 2,00$), témoignant d'un nombre d'erreurs significativement plus important dans la restitution des angles. À l'inverse, les autres environnements se distinguent par des scores plus élevés, qui témoignent d'une bonne restitution des angles dans les productions graphiques.

En termes de représentation mentale, ces résultats vont dans le sens de notre hypothèse, en indiquant que les environnements de type « Rue » et « Ruelles » permettent une meilleure restitution des changements de direction. À l'inverse, les environnements plus ouverts et bruyants comme la scène « Place » mettent les personnes aveugles en difficulté sur ce point. Relevons le score élevé pour la scène « Berges », contraire à notre hypothèse où nous attendions une moins bonne restitution des changements de direction. La séquence

des changements de direction ainsi que la structure de l'environnement (avec la proximité du Rhône très marquant pour les participants) explique peut-être en partie ce score, plus élevé que nous ne l'attendions.

4.1.4. Orientation

Nous avons complété ces évaluations des dessins par une mesure d'orientation, effectuée en session 3, lors du déplacement autonome *in situ*. Pour chacune des scènes, nous avons demandé à la personne de nous indiquer la position du Rhône, en attribuant un score de 1 pour une bonne réponse. Le graphique 18 ci-dessous présente les scores moyens d'orientation obtenus sur le parcours.



Graphique 18 : Score d'orientation en fonction des scènes

L'analyse de variance nous indique qu'il existe un effet significatif du facteur « scène » sur l'orientation telle que nous l'avons évaluée, $F(4, 92) = 2,85, p < 0,05$. Nous ne rapportons pas d'effet du facteur « type de cécité » $F(4, 92) = 0,14, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène » et « type de cécité » $F(4, 92) = 2,63, p > 0,05$.

Les données ne se distribuant pas de manière linéaire en accord avec nos hypothèses, nous avons utilisé le test *t* de Student pour groupes appariés afin d'identifier les scènes urbaines à l'origine de variations dans les scores d'orientation. Le tableau 28 ci-dessous présente les résultats des comparaisons des scènes deux à deux.

Tableau 28 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test *t* de Student

	Valeur du t de Student			
	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Place	1,80 NS	1,36 NS	1 NS	1,80 NS
Berges		2,75 *	2,14 *	2,75 *
Rue			0,81 NS	0,00 NS
Ruelle A				1 NS

* : significatif à $p < 0,05$. NS : non significatif.

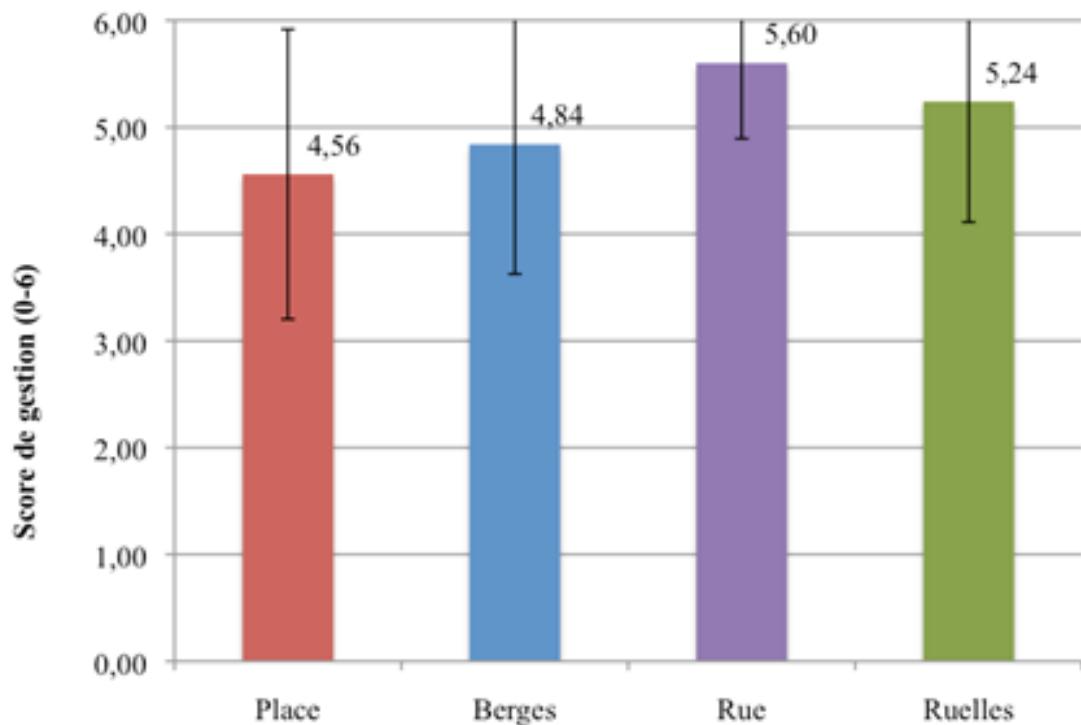
Ces résultats nous indiquent que les berges du Rhône se différencient significativement de l'ensemble des autres scènes (à l'exception de la « Place »), avec des scores d'orientation maximaux et un écart-type nul faisant état d'une (très) faible dispersion ($M = 1$ $\sigma = 0$). En effet, l'ensemble des participants a identifié avec succès la position du Rhône à cet emplacement du parcours ! En revanche, les scores sont plus faibles pour les scènes « Rue » et « Ruelle A et B », faisant état d'une moins bonne orientation. Ces résultats invalident nos hypothèses selon lesquelles le score d'orientation serait faible pour les « Berges » et élevé pour les « Ruelle A et B » et la « Rue ». Nous notons néanmoins que l'élément qui nous a servi de référence pour évaluer l'orientation, le Rhône, se situe en proximité du chemin lors du passage sur les berges. La contiguïté avec le fleuve (et peut-être la mémorisation du danger qu'il représente) semble donc faciliter grandement sa localisation ! En revanche, lorsque les marcheurs s'en éloignent (« Rue » et « Ruelle B »), ils éprouvent plus de difficultés pour indiquer sa direction.

4.2. Effet de l'environnement sur la gestion du déplacement

Pour conclure cette partie « résultats », nous présentons les données relatives à la gestion du déplacement *in situ*, issues de l'analyse des vidéos des parcours autonomes (session 3). Nos observations se sont concentrées, d'une part, sur la gestion des changements de direction dans les différents *nœuds* présents sur le trajet ; d'autre part, nous avons étudié la vitesse de déplacement des marcheurs aveugles en fonction des scènes rencontrées. Pour cette partie, notre échantillon est composé de 25 sujets, l'un des films n'étant malheureusement pas exploitable suite à des problèmes techniques.

4.2.1. Erreurs de direction sur le parcours

Afin de caractériser la « gestion du déplacement », nous avons évalué le nombre d'erreurs commises sur le trajet lors des zones *critiques* de changement de direction. Sur le parcours, nous avons retenu à nouveau 12 emplacements (*nœuds*) qui nécessitent de prendre une décision en termes de direction : ils correspondent à ceux que nous avons utilisés pour l'évaluation des dessins (erreurs d'angles) dans le paragraphe précédent (4.1.3). Le graphique 19 ci-dessous présente les scores de gestion du déplacement, obtenus sur les cinq scènes.



Graphique 19 : Scores de gestion du déplacement en fonction des scènes

La forme générale du graphique est assez proche de celle présentée concernant la reproduction des angles dans les dessins dans le graphique 17. L'analyse de variance indique que le facteur « scène » a un effet significatif sur le score de gestion (nombre d'erreurs commises sur le parcours) : $F(3, 69) = 4,39, p < 0,05$. Toutefois, nous ne rapportons pas d'effet significatif du « type de cécité » sur le score de gestion $F(1, 23) = 0,60, p > 0,05$, ni d'interaction entre les facteurs « scène » et « type de cécité », $F(3, 69) = 1,62, p > 0,05$. L'environnement urbain a donc un effet sur la gestion des changements de direction lors d'un trajet. Le tableau 29 ci-dessous présente les contrastes entre les scènes.

Tableau 29 : Contrastes orthogonaux entre les scènes pour la gestion du déplacement

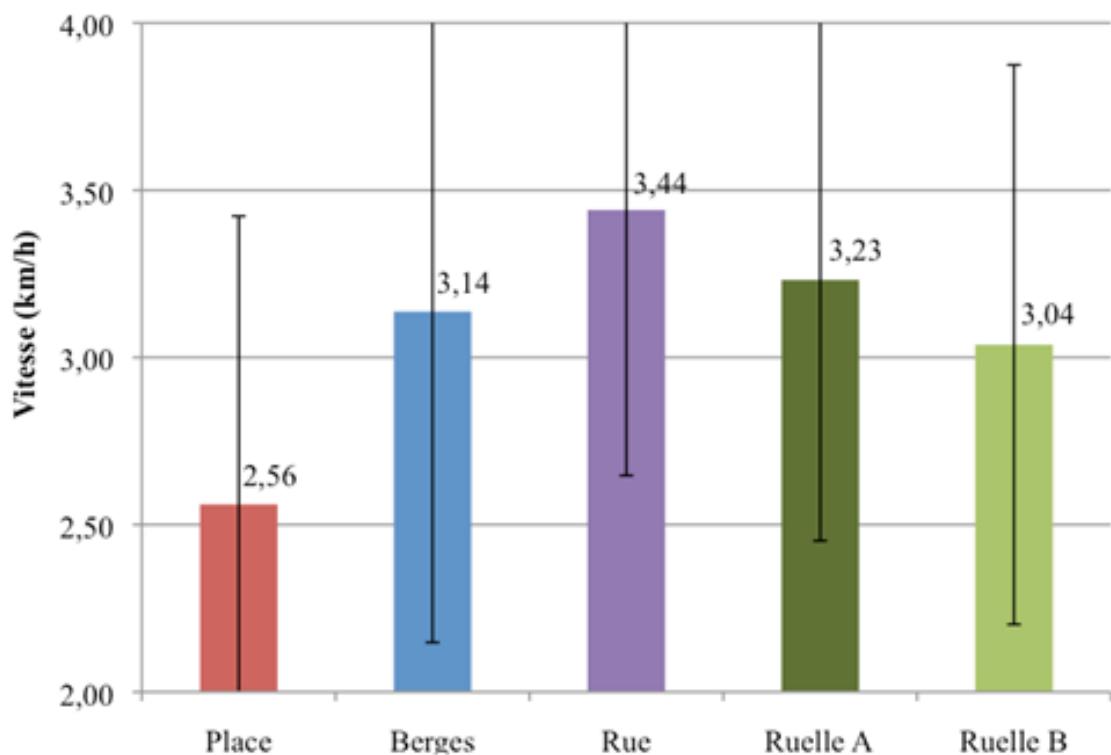
	DDL	Erreur	F	Niveau P
Place (-3) VS autres (+1)	1	23	7,72	< 0,05
Berges (-2) VS autres (+1)	1	23	3,38	NS
Rue VS ruelle	1	23	1,14	NS

Lors du déplacement, la scène « Place » est à l'origine d'un nombre significativement plus important d'erreurs dans les changements de direction. Le score obtenu y est le plus faible ($M = 4,56 \sigma = 1,36$). En revanche, la scène « Berges » ($M = 4,84 \sigma = 1,22$) ne se distingue pas de la « Rue » ($M = 5,60 \sigma = 0,71$) et des « Ruelles » ($M = 5,24 \sigma = 1,13$) sur ce critère, malgré un score moyen plus faible.

4.2.2. Vitesse de déplacement

En complément du nombre d'erreurs commises dans les changements de direction, nous avons relevé la vitesse de déplacement des marcheurs aveugles en fonction des

environnements traversés. Grâce aux enregistrements vidéos, nous avons pu évaluer précisément le temps mis par chaque sujet pour parcourir les scènes. Puisque nous en connaissons la longueur, nous avons pu calculer la vitesse de déplacement moyenne. Les arrêts plus ou moins longs, dus à des difficultés pour traverser ou s'orienter par exemple, sont pris en compte dans ce calcul de moyennes. Le graphique 20 ci-dessous présente les vitesses de déplacement en fonction des scènes urbaines.



Graphique 20 : Vitesse de déplacement en fonction des scènes

La « Place » est la scène où les déplacements ont été les plus lents ($M = 2,56 \text{ km/h}$, $\sigma = 0,86$) : les sujets traversent la chaussée à deux reprises sur ce lieu (un axe majeur et un axe mineur de circulation). À l'inverse, les marcheurs aveugles se sont déplacés plus rapidement dans la « Rue » ($M = 3,44 \text{ km/h}$, $\sigma = 0,79$) que dans la « Place » et les « Berges » : il y a pourtant également deux traversées de chaussées (deux axes mineurs de circulation) dans cette scène. Enfin, les vitesses de déplacement plus faibles au niveau des ruelles s'expliquent certainement en partie par les encombres sur le trottoir, qui ralentissent la progression dans cet environnement.

L'analyse de variance indique que le facteur « scène » a un effet significatif sur la vitesse de déambulation : $F(4, 92) = 9,21, p < 0,001$. En revanche, le « type de cécité » n'a pas d'effet sur la vitesse $F(1, 23) = 0,96, p > 0,05$, et nous ne relevons pas d'interaction entre les facteurs « scènes » et « type de cécité », $F(4, 92) = 1,47, p > 0,05$.

Les données ne se distribuant pas de manière linéaire en accord avec nos hypothèses, nous avons utilisé le test t de Student pour groupes appariés afin d'identifier les scènes urbaines qui sont à l'origine d'un ralentissement de la marche. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau 30 ci-après.

Tableau 30 : Comparaison des scènes deux à deux avec le test t de Student

	Valeur du t de Student			
	Berges	Rue	Ruelle A	Ruelle B
Place	4,46 **	6,84 **	6,05 **	3,12 *
Berges		2,59 *	0,63 NS	0,54 NS
Rue			1,80	2,87 *
Ruelle A				1,31 NS

* : significatif à $p < 0,05$ et ** : significatif à $p < 0,001$. NS : non significatif.

Cette analyse nous confirme que la scène « Place » se différencie significativement de toutes les autres scènes rencontrées, concernant la vitesse de déplacement. A l'inverse, la scène « Rue » est celle où les déplacements se font significativement plus rapides. Les autres différences sont plus ponctuelles et se situent entre les berges et la rue, ainsi qu'entre la rue et la deuxième ruelle rencontrée (« Ruelle B »).

4.3. Conclusion

Les analyses des dessins ont confirmé notre impression d'une bonne restitution générale du parcours effectué. Toutefois, les résultats obtenus nous indiquent de façon univoque que l'environnement (l'ambiance urbaine) influe de façon significative sur certains aspects des productions graphiques et la représentation mentale. Un environnement se détache (à nouveau) significativement des autres : il s'agit de la place Raspail, qui concentre les écarts les plus importants concernant les proportions et les angles. Elle semble peu favorable pour la représentation mentale précise d'un trajet, alors que les environnements de type « Rue » et « Ruelle » semblent plus propices à une bonne représentation du trajet. Les résultats concernant l'orientation nous ont, en revanche, surpris. En effet, il semble que l'orientation par rapport à un élément extérieur de l'environnement dépende de sa proximité géographique avec le marcheur. En effet, la localisation du Rhône est identifiée avec succès par l'ensemble des sujets lorsque ceux-ci le longent, se déplaçant sur les berges. En revanche, dans les scènes plus éloignées (rue et ruelles), l'orientation par rapport à cet élément est moins bonne. Peut-être s'agit-il là d'un biais lié à notre protocole expérimental, que nous aurions pu éviter en prenant un élément de référence plus éloigné du cheminement ?

Enfin, l'environnement semble avoir un effet sur les caractéristiques cinétiques de la marche, avec un déplacement qui se fait plus lentement et avec plus d'erreurs dans les changements de direction, pour la scène « Place ». Les participants semblent ainsi s'y déplacer à *pas de loup*, à la recherche de points de repères et d'indices les aidant dans leur locomotion. Cet espace ouvert, bruyant, sans relief apparent, semble rendre difficile le déplacement sans la vision. Nous proposons maintenant de discuter l'ensemble de ces résultats.

Chapitre V : Discussion

Georges, un participant à notre recherche. « J'emprunte l'allée qui me mène jusqu'à la rue. Là, je vérifie à l'aide de ma canne si la grille est ouverte ou non. Premier danger : la tranche du portail ! Je traverse la rue Benoît-Mary. Voitures et poubelles, que je contourne, font varier l'axe de ma traversée. J'aborde la rue des Anges. La plupart du temps, je dois descendre sur la chaussée, car des véhicules sont garés là, les quatre roues sur le trottoir, juste en face du commissariat, et ce depuis des années. Je longe cette rue par la chaussée, car le trottoir est étroit et encombré de poubelles. Je reprends celui-ci un court instant et m'apprête à franchir une rue à double sens de circulation. Aïe, aïe, fais gaffe aux potelets ! Arrivé de l'autre côté, je heurte la façade, car le trottoir est tellement aplani que je ne sais pas la rupture entre trottoir et chaussée, malgré mes nombreux passages. Je remonte la rue des Anges sur 20 mètres. Arrivé à l'abaissement du trottoir, que je ressens bien dans mes jambes, je traverse à angle droit cette petite rue pavée pour longer la rue Trion. Là, je repère grâce à la résonance d'une plaque métallique que je suis bien sûr le trottoir. Me voilà rue Trion. Attention grande concentration ! Environ 200 mètres. Très encombrés. Et pas de possibilité d'emprunter la chaussée, car des voitures sont garées tout le long. Premier obstacle, l'arrêt du bus : panneaux en débords d'un pilier central où ils sont fixés, faisant face à ma déambulation. Soyons attentif ! Cela ne réussit pas à chaque fois... En effet la canne passe parfois sous le panneau et je me heurte à ses extrémités saillantes qui me blessent le visage. Je continue... Je marche tout en balayant avec ma canne. Je déclenche le feu sonore à « message parlé » non pas pour traverser, mais pour me situer. J'avance vers un fouillis inextricable de mobilier urbain. Poteaux, grille EDF sur laquelle on bute, station de vélos, motos et scooters, terrasses de café, distributeur de tickets de parking, étal, présentoir, etc. Je dois sans cesse slalomer sans perdre mon orientation. Je parviens à la hauteur de l'entrée du funiculaire que je dois maintenant situer. Là, un « plateau » a été aménagé, soi-disant pour ralentir les véhicules. Auparavant, il y avait un ressaut de trottoir d'à peine trois ou quatre centimètres. Il a été comblé. Il y a des bandes d'éveil que je ne ressens pas. De plus je suis gêné, pour franchir cette rue à double sens de circulation, par le bruit constant des bus en stationnement qui n'arrêtent jamais leurs moteurs, dans un environnement urbain déjà bien bruyant. Trajet de chez moi jusqu'au funiculaire Saint-Just ; environ 300 mètres. »

1. Introduction

« Tous ou presque tous les types de récepteurs sensoriels prennent part à la motricité, à l'exception du goût seul, mais à des degrés significativement différents. » (Bernstein, 1967)

Tout déplacement de l'œil dans l'espace crée sur la rétine un glissement de l'ensemble de la scène visuelle que Gibson (1986) nomme « flux optique ». Ce flux visuel est une source d'informations sur la nature du déplacement comme le montrent les expériences devection (Berthoz, Pavard & Young, 1975). La perception d'un mouvement large induit la sensation du déplacement de soi. Dans notre quotidien, c'est le cas lorsque nous sommes en gare et qu'un train se situant sur le quai à côté du nôtre commence à se déplacer : nous éprouvons alors une sensation étrange liée à la contradiction entre le flux visuel (je me déplace) et les informations vestibulaires (je suis immobile). Lestienne, Soechting et Berthoz (1977) désignent les comportements qui accompagnent cette sensation de « réponses optomotrices ». Elles correspondent à l'organisation réflexe qui vise à stabiliser la scène visuelle. Lishman et Lee (1973) ont montré que les propriétés de ce flux dépendent de la structure du lieu (informations extéroceptives), mais aussi des propriétés cinétiques du déplacement (informations proprioceptives).

Dans cette recherche, nous nous sommes intéressé à l'interaction qui existe entre le lieu (la structure de l'environnement) et certaines propriétés de la marche chez l'aveugle. Au-delà des caractéristiques cinétiques, nous avons voulu explorer *l'action de déplacement* en ayant un regard intégratif, incluant la question de l'intention dans le déplacement. Comme l'ont montré Clark-Carter et coll. (1986) ainsi que Foulke (1982), une proportion importante de personnes aveugles renonce aux déplacements urbains et préfère rester à leur domicile. Dans les entretiens préliminaires que nous avons conduits auprès d'associations de déficients visuels, nous avons effectivement pu identifier ce renoncement, souvent mis en relation avec les dangers liés à la confrontation à l'espace urbain et au stress qui en découle. Dans notre recherche, le déplacement est défini en intégrant des données cinétiques, des données issues de la représentation mentale du trajet et enfin, des données liées à la perception, au ressenti et au stress que véhicule la marche urbaine. Dans le contexte de la loi du 11 février 2005 qui demande la mise en accessibilité de l'environnement citadin, il nous a semblé pertinent d'identifier les effets de l'ambiance urbaine sur la personne aveugle lors de son déplacement.

Nous proposons dans cette partie une synthèse des résultats présentés dans le chapitre précédent, en les mettant en perspectives des données issues de la littérature. Nous discuterons, ensuite, la notion *d'ambiance* retenue dans cette recherche, ainsi que les perspectives que ce travail ouvre en terme d'aménagements de l'environnement urbain.

2. Synthèse des résultats et limites de la recherche

2.1. Ressentis et perception de l'environnement

Berthoz (1997, p. 287) définit le « sens » comme la « direction qui accompagne le sujet vers un but et qui est déterminé par lui. » Le terme « sens » traduit donc à la fois une modalité sensorielle, mais aussi une direction influençant la personne dans sa découverte de l'environnement.

Les parcours commentés, qui constituent le premier contact avec le trajet, ont été particulièrement riches en informations. Ces entretiens au fil du déplacement nous ont montré que les participants distinguent les différents environnements rencontrés, notamment concernant leurs dimensions et configurations. Leurs commentaires font le plus souvent référence à l'audition, décrite comme la modalité sensorielle la plus utile dans cette situation. C'est un sens riche et complexe, permettant notamment *d'identifier* et de *localiser* spatialement les objets émetteurs ou réflecteurs de sons. Cette distinction entre *localisation* et *identification* dans la perception auditive évoque la différenciation des voies cérébrales mobilisées dans le traitement des informations visuelles permettant de localiser (*Where*) pour la voie dorsale et *d'identifier* (*What*) pour la voie ventrale (Schneider, 1969 ; Mishkin, Ungerleider & Macko, 1983 ; Ungerleider & Haxby, 1994). À notre connaissance, aucune recherche n'a mis en évidence les structures neurobiologiques qui sous-tendent ces deux fonctions dans le cas de l'audition.

En premier lieu, les sons et bruits urbains sous-tendent l'identification des éléments et évènements se déroulant lors de la marche. Dans notre parcours, les personnes reconnaissent régulièrement les passerelles en bois au-dessus de la rivière artificielle longeant le Rhône grâce au bruit caractéristique de la canne. De la même manière, une zone de jeu que nous croisons est très souvent mentionnée, en faisant référence aux cris des enfants... La circulation automobile ainsi que les feux sonores sont les éléments qui entraînent la plus grande vigilance quant à leur localisation. Ils constituent, en effet, les seuls moyens de se prémunir du danger de collision avec un véhicule.

En second lieu, les parcours commentés nous ont permis de comprendre que la localisation dans l'espace ne peut pas se réduire au simple fait *d'entendre*. Nous avons noté de nombreuses références au « sens des masses », deuxième modalité sensorielle évoquée par nos participants après l'audition. Nous comprenons ce sens comme le résultat de la capacité d'imbrication intermodale des informations auditivesspatiales (espace éloigné), des informations tactiles (espace de manipulation) et des informations proprioceptives (espace corporel) (Hatwell, 2003). Ainsi, là où certains objets semblent identifiés exclusivement à l'aide d'une seule modalité sensorielle (la circulation des véhicules, du tramway et des feux sonores perçus par l'audition, par exemple), d'autres le sont (plus ou moins explicitement) par différents sens qui coopèrent dans une sensation commune et parfois diffuse.

Des capacités spatiales de localisation de l'audition ont été démontrées dans la littérature, en particulier dans le cadre de la locomotion (Clarke et coll., 1975 ; Köhler, 1964). Elles prennent toute leur importance en l'absence de vision puisqu'elles permettent de localiser différentes sources sonores de l'environnement urbain, principalement en azimut (Hausfeld et coll., 1982). Rappelons à ce sujet que les processus de l'intégration auditive sont liés à l'intensité (le niveau sonore perçu du son), l'enveloppe des fréquences (qualité du son perçu), la stéréoacousie, l'écholocalisation et la réverbération (De Cheveigné, 2005).

Dans le parcours, nous avons relevé que le « sens des masses » est surtout mentionné dans les environnements sollicitant plusieurs entrées sensorielles. Il s'agit des scènes « Ruelles » et « Rue », dont la structure architecturale favorise également l'utilisation de l'écho, et qui présentent un relief au sol comme des dénivelés marquant le changement de fonction du lieu. La détection de rues perpendiculaires peut, par exemple, se faire grâce à la rupture dans la façade d'immeubles longée, qui crée une sensation de vide dans le flux sensoriel. Elle est aussi confirmée par l'identification du bruit de circulation de l'axe croisé, ainsi que par la détection proprioceptive de l'abaissement du trottoir, contraste signifiant l'arrivée sur la chaussée.

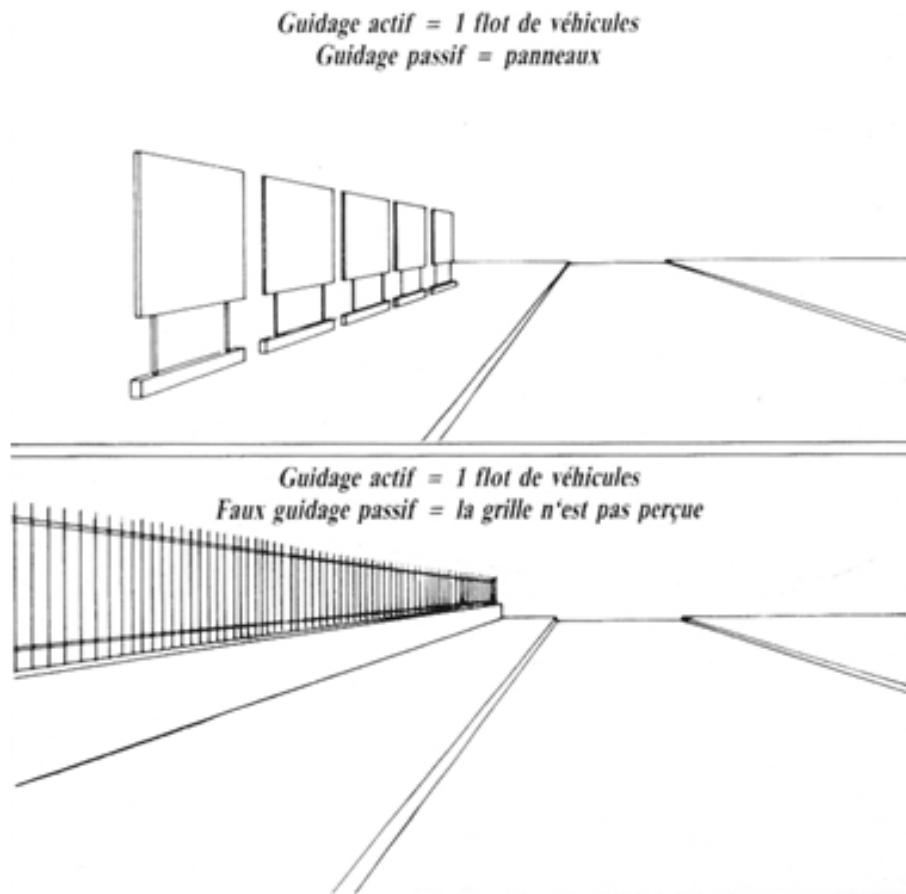


Figure 57 : Illustration de l'utilisation des capacités auditives spatiales dans le déplacement urbain

Source : Hugues (1989)

Nous avons noté que le « sens des masses » est également souvent évoqué sur la place. Cela ne contredit pas notre hypothèse dans la mesure où les participants, en arrivant sur cette scène, expriment presque toujours une forte sensation « d'ouverture » et « d'espace ». L'effet est d'ailleurs saisissant, puisque la place Raspail succède à une ruelle étroite et encaissée (un canyon urbain). Cette perception de l'ouverture exprimée dans les commentaires est toujours conforme avec l'environnement parcouru. Les trois adjectifs qui reviennent le plus souvent sont les suivants : « vaste », « large » et « étroit ». Ils caractérisent respectivement la place et les berges, la rue et enfin les ruelles. Les scènes sont donc perçues dans leurs dimensions avec justesse par nos participants.

Au-delà de leurs dimensions, les environnements urbains sont aussi source de variation pour les commentaires se rapportant aux ressentis exprimés *in situ*. Les scènes « Place » et « Berges » se distinguent ainsi à plusieurs reprises des scènes « Rue » et « Ruelles ». Ces deux dernières ont la faveur des aveugles, qui y expriment plus de plaisir, de capacité à se repérer et globalement moins d'anxiété. Les repères y sont plus saillants (bordures de trottoirs, flux sensoriels, thermiques, odeurs), facilement identifiables et l'environnement sonore est plus favorable à la localisation. Les marcheurs expriment un sentiment de sécurité marqué, relié à la possibilité de connaître leur position (le trottoir, la chaussée) et au guidage sonore et tactile offert par ce type d'environnement.

Les résultats obtenus au questionnaire proposé en fin d'expérimentation sont intéressants à double titre. Ils confirment, tout d'abord, que l'environnement a une influence significative sur les ressentis éprouvés par les marcheurs aveugles. Les différences entre les scènes se font principalement sur le « sentiment de tranquillité », de « sécurité », « d'aisance dans le déplacement » et de « besoin d'aide ». De plus, ils sont concordants avec ceux obtenus lors des parcours commentés : il y a donc une stabilité des ressentis éprouvés, qui restent conformes à la *première impression*, cela malgré une meilleure connaissance et expérience de l'environnement.

Les sentiments « d'aisance » et de « besoin d'aide » nous permettent de comprendre que les environnements se différencient en fonction des affordances qui sont à la disposition des personnes aveugles. Sur ce critère, deux types d'environnements se distinguent : la place Raspail et les berges du Rhône d'une part, les rues et ruelles d'autre part. Les ambiances urbaines qui résident dans ces lieux sont particulièrement différentes, notamment concernant les critères que nous avons retenus dans cette recherche. Le volume sonore environnant, l'ouverture de l'espace ainsi que le relief urbain concourent tous à créer des conditions plus ou moins propices à la déambulation sans vision. La rue et les ruelles offrent des possibilités qui semblent être plus en accord avec les modalités sensorielles utilisées par les aveugles. L'action constituée par le déplacement locomoteur est alors anticipée de façon plus favorable et envisagée plus sereinement, comme l'indique l'analyse des commentaires ainsi que des questionnaires. Cela nous permet maintenant de présenter une synthèse des résultats concernant l'évaluation du stress, *ressenti* et *physiologique*, lors du déplacement autonome.

2.2. Stress, vigilance et activité électrodermale : un modèle de l'attention ?

Dans cette recherche, nous avons retenu le terme *vigilance* dans le questionnaire proposé aux participants. Cette notion de vigilance correspond à un mécanisme attentionnel : elle est une dimension spécifique de *l'attention*. Pour James (1890, p. 403-404), qui a consacré un chapitre complet à cette question dans son ouvrage *Principles of Psychology* :

« Tout le monde sait ce qu'est l'attention. C'est la prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive, d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles. Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres. »⁴⁶

La vigilance correspond à la dimension *d'intensité* de l'attention. Elle peut être faible (pendant le sommeil) ou au contraire d'un niveau très élevé (lors d'une situation de danger). La vigilance est définie comme la capacité à maintenir un niveau suffisant d'efficacité attentionnelle sur une tâche monotone, exigeant la détection d'événements qui se produisent rarement (Mialet, 1999). Cela est typiquement le cas lors d'un déplacement sans vision, entraînant une certaine monotonie (le balayement de la canne par exemple) mais nécessitant de pouvoir détecter le moindre indice significatif d'un danger, lors de la marche. Cette notion de vigilance peut également se rapprocher de l'état général d'activation cérébrale (SNA)⁴⁷, que nous avons pu évaluer *in situ* grâce à l'activité

⁴⁶ « Every one knows what attention is. It is the taking possession of the mind, in clear and vivid form of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thoughts. It implies withdrawal from some things in order to deal effectively with others. »

⁴⁷ Cet état d'activation cérébral est nommé *arousal* en anglais.

électrodermale. La figure 58 ci-dessous présente l'évolution du niveau de performance (l'extraction d'affordances dans notre cas) en fonction du niveau de vigilance.

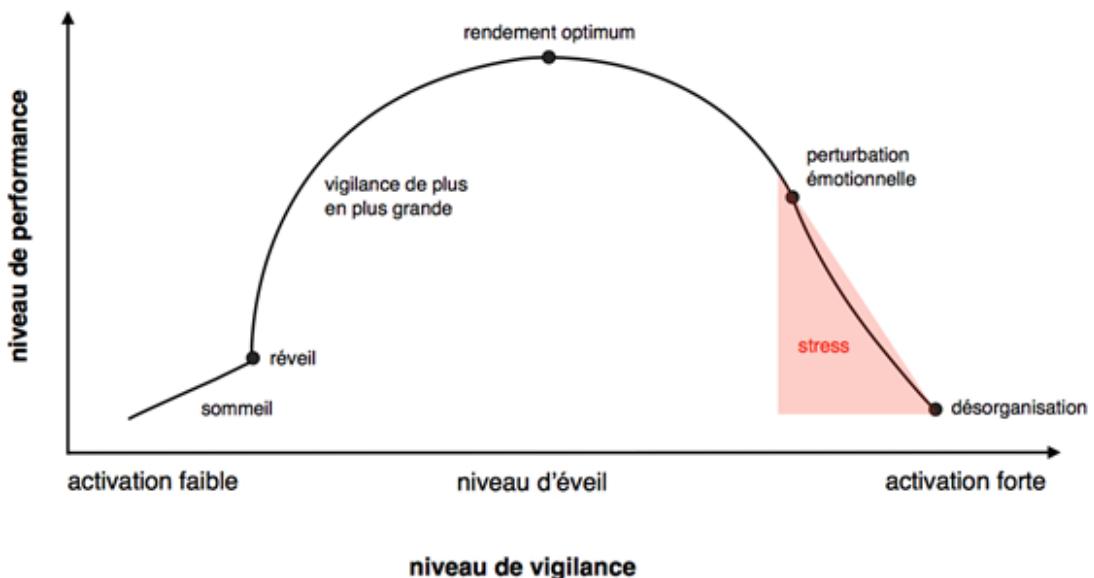


Figure 58 : Les niveaux d'activation

Les capacités d'extraction d'affordances (le « niveau de performance » ci-dessus) dépendent du niveau de vigilance du sujet. « Selon la loi de Yerkes-Dodson⁴⁸, reprise et adaptée par Hebb, un individu émet des comportements d'autant plus efficaces que son état d'éveil n'est ni trop faible, ni trop élevé. Sous ce niveau optimal, la vigilance de l'individu diminue progressivement pour faire place à l'endormissement ; au-dessus, l'individu est de plus en plus perturbé, et ses comportements risquent alors de se désorganiser complètement » (Godefroid, 1987, p.483). Nous avons rajouté, dans la partie extrême « d'activation forte », l'état de « stress » tel que nous le concevons dans ce travail.

Comme nous l'avons évoqué (premier chapitre, paragraphe 4.4), le terme *stress* est entendu dans notre recherche comme le décalage qui peut exister entre les capacités d'un individu et les demandes (ou informations) qu'il perçoit de son environnement. Par conséquent, nous comprenons l'augmentation du niveau de stress comme le dépassement des capacités optimales de vigilance de l'individu (état d'hypervigilance). Les résultats de cette recherche nous indiquent que les zones les plus stressantes sont celles qui mettent effectivement à mal *l'extraction* d'indices sonores. Sur la place Raspail, par exemple, la saturation importante du bruit environnant peut empêcher la détection des voitures en approche. De la même manière, l'absence de relief au sol met la personne en difficulté pour repérer les espaces où son déplacement peut se faire en sécurité. C'est donc notamment l'impossibilité de détecter des indices environnementaux (affordances), permettant au marcheur aveugle de continuer son action, qui le plonge dans un état de stress. Dans ce cas, les mesures de la vigilance (échelle analogique) et d'activation cérébrale (RED) sont à leur maximum et le niveau de stress ressenti (échelle analogique) commence à se développer. En effet, selon la loi de Yerkes-Dodson, cette activation forte peut aboutir à un état de désorganisation, lui-même très défavorable à une lecture et une analyse efficace

⁴⁸ La loi de Yerkes et Dodson (1908), qui correspond à une courbe en U renversé, établit un lien entre performance et motivation.

Elle est l'une des premières tentatives d'explication de l'interaction entre cognition et conation.

de l'environnement... On observe que les deux types de mesures, subjective pour l'une, physiologique pour l'autre, progressent de façon cohérente dans un sens qui est celui de notre hypothèse, postulant un effet de l'ambiance urbaine sur le stress. La place est en particulier l'environnement le plus stressant du trajet.

Nous avons également dégagé de l'observation des mesures physiologiques la notion de « zones » sur le parcours. En effet, certains lieux sont très exigeants en termes d'activité du SNA (les « zones noires ») alors que d'autres semblent l'être beaucoup moins (les « zones blanches »). Il est intéressant de noter que les « zones noires » identifiées correspondent bien aux 12 *nœuds* que nous avons utilisés précédemment pour étudier la carte mentale et la gestion du déplacement. Selon Lynch (1960/1998), ceux-ci sont reliés par des routes, au centre desquelles sont positionnées nos « zones blanches ». Les résultats des analyses de l'activité électrodermale confortent notre intérêt pour la conception proposée par Lynch : le déplacement en aveugle est une navigation entre différents points de tension, les nœuds demandant une vigilance toute particulière. Ces emplacements doivent d'abord être identifiés, reconnus, pour permettre une décision adéquate concernant la direction à prendre. Les routes reliant ces points sont habituellement moins exigeantes en termes d'activation. La vigilance y est principalement influencée par l'ambiance offerte par l'environnement, comme le montre le contraste important entre la place et les autres scènes pour les « zones blanches ».

Comme nous l'avons souligné dans la présentation des résultats, il n'y a pas d'interaction entre l'effet de « l'ambiance » et l'effet de la « zone » sur l'état d'activation des marcheurs aveugles. Cela signifie que l'effet de l'un n'est pas modulé par l'effet de l'autre. En d'autres termes, le rapport entre ces deux variables n'est donc pas *multiplicatif*, mais simplement *additif*. Une « zone noire » dans un environnement défavorable n'est pas nécessairement plus stressante qu'une même « zone noire » dans un environnement plus favorable... Il s'agit de deux facteurs bien différents : les « zones noires » identifiées sur le parcours ne sont pas uniquement présentes dans des scènes aux ambiances défavorables, mais elles représentent des situations précises et indépendantes de l'ambiance, pour lesquelles les personnes prennent une décision relative à la poursuite du déplacement. Ce sont donc des emplacements dans lesquels les aides en faveur de l'accessibilité devraient permettre une lisibilité et une compréhension optimales. En effet, si nous nous référons à la loi de Yerkes-Dodson, (op. cit.) ces lieux sont particulièrement perturbants et désorganisants pour la personne aveugle.

Enfin, nous remarquons que lorsque les sujets longent les berges du Rhône, l'activation du SNA est identique à celle qui est observée dans la rue ou les ruelles. Cette donnée, qui nous a d'abord surpris, est à considérer à la fois au regard de notre échantillon et d'une spécificité de cet environnement. En effet, une majorité de sujets (8 sur 10) se déplace à l'aide d'une canne blanche. Tous sans exception ont identifié et utilisé un contraste de texture du sol entre la piste cyclable que nous suivons et une ligne de pavés qui délimite le chemin. Nous pensons qu'ils ont *saisi* là une *affordance* qui leur a permis une locomotion rectiligne et en relative sécurité.

Dans ce contexte, la mesure de l'activité électrodermale vient renforcer notre vision écologique du déplacement. Cette illustration permet de comprendre la perception originale que peut avoir un individu d'un environnement urbain traditionnel, avec ses capacités propres (effectivités). C'est probablement grâce à *l'extraction* de ce type d'affordances que les marcheurs aveugles ont pu évoluer plus sereinement dans l'espace ouvert et potentiellement dangereux que sont les berges du Rhône.

2.3. Représentation de l'espace et gestion du déplacement

Les dessins réalisés par les participants, après la session 3, nous ont globalement impressionné par leur fidélité au tracé original, malgré la complexité du parcours proposé. La forme générale a souvent été respectée. De plus, nous avons retrouvé certains éléments proposés par Lynch (1960/1998) concernant la structuration de la cité dans la représentation mentale, en particulier avec la présence des « points de repère », des « voies » et des « nœuds ». En revanche, la représentation des « limites » et des « quartiers » ne semble pas présente dans notre population de personnes aveugles. Nous reisons cette donnée à l'absence d'information visuelle sur les éléments situés à *distance* ainsi qu'à une représentation égocentrique (Hatwell, 2003) permettant plus difficilement la conception des « limites » et des « quartiers ». Il est également intéressant de mettre ces observations en perspective avec l'utilisation d'un plan tactile, dont l'intérêt en terme de représentation mentale a été démontré dans plusieurs recherches (Espinosa et coll., 1998 ; Jacobson, 1998 ; Passini & Proulx, 1988). Toutefois, l'analyse détaillée des dessins indique qu'il existe des différences significatives entre certaines scènes en termes de représentation. La présence de déformations dans les angles et les longueurs, malgré l'utilisation du plan en relief, suggèrent que les informations utilisées pour construire la représentation mentale en situation de locomotion urbaine sont essentiellement acquises par la *perception directe*.

Les résultats concernant la représentation des changements de direction (c.-à-d. les angles dans les dessins) indiquent que la place se distingue des autres scènes, en concentrant le taux d'erreurs le plus important. Dans les productions graphiques, cette partie du parcours est bien souvent simplifiée : elle est réduite à un point d'entrée (la fin de la ruelle) et à un point de sortie (l'arrivée sur les berges) reliés par un simple segment rectiligne (une route), comme dans la figure 59 ci-dessous. À cet endroit, le parcours est pourtant constitué de trois changements de direction, dont un à 45°.

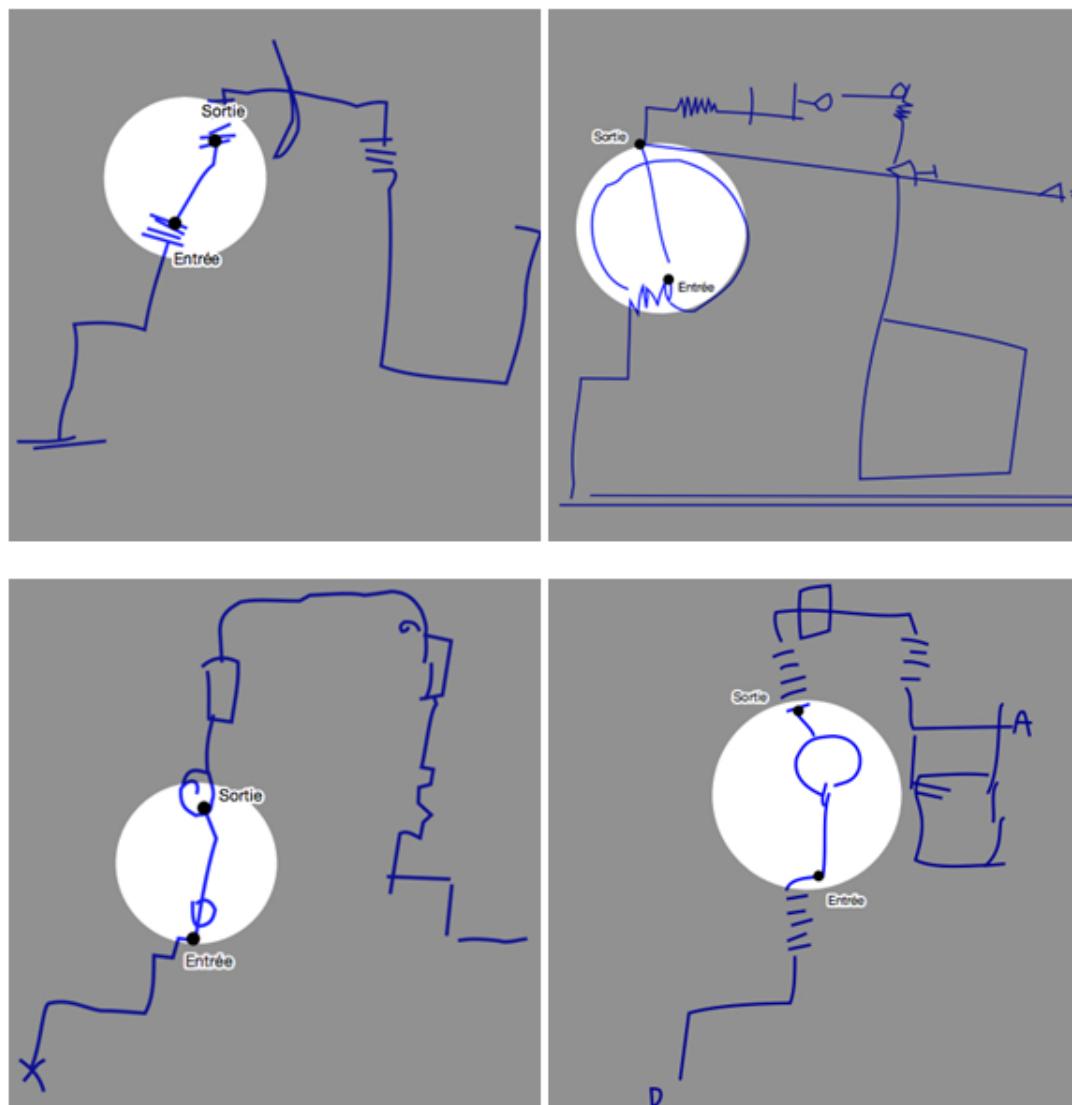


Figure 59 : Représentations simplifiées du cheminement sur la place

Source : dessins effectués en fin de session 3, par quatre participants. L'ensemble du tracé est grisé à l'exception de la place (en blanc), souvent représentée par un tracé rectiligne.

La place est donc peu propice à une bonne représentation mentale d'un cheminement qui la parcourt, contrairement aux environnements de type rue et ruelles qui semblent beaucoup plus favorables et structurants.

Dans un second temps, l'analyse des proportions des différents segments du parcours dans les dessins, indique que la place est significativement *surreprésentée*. La locomotion est vécue comme plus stressante et moins sécurisante dans cette scène. Les marcheurs aveugles donnent l'impression de s'y déplacer à *pas de loup*, à la recherche de repères, comme en témoigne une vitesse moyenne significativement plus réduite (2,56 km/h). Les participants ont passé en moyenne 2 min 45 sec dans cette scène. À l'inverse, la rue est significativement *sous-représentée*, alors qu'elle compte parmi les scènes les plus longues avec les berges du Rhône. C'est la partie du parcours où le déplacement se fait le plus fluide

et rapide (3,44 km/h). La locomotion y est perçue comme plus aisée et sécurisante : c'est aussi la scène où les marcheurs ont passé significativement plus de temps (4 min 52 sec).

Selon Montello (1997), l'influence du *temps* nécessaire au déplacement locomoteur a fréquemment été considérée comme une explication valable de la déformation des distances représentées (*Travel-time hypothesis*). Pour Golledge et Zannaras (1973, p. 80) :

« Les distances représentées augmentent et sont directement en rapport avec le temps nécessaire pour parcourir un trajet donné. »

Cependant, plusieurs études n'ont pas réussi à reproduire ces résultats (Ewing, 1981 ; Lederman et coll., 1987). Les travaux de Lederman et coll. (op. cit.) indiquent que, lors de l'exploration d'un environnement restreint, l'estimation des longueurs se fait en fonction de la *distance parcourue (footstep metric)*. Toutefois, elles suggèrent aussi que ce n'est plus le cas lors d'un déplacement dans un environnement vaste (tel que l'espace urbain), l'encodage des distances par le nombre de pas étant alors difficilement réalisable.

Dans notre recherche, il ne semble pas que le *temps* passé à parcourir une scène soit à l'origine des erreurs observées dans l'estimation des distances. En effet, les marcheurs ont passé significativement moins de temps dans la place que dans la rue. Dans ce cas, quelles sont les hypothèses pouvant expliquer l'écart dans la représentation des longueurs de ces deux scènes ?

Montello (op. cit.) a proposé une revue de la littérature concernant « l'intégration de trajets »⁴⁹ à partir de la perception directe lors d'un déplacement locomoteur. Chez l'homme, l'estimation d'une distance parcourue découle de *multiple*s sources d'informations perceptives qui sont à sa disposition, parfois redondantes. Selon l'auteur, l'une des sources de déformation les plus discutées réside dans les « caractéristiques environnementales » (*environmental features*) extraites pendant le déplacement, ou remémorées lors de l'inférence d'une distance. Ces caractéristiques sont les éléments environnementaux perçus par le marcheur lors de son trajet ; il peut s'agir de virages, de repères spécifiques, d'intersections, d'obstacles, etc. L'hypothèse générale formulée au sujet de ces « caractéristiques environnementales » est que la longueur estimée d'un trajet est *proportionnelle* au nombre de « caractéristiques » rencontrées (Sadalla, Staplin & Burroughs, 1979). En complément de cette hypothèse « d'accumulation » (*features-accumulation hypothesis*), une autre hypothèse de « segmentation » (*route segmentation hypothesis*) du trajet a également été proposée (Allen, 1981). Selon cet auteur, un trajet segmenté par plusieurs intersections ou virages sera perçu subjectivement comme plus long qu'un trajet équivalent non segmenté. On peut globalement dire que toutes les hypothèses développant l'idée de l'effet des « caractéristiques environnementales » sur la distance perçue peuvent être comprises comme relevant de l'effet de *segmentation*. Pour Montello (op. cit.), ces hypothèses suggèrent surtout que toutes les « caractéristiques de l'environnement » (c.-à-d. affordances) et du sujet (c.-à-d. effectivités) influencent la représentation des distances parcourues.

Il est intéressant de mettre ces travaux en perspective avec les résultats obtenus dans les recherches portant sur « l'intégration manuelle » de trajets. Dans ce type de tâche, contrairement à la locomotion, le sujet est en face d'un plan de travail où repose le trajet à explorer manuellement. Comme nous l'avons évoqué dans la revue de la littérature, il existe dans ce cas un « effet de détours » dû à une représentation kinesthésique du tracé, c'est-à-dire basée sur le *mouvement* (Gentaz & Gaunet, 2006 ; Lederman et coll., 1987). Cet

⁴⁹ L'intégration de trajets est l'opération mentale qui permet d'estimer la distance parcourue et les orientations prises depuis un point de départ.

effet est en majeure partie lié au nombre d'inflexions (en particulier à leur proximité sur une partie du tracé) plutôt qu'à la longueur totale du tracé (Faineteau et coll., 2008). Dans cette perspective, nous nous interrogeons sur la possibilité que l'effet du « nombre d'inflexions » puisse être le pendant de l'effet des « caractéristiques environnementales » existant en locomotion. Dans un cas comme dans l'autre, l'hypothèse que le codage des distances parcourues se ferait particulièrement sur le *mouvement* (représentation *kinesthésique* d'un tracé et représentation *cinétique* d'un déplacement) interroge les liens existant entre action et représentation.

Dans notre recherche, l'effet d'accumulation a été difficile à maîtriser. Les scènes possèdent un nombre relativement identique de « caractéristiques », c'est à dire de virages et de traversées (4 ou 5 virages et/ou traversées) ; mais elles sont de longueurs différentes et proposent une disposition et des séquences de virages non identiques. De plus, la rue est un espace où les nombreux obstacles (déchargement de marchandises, poubelles, etc.) aboutissent à une segmentation plus importante du trajet, par rapport notamment aux berges du Rhône très dégagées. Cet effet ne nous permet donc pas d'expliquer la *surreprésentation* de la place et des berges du Rhône, ni la *sous-représentation* de la rue.

Montello (op. cit.) développe, par ailleurs, l'idée que des facteurs affectifs puissent intervenir dans l'estimation des distances, comme certaines recherches tendent à le montrer (Ory, Mokhtarian & Collantes, 2007). Toutefois, si l'idée semble intuitivement valide, elle reste particulièrement difficile à démontrer. Une scène portant une connotation négative sera-t-elle mémorisée dans des *dimensions démesurées* afin de l'éviter ? Quels rôles jouent la personnalité ou l'état d'esprit (optimiste, pessimiste) dans cette estimation ? Lors des parcours commentés, nous avons justement pu recueillir des informations relatives au ressenti. Ainsi, il est intéressant de souligner que les scènes vécues comme les plus anxiogènes (la place ou les berges) ont plutôt tendance à être *surreprésentées*. La vigilance (ressentie) et l'activation du SNA sont à un niveau maximum dans ces environnements. À l'inverse, la rue, moins anxiogène, est significativement *sous-représentée*. La vigilance (ressentie) et l'activation du SNA y sont significativement plus faibles. Si l'on considère les expressions de plaisir, la tendance s'inverse : ainsi, les lieux où le plaisir est le plus exprimé sont *sous-représentés*. Nous n'avons pas procédé à des corrélations entre ces deux séries de résultats ; toutefois, un tel traitement statistique serait tout à fait intéressant.

Nous évoquons une dernière piste qui nous semble particulièrement pertinente pour comprendre la *surreprésentation* et la *sous-représentation* de certaines scènes. Des auteurs ont proposé que le codage des distances dans l'espace pourrait se faire sous forme « d'effort à produire » pour changer de position (Berkeley, 1709/1985 ; Proffitt, Stefanucci, Banton & Epstein, 2003). Par exemple, la distance séparant un individu d'une cible spatiale serait codée sous la forme de *l'effort moteur* nécessaire pour parcourir cette distance. De ce fait, une même distance pourrait être estimée (c.-à-d. *représentée*) différemment selon l'effort qu'il est nécessaire de produire pour la parcourir. C'est ce que suggèrent les travaux de Proffitt et coll. (op. cit.) qui montrent que l'augmentation de l'effort nécessaire pour effectuer un déplacement locomoteur, suite à l'ajout d'une charge corporelle, modifie la *distance perçue* des cibles à atteindre. Nous pouvons faire le parallèle avec notre recherche, où l'activité électrodermale est un indicateur original qui révèle un niveau d'activation, et par conséquent probablement un niveau d'effort (ou *d'attention*). De manière anecdotique, il est intéressant, dans une seconde lecture des dessins, de constater que les trois escaliers qui rythment notre trajet sont généralement *surreprésentés* dans les productions graphiques (cf. annexes, paragraphe 5).

De tels résultats valident, par conséquent, l'existence d'une forme de cognition spatiale basée sur des processus perceptifs intégrant les capacités d'action de l'individu, c'est à dire une forme de perception *incarnée* (« située »), permettant la construction d'une représentation *fonctionnelle* de l'espace environnant (Proffitt, 2006). Les effets pouvant influencer cette représentation mentale sont multifactoriels, liés d'une part à l'environnement (affordances et caractéristiques environnementales), d'autre part à l'individu (ressenti, stress) et enfin à l'*interaction* des deux (vitesse de déplacement, effort). A ce sujet, Lynch (1960/1998) considérait déjà que la représentation mentale n'est pas une représentation cartographique *intégrale*. Elle se base, au contraire, sur des images simplifiées et idiosyncrasiques qui dépendent fortement des capacités de l'individu, de son âge ou de ses précédentes expériences.

Ajoutons enfin que si l'environnement a une influence sur la représentation et les aspects cinétiques de la marche, il a aussi une influence sur la gestion du déplacement *in situ*, concernant les changements de direction possibles lors des 12 nœuds répartis sur le trajet. Le croisement entre ces données et celles obtenues par l'analyse des dessins indique d'ailleurs une certaine cohérence et constance. Ainsi, les marcheurs ont rencontré le plus de difficultés lors des changements de direction sur la place qui est aussi à l'origine d'un nombre d'erreurs d'angles plus important dans les dessins. Ces résultats suggèrent que la qualité de la représentation mentale est en relation avec le déplacement qui lui précède sur le terrain, lui-même étant influencé par l'ambiance de l'environnement. Passini (1984, 1988) a étudié l'effet inverse de la représentation sur le déplacement, notamment à travers le processus de recherche d'itinéraire (*wayfinding*).

Pour conclure, soulignons que nos données vont dans le sens de Zimring (1981), qui constate que la cognition spatiale et le stress entretiennent une relation à double sens. Ainsi, lorsque les représentations mentales sont inefficaces dans un déplacement, des conséquences personnelles et un stress important peuvent se produire (ne pas assister à une réunion ou à un rendez-vous important, etc.). Or, au cours d'un déplacement, être orienté dans son environnement semble être une condition nécessaire pour ne pas être en état de stress, probablement encore plus en l'absence de vision. Toutefois, un état de stress lors d'un déplacement affecte également la formation des représentations mentales. Des études ont montré, par exemple, que dans un environnement encombré et stressant, les sujets sont moins en capacité de construire une représentation précise et fidèle du lieu (Saegert, 1981). Un schéma résumant l'ensemble de ces interactions est proposé au paragraphe 2.5 de ce chapitre.

Nous proposons maintenant quelques remarques concernant les autres variables de cette recherche, pour lesquelles nous n'avons pas observé d'effet significatif.

2.4. Cécité précoce, cécité tardive et mode de déplacement

Dans notre revue de la littérature (premier chapitre, paragraphe 5.4.1), nous avons évoqué plusieurs recherches mettant en évidence des différences entre les personnes atteintes de cécité précoce et tardive concernant la représentation de l'espace (Gaunet & Thinus-Blanc, 1996 ; Lederman et coll., 1985 ; Rieser et coll., 1980). Cependant, avec la population de notre recherche, composée de 9 personnes atteintes de cécité précoce et de 17 personnes atteintes de cécité tardive, nous n'avons pas retrouvé de différence en faveur des personnes ayant une connaissance visuelle préalable, que ce soit dans l'évaluation des distances ou des angles.

Il faut toutefois rappeler que notre protocole expérimental inclut l'utilisation d'un plan en relief représentant le trajet. L'objectif était précisément de *faciliter*, chez nos participants, le déroulement du trajet autonome en troisième session. Plusieurs recherches ont reconnu l'efficacité de cette méthode (Espinosa et coll., 1998 ; Picard Pry, 2009 ; Spencer et coll., 1989). L'utilisation de cette aide entre les sessions 2 et 3 est probablement à l'origine d'un nivelingement des performances entre les personnes atteintes de cécité précoce et tardive. Les connaissances sur le parcours (angles, distances) ont ainsi été fixées par cette représentation cartographique qui vient corriger une représentation mentale éventuellement inexacte à la suite des deux premiers trajets de reconnaissance *in situ*. Certaines recherches ont montré qu'il n'y a pas de différence significative en termes de performance spatiale entre des personnes aveugles et malvoyantes dès lors qu'elles utilisent un plan tactile (Caddeo et coll., 2006 ; Ungar et coll., 1993, 1997). Il s'agit pour nous d'un effet *recherché*, puisque nous souhaitions étudier l'effet de l'environnement (la « scène urbaine », facteur intragroupe) et non l'effet du « type de cécité » (facteur intergroupe). Nos résultats confirment l'intérêt et l'apport bénéfique du plan en relief, puisque nous n'observons pas de différence entre ces deux populations sur nos mesures.



Figure 60 : Participante explorant le plan tactile du parcours en fin de session 2

Source : Baltenneck (2009)

Nous soulignons enfin que malgré l'utilisation d'un plan en relief permettant une structuration importante de la représentation mentale (Spencer et coll., op. cit.), nous avons observé que les erreurs dans les dessins (estimation des distances, angles) varient significativement en fonction de l'environnement. Ce facteur environnemental garde donc une influence particulièrement importante sur la représentation mentale et nous renforce dans une conception écologique du déplacement : le sujet construit bien une représentation à partir de son *point de vue* et de ses effectivités, ainsi que des affordances qu'il a saisies entre perception et action.

2.5. L'activité expressive du passant

C'est un élément dont nous n'avons pas tenu compte dans cette recherche, mais qu'il serait probablement intéressant d'envisager dans de futurs travaux. Selon nous, il est particulièrement difficile d'identifier et d'interpréter des modalités d'expression du corps. Nous pouvons toutefois tenter d'opérer un repérage d'indices comportementaux qui révèlent le rapport du sujet au milieu ambiant, comme le suggère Thomas (2004a, p. 165).

« Dans une analyse microsociologique des conduites publiques, ces indices constituent des critères de description du rapport de codétermination supposé entre les actions ordinaires du passant et l'environnement dans lequel elles s'actualisent. »

Cette approche découle directement des travaux de Goffman qui sont, selon Cosnier (2006), paradigmatisques de la microsociologie et de l'interactionnisme. Goffman construit ses observations de « scènes quotidiennes » dans le cadre de la représentation théâtrale. Les outils qu'il emploie sont :

- La représentation (*performance*) : l'activité d'un acteur dans un laps de temps donné.
- La façade (*front*) : la partie de la représentation qui a pour fonction d'établir la définition de la situation pour les observateurs-spectateurs.
- Le décor (*setting*) : il comprend le mobilier, la disposition matérielle et d'autres éléments géographiques, répartis sur le premier plan (*frontstage*) et l'arrière-plan (*backstage*) propres à préparer la scène.
- Le personnage (*character*) : la silhouette généralement avantageuse destinée à mettre en évidence la force ou d'autres qualités foncières.

Appliquée à la scène quotidienne du déplacement urbain, une observation microsociologique ou éthologique s'intéresse à la manière d'investir l'espace du marcheur, en relevant par exemple, l'allure de déplacement, la trajectoire dans l'espace, la vitesse, le type d'action motrice, la gestuelle, etc. Par le croisement de ces indices comportementaux, Thomas (op. cit.) a identifié 6 conduites récurrentes d'accès à l'espace : *agrément, festif, conflictuel, habituel, étrangeté et insécurité*. Chacune est qualifiée en fonction du mode d'action motrice à laquelle elle renvoie, du mode d'attention privilégiée et du type de milieu ambiant au sein de laquelle elle apparaît le plus souvent. Elle en propose le tableau récapitulatif suivant.

Tableau 31 : Conduites « expressives » récurrentes d'accès à l'environnement

Conduites d'accès	Mode d'action motrice	Mode d'attention perceptive	Type de milieu ambiant
Agrément	Déambuler	Flottant	Tempéré
Festif	Noctambuler	Flottant	Attractif
Conflictuel	Piétiner	Distribué	Saturé
Habituel	Passer	Centré	Transitoire
Insécurité	Fuir	Focalisé	Délaissé
Etrangeté	Traverser	Centré	Ambigu

Source : Thomas (2004a, p. 167)

Une telle vision permet, selon Thomas (op. cit.) de faire évoluer l'idée même du handicap. Plutôt qu'une déficience organique, le handicap devient un *révélateur* des

potentialités d'action ou des entraves d'action que l'environnement est susceptible de générer. Nous parlons alors de *handicap de situation*.

2.6. Conclusion

En guise de conclusion, nous souhaitons mettre en tension ces résultats issus de la grande variété des données recueillies dans cette recherche. Ceux-ci s'articulent autour des deux variables indépendantes, constituées par les « scènes » (c.-à-d. l'ambiance urbaine), d'une part, et les « zones » (c.-à-d. les nœuds de prise de décision), d'autre part. Elles représentent deux facteurs qui, selon nous, sont de premier ordre dans un déplacement urbain sans vision.

Le premier facteur est constitué par « l'ambiance urbaine ». C'est une donnée *sensible* de l'environnement (Thomas, op. cit.). À ce titre, ses variations ont un effet sur les ressentis des personnes aveugles concernant notamment le plaisir, l'anxiété ou le sentiment de sécurité. Le stress et la vigilance sont également éprouvés différemment en fonction de la nature de l'ambiance urbaine et de ce qu'elle offre comme informations auditive, tactile et proprioceptive. Cette observation est confirmée par les fluctuations mesurées au niveau de l'activité électrodermale, témoin de l'activation du SNA et par conséquent de l'éveil et de la vigilance de la personne qui se déplace. Les caractéristiques cinétiques de la marche s'en trouvent, elles aussi, affectées. Comme nous l'avons vu, une scène comme la rue entraîne un niveau de stress et de vigilance moindre ; le déplacement y est, par ailleurs, significativement plus rapide et plus aisément. À l'inverse, une scène comme la place nécessite un niveau d'éveil plus important. Les *affordances* sont plus rares, plus difficiles à saisir et le déplacement se fait alors plus prudent et plus lent, nécessitant plus d'effort. Les marcheurs rencontrent plus de difficultés pour se repérer efficacement, comme en témoignent en particulier les erreurs significativement plus nombreuses dans le parcours lors des changements de direction. Enfin, l'ensemble de ces effets peut être inséré dans une relation à double sens avec la représentation du parcours. Cette dernière s'avère elle aussi influencée par l'ambiance de l'environnement.

Un second facteur qui nous a semblé important dans les déplacements, réside dans la présence de certaines zones du parcours qui nécessitent de prendre une décision pour poursuivre son chemin. Ces lieux, les « nœuds », ont été décrits par Lynch (1960/1998) dans sa conception de la cité. Dans nos résultats, ils nous ont servi à évaluer la représentation mentale du trajet ainsi que la gestion du déplacement *in situ*. Mais ces lieux sont également ressortis clairement de l'analyse descriptive de l'activité électrodermale. La comparaison entre les « zones noires » et les « zones blanches » nous indique l'importance qu'ils ont dans le processus de déplacement d'une personne privée de la vue, en nécessitant une attention maximum.

Nous proposons figure 61 un modèle circulaire du déplacement urbain, sous la forme de *cercle vertueux* se situant à l'articulation des dimensions de perception, d'action, de représentation et de ressenti, que nous avons conjointement explorées dans ce travail.

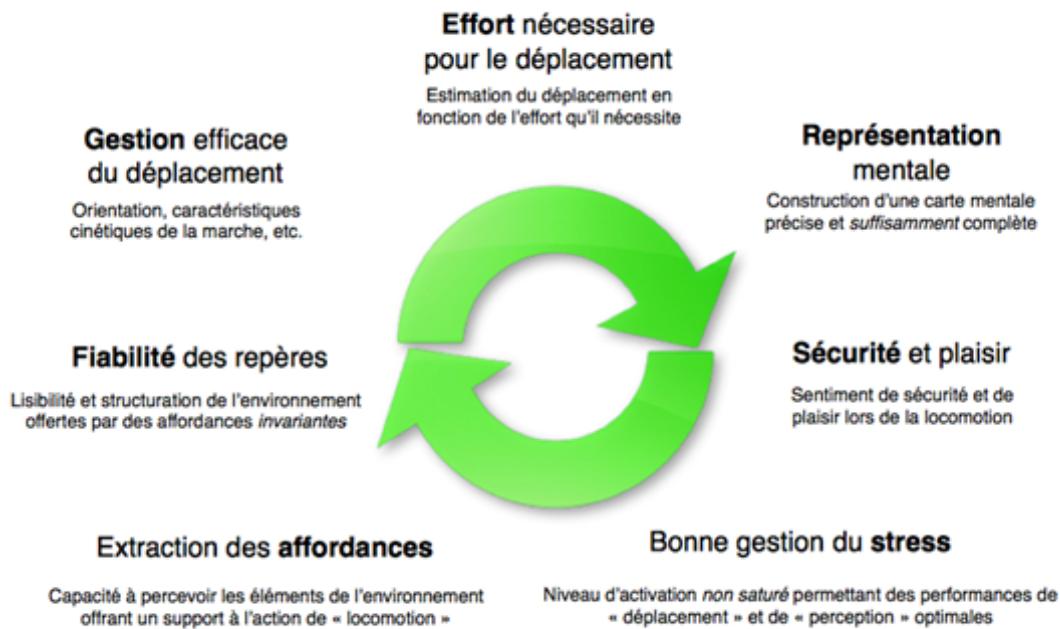


Figure 61 : Vers un cercle vertueux dans les déplacements sans la vue

Ce modèle circulaire soutient l'idée que des améliorations apportées à l'un des niveaux bénéficieront à l'ensemble des autres niveaux.

3. Ouvertures

3.1. Ambiances et affordances

« La question ne serait plus “qu'est-ce qu'une ambiance ?”, mais “qu'est-ce qu'une ambiance permet d'être, de faire et de percevoir ?” Autrement dit, il s'agirait de penser l'ambiance en termes de potentiel. » (Thibaud, 2004, p.156)

3.1.1. Ambiances urbaines

Contrairement au terme « affordance », le terme « ambiance » est d'usage courant et relativement banal. Il a pourtant acquis une valeur scientifique dans plusieurs domaines, comme l'architecture, l'acoustique, ou la psychologie. Il garde cependant une valeur polysémique aux contours parfois difficiles à saisir.

« Un mouvement important dans la science contemporaine est un retour vers le concret. Dès les années 1920, Whitehead mettait en garde de prendre l'abstrait pour le concret, au risque de se méprendre sur l'expérience vécue. En prenant appui sur le pragmatisme et la phénoménologie, de nombreux travaux proposent une alternative au dualisme cartésien en reconSIDérant la place du corps dans notre façon d'appréhender le monde. La notion d'ambiance s'inscrit dans cette

perspective de l'embodiment selon laquelle nos catégories conceptuelles ne sont pas dissociables de notre activité sensori-motrice. » (Thibaud, 2004, p.148)

Si une ambiance est sensible, elle pose donc évidemment la question de la perception. Selon Strauss (1935/2000)⁵⁰, l'expérience vécue d'un lieu se fait dans un moment « gnosique » (de l'ordre de la connaissance) et dans un moment « pathique » (de l'ordre du sentir). La perception ne se construit donc pas uniquement sur une composante cognitive : le monde ambiant est également ressenti et éprouvé. Il ne relève pas seulement d'objets clairement identifiables, il dépend aussi de leur mode de présence et de leur manière d'apparaître. Ainsi, *tel phénomène* se dote d'une qualité dans la mesure où il est perçu comme apaisant ou stressant, agréable ou déplaisant, etc. Le sensible et l'ambiance s'éprouvent donc aussi en termes de *tonalité affective*. Cette dernière colore la globalité de la scène en lui conférant une certaine physionomie. Enfin, elle ne dépend pas uniquement de l'état psychique du sujet ni d'un objet particulier de l'environnement, mais de leur interaction, ce qui la rend diffuse et difficilement localisable. Nous proposons de reprendre la définition de Thibaud (2004, p. 151) pour ce concept d'ambiance, tel que nous l'avons saisi dans cette recherche :

« Premièrement, l'ambiance est indivisible. De ce point de vue, une ambiance peut être caractérisée selon son degré de prégnance. Deuxièmement, l'ambiance est immédiate. De ce point de vue, une ambiance se spécifie par le style de motricité qu'elle convoque. Troisièmement, une ambiance est omniprésente. De ce point de vue, une ambiance se singularise par les dynamiques de variations auxquelles elle se prête. Quatrièmement, l'ambiance est diffuse. Déclarer qu'elle engage l'affect nécessite de réintroduire le versant pathique de la perception, en l'articulant à son versant plus directement cognitif. »

Les composants *gnosiques* et *pathiques* décrits par Strauss (op. cit.) participent pleinement à la définition du monde ambiant. Dans cette recherche, nous avons étudié l'effet de l'environnement urbain sur les déplacements des personnes aveugles. Nous avons considéré le déplacement à la fois dans ses aspects *cognitifs* et *affectifs*, en tenant compte du ressenti exprimé par les marcheurs aveugles. C'est donc l'ensemble de ces données qui nous permet de mettre à jour l'existence de différentes ambiances tout au long des scènes rencontrées sur le trajet, les résultats convergeant dans ce sens. Soulignons que la pertinence des scènes, retenues a priori dans le choix du parcours expérimental, ne peut se trouver validée *qu'à posteriori*, à la suite du recueil et de l'analyse des données.

3.1.2. Des ambiances affordantes ?

Notre hypothèse centrale prédit que les ambiances du monde urbain influencent *l'action de déplacement*, en fonction des potentialités qu'elles offrent : c'est en cela qu'ambiances et affordances s'assemblent. Une ambiance favorable « habite » un lieu où les affordances seront faciles à extraire. La mobilité urbaine relève d'un processus dynamique qui s'appuie autant sur les ressources de l'environnement urbain que sur l'activité perceptive du piéton. Comme le rappelle Thomas (2004a, p.164) :

« [...] Elle met en tension les compétences socioperceptives du citadin et les ressources sensibles de l'espace public. »

⁵⁰ Paru en Allemagne en 1935, cet ouvrage part d'une critique fondamentale de la théorie pavlovienne, considérée comme le dernier développement de la conception cartésienne de l'organisme et procède à une analyse serrée des postulats de la psychologie objective. Rompt avec le réductionnisme hérité des sciences de la nature, Strauss développe une phénoménologie du temps et de l'espace vécus et souligne la nécessité d'aborder le sentir et le se-mouvoir dans la perspective propre de la subjectivité.

La perception de l'espace est, elle aussi, dynamique, liée à l'action. En fonction du contexte dans lequel il évolue et de l'action qu'il entreprend, le piéton va ainsi successivement sélectionner, structurer puis s'approprier les ressources que lui offre l'environnement. Ce travail de « mise en forme » (Thomas, op. cit.) permet de qualifier l'espace urbain, d'espace construit et vécu, intégrant tout autant les paramètres physiques que les évènements perçus et représentés *in situ* (Sauvageot, 2003).

Dans notre recherche, nous avons observé que la personne aveugle sélectionne, structure et s'approprie certaines ressources (c.-à-d. les affordances) de son environnement. Les textures au sol, identifiées sur les berges du Rhône (pavés) et dans la rue (grille de caniveau), sont des exemples de cette appropriation : 15 participants parmi les 17 utilisant une canne blanche ont retenu ces affordances dans le déplacement autonome. Cependant, cette mise en forme du sensible dans le parcours n'est possible que par l'action elle-même (c.-à-d. l'expérience du parcours).

Dans d'autres lieux du parcours, cette mise en forme du sensible s'est avérée plus difficile. Cela semble être le cas à l'abord de la scène « Place », qui laisse très peu de possibilités à un marcheur aveugle de savoir s'il se situe sur la chaussée, sur le trottoir, ou sur la place. Ainsi, de nombreuses personnes, pour contourner une station de Vélo'V, sont passées du côté de la rue *sans en avoir conscience*. D'autres, se déplaçant avec un chien-guide, ont parfois eu des difficultés à trouver le passage réservé au piéton. À deux reprises, il est arrivé, à un feu rouge, que le chien s'arrête sur ordre de son maître... mais au milieu de la chaussée⁵¹. Un tel environnement urbain, pauvre en affordances positives, fait potentiellement courir des risques importants aux personnes aveugles qui s'y déplacent.

Enfin, ajoutons qu'en fonction du lieu, ce sera tantôt la *proprioception* avec l'ampleur et le nombre de pas qui permettra à la personne aveugle d'estimer les distances, ou ce sera tantôt la quantité *d'effort* nécessaire qui sera la base de cette estimation. Par conséquent, la construction du réel peut s'avérer très variable, comme semblent l'indiquer les résultats que nous avons obtenus dans l'étude de la représentation mentale.

Les ambiances urbaines favorisant l'activité perceptive et locomotrice du piéton aveugle se sont révélées être des zones particulièrement *stimulantes* sur le plan *sensoriel*. Toutes les sources d'information (sonore, tactile, kinesthésique, etc.) s'y déployant constituent des ressources perceptives structurant l'espace urbain. Les conclusions de notre recherche mettent en évidence que chaque ambiance mobilise une combinaison singulière de modalités sensorielles, n'offrant pas la même efficacité (ou *potentiel d'usage*). Nous pouvons dire avec Sauvageot (op. cit., p.109) que :

« L'ambiance fait en quelque sorte affordance : la manière dont l'environnement ambiant est formé oriente des opportunités d'action. Notre capacité à nous mouvoir, à nous orienter dépend donc du cadre sensoriel dans lequel elle s'inscrit. »

Cette recherche montre l'importance de la multisensorialité pour la qualification des ambiances urbaines, pour la convivialité des espaces publics, le confort ainsi que la sécurité. Elle s'inscrit dans les travaux de Martinez-Sarocchi (1984) mettant l'accent sur l'importance des modalités auditive, mais aussi tactile et proprioceptive dans l'accès du piéton aveugle à la cité. Notre recherche attire cependant l'attention sur la multiplication des stimulations sensorielles qui peut, à contrario, constituer une gêne pour le marcheur dans sa prise de connaissance de l'environnement (saturation sonore, obstacles obstruant le passage, etc.).

⁵¹ Les chiens-guides sont éduqués pour reconnaître les bandes blanches des passages piétons. Par conséquent, supprimer ces bandes blanches du paysage urbain peut être source de difficultés supplémentaire pour identifier ces passages.

Elle met l'accent sur l'importance d'offrir un environnement étayant qui favorise, dans une *bonne mesure*, les modalités perceptives spécifiques des aveugles (auditives, tactiles), le rendant ainsi plus accessible, en faveur d'une plus grande autonomie.

3.1.3. Conclusion

Nos résultats montrent l'importance d'objectiver l'influence du paysage urbain (ambiances urbaines et aménagements urbains) sur la gestion du déplacement chez les aveugles. Ils peuvent ouvrir des pistes de réflexion sur les aménagements urbains favorisant le déplacement du piéton aveugle, en se situant au plus près de ses besoins réels.

3.2. Perspectives en termes d'aménagements

« Will a blind person have to sustain a serious or indeed fatal injury before their needs are taken seriously? »⁵² (Alker, 2009, p. 4)

Dans cette perspective, l'espace public urbain doit être compris comme un espace constitué d'une pluralité d'environnements, défini en relation aux modes de locomotion variés qui s'y pratiquent. Cette conception pluraliste de l'espace urbain rejoint les développements récents des théories de l'espace public, qui mettent l'accent sur la pluralité des acteurs et des débats. Les demandes des personnes aveugles et les problèmes à résoudre pour favoriser leurs déplacements exigent de fait une très forte pluridisciplinarité.

À ce propos, Amphoux (1998, p. 127) souligne une tendance actuelle « d'évacuation du social » concernant la conception et la gestion des espaces publics : alors que certains métiers nouveaux tendent à combiner une hypertechnicité et une esthétisation toujours plus poussées, le niveau des usages tend à être *ignoré*... Les ambiances fabriquées aujourd'hui seraient ainsi plus soucieuses de leur « mise en scène » que de leur « mise en acte ». Or, les espaces publics et les ambiances qui les animent ne trouvent leur sens que dans les rapports ordinaires qu'ils entretiennent avec les usagers.

Le concept « d'affordance » (en particulier leur *invariance*) évoqué précédemment nous semble être un point de départ intéressant à suivre dans les réflexions menées dans le domaine de l'accessibilité urbaine. En effet, la ville est un espace construit *par des hommes pour les hommes* : des aides au déplacement sont introduites dans le paysage urbain afin de faciliter la locomotion en associant une aide technique (une bande de guidage) et un but spécifique (cheminer tout droit). Ces aides sont relativement nombreuses et se développent particulièrement aujourd'hui. Toutefois, dans une perspective *écologique*, il semble important que la détection, ainsi que l'action associée à ce type d'aide, restent toujours identiques.

Nous pouvons prendre l'exemple des bandes d'éveil de vigilance⁵³ dont le but est d'indiquer au marcheur aveugle un lieu nécessitant une vigilance particulière et l'interruption de son déplacement. Afin que l'affordance puisse être saisie, il est nécessaire que la détection sensorielle de ces bandes de vigilance soit optimale, tant avec la canne blanche que sous les pieds. Lors de nos sessions sur le parcours, plusieurs personnes ont exprimé des difficultés pour les « sentir », bien qu'elles en apprécient grandement l'intérêt. En effet,

⁵² « Faut-il attendre qu'une personne aveugle subisse une blessure grave ou décède pour que ses besoins soient pris sérieusement en considération ? »

⁵³ Le décret 99-756 sur l'accessibilité de la voirie aux personnes handicapées impose des bandes d'éveil de vigilance aux abaissements de trottoir.

le contraste de texture entre le goudron et les picots des bandes de vigilance est parfois trop peu marqué, alors que la détection se fait exclusivement par le canal tactile. Une approche originale consisterait à compléter ces informations tactiles par d'autres canaux sensoriels. Un industriel a proposé, par exemple, des bandes podotactiles de *structure creuse*, créant une résonnance sonore marquée au passage de la canne. Il serait intéressant d'étudier le comportement des piétons aveugles en présence de ce type d'aménagement faisant simultanément appel à plusieurs canaux sensoriels.

Selon Gibson (1986), suite à la perception d'une affordance, l'individu⁵⁴ produit une action motrice (c.-à-d. boucle sensori-motrice). Avec l'utilisation des bandes d'éveil de vigilance, l'action motrice attendue est un arrêt ou un ralentissement significatif de la marche. Elles sont ainsi utilisées en bordure de quai de métro afin que la personne reste en retrait et ne chute pas sur les voies. Installées sur la voirie, elles signifient sensiblement la même chose lors de l'arrivée sur la chaussée réservée aux voitures. Dans les deux cas, elles *affordent* l'action de stopper (momentanément) le déplacement et signifient l'arrivée sur des voies potentiellement dangereuses. Placées en d'autres lieux ne nécessitant pas l'arrêt du déplacement, mais utilisées pour signaler un changement d'espace de circulation par exemple, les bandes de vigilance ont alors une signification différente, ne nécessitant pas une action identique. Elles *n'affordent* plus une action unique et peuvent être source de confusion et de comportements mal adaptés à la situation environnementale.

Enfin, leur position parallèle aux voies du métro et (très souvent) à la chaussée peut être à l'origine de *fausse affordance*. En effet, la récurrence de ce positionnement⁵⁵ permet à un piéton aveugle d'extraire des informations supplémentaires et utiles concernant son orientation dans l'environnement : « le chemin à suivre est perpendiculaire à la bande de vigilance que je viens de détecter ». Toutefois, comme l'illustre la figure 62 ci-dessous, il arrive que le positionnement soit trompeur et dirige notre piéton en plein centre du carrefour, au milieu des voies de circulation, vers un danger et un niveau de stress conséquent ! La présence de ces éléments devient, dans ce cas, *problématique et dangereuse*.

⁵⁴ Gibson parle « d'animal ».

⁵⁵ Officiellement, « la pose parallèle à la bordure de trottoir n'a pas pour objectif de donner de repère d'orientation dans la traversée » (Dejeammes & Briaux-Trouverie, 2003). La description que nous faisons correspond à un usage non prévu.



*Figure 62 : Bandes d'éveil de vigilance
dont la position peut faire « fausse affordance »*

Source : La Fédération pour les Circulations Douces⁵⁶

Les feux sonores constituent un deuxième exemple assez intéressant. Ils sont une aide à la décision aux abords de la chaussée et permettent l'accès aux traversées équipées de feux piétons. Au-delà de leur intérêt immédiat et nécessaire pour prendre la décision de traverser une rue, de nombreuses personnes aveugles nous ont expliqué en faire une utilisation *détournée*. En effet, le son émis par le feu sonore peut être localisé assez naturellement (cf. capacité en azimut de l'audition spatiale). Cet indice sonore (affordance) guide alors le marcheur aveugle, lui permettant de mener un trajet rectiligne sur le passage piéton, jusqu'au feu se trouvant en face. Toutefois, dans un carrefour, en cas de panne de l'un des deux feux sonores, le piéton peut penser être correctement guidé par le signal émis par l'autre traversée (*fausse affordance*), qui le conduira à nouveau en plein centre du carrefour.

Ces exemples indiquent la nécessité d'apporter un soin particulier à la conception et à la mise en place des aides au déplacement. La connaissance des concepts théoriques présentés dans ce travail, leur application, leur usage ainsi que la consultation des personnes malvoyantes et aveugles, sont les points de départ nécessaires pour comprendre le déplacement urbain « vu et vécu par les aveugles ». Ce n'est seulement qu'en envisageant les déplacements du point de vue de l'usager qu'il sera possible d'imaginer et d'aménager un environnement qui lui corresponde. Cette vision *incarnée* trouve un écho

⁵⁶ <http://www.circulationsdouces91.org/>

dans le courant de la « cognition située » que nous présentons maintenant, en conclusion de cette discussion.

3.3. Cognition située et *embodiment*

« Every cognitive act must be viewed as a specific response to a specific set of circumstances. »⁵⁷(Resnick, 1991, p. 2)

Le « courant situé » de l'action et de la cognition est parfois associé aux travaux de Suchman et plus particulièrement à l'ouvrage *Plans and situated actions: the problem of human-machine communication* (Suchman, 1987)⁵⁸. Dans cet ouvrage, l'auteur propose une remise en question du paradigme computo-représentationaliste et met en évidence le caractère opportuniste et improvisé de l'action. Suchman (op. cit.) soutient l'idée que l'action et la cognition ne peuvent être considérées qu'en fonction d'une situation singulière dans laquelle elles se déroulent. Cette conception invite à mettre l'accent sur la prise en compte du *contexte*. Sur certains points, les propositions de Suchman ne sont pas totalement novatrices. Elles trouvent leur origine dans le courant phénoménologique, avec Merleau-Ponty (1944/1976) par exemple, qui a étudié le *phénomène* de la perception. Selon Merleau-Ponty (op. cit.), la perception possède une dimension active en tant qu'ouverture au « monde vécu » (*Lebenswelt*). Le primat de la perception signifie par conséquent un primat de *l'expérience*, dans la mesure où la perception revêt une dimension active.

Plus contemporains, les travaux de Gibson (1986) sur la perception directe ont permis de poser des bases importantes pour ce courant de pensée. Il a défendu l'idée que la perception visuelle ne consiste pas en une correspondance entre des images visuelles et une représentation mentale préconstruite dans le cerveau. Au contraire, regarder consiste à piocher parmi les informations infinies que fournit l'environnement à travers les *flux sensoriels*. De cette manière, un organisme perçoit des affordances en fonction des variations, mais également et surtout des *invariants*, c'est-à-dire ce qui ne change pas dans son environnement (Greeno, 1994). Enfin, la notion « d'action située » trouve également des échos dans la sociologie interactionniste, dont nous avons évoqué quelques aspects précédemment (Goffman, 1974).

Par conséquent, les scientifiques et philosophes qui étudient la « cognition située » considèrent que la nature de notre esprit est fortement déterminée par la forme et les capacités du corps humain. Tous les aspects de la cognition, comme les idées, les concepts et les catégories, se construisent en appui sur certaines caractéristiques du corps, lui-même en action dans un environnement particulier à un moment donné. Dans notre recherche, nous nous inscrivons pleinement dans cette perspective : nous étudions le sujet aveugle, avec ses capacités, en situation de déplacement urbain. Nous avons proposé d'étudier cette question en *situation naturelle*, sans faire appel à une méthodologie en laboratoire qui est habituellement un terrain privilégié pour analyser l'action et la cognition. À ce sujet, rappelons qu'il est important d'éviter la confusion qui existe entre *situé* et *en situation naturelle* (c.-à-d. hors du laboratoire) (Salembier, Theureau & Relieu, 2004).

La cognition située s'appuie sur le principe de la *perception-action* plutôt que sur le principe de la *mémorisation-récupération* (propre au courant cognitiviste). Ainsi, un individu qui perçoit et agit est couplé avec un environnement qui évolue et change.

⁵⁷ « Chaque acte cognitif doit être compris comme une réponse spécifique à un ensemble spécifique de circonstances »

⁵⁸ La « cognition située » est une théorie qui intéresse notamment les personnes travaillant dans le domaine de la robotique et de l'intelligence artificielle et qui ont participé à son développement.

La question fondamentale de la cognition située est de comprendre comment les deux interagissent, individu et environnement (Young, Kulikowich & Barab, 1997). À ce sujet, Greeno (op. cit.) suggère que les affordances, situées dans l'environnement, sont des « conditions préalables » pour l'activité, mais qu'elles ne déterminent pas le comportement. Une affordance augmente simplement les chances que telle action ou tel comportement se produise. Perception et action sont donc dynamiquement co-déterminées par les affordances (environnement) et les effectivités (individu) qui interagissent *dans l'instant*. Toute action de déplacement est alors, au moins partiellement, improvisée par un couplage direct avec la perception et les buts engagés.

Ce couplage entre perception et but engagés trouve une illustration dans les travaux de Witt, Proffitt et Epstein (2004). Dans leur recherche, ils ont demandé à des participants de lancer un objet lourd en direction d'une cible, ou de se déplacer en direction de cette cible. Ils devaient, en fonction de la tâche, estimer la distance à la cible. Selon les auteurs, la distance perçue est fonction (1) des informations visuelles sur cette distance, (2) de l'action que l'on a l'intention de mener, (3) de l'effort nécessaire pour mener cette action. Par conséquent, ils concluent que cette distance *phénoménal* (*phénoménal distance*) est un indicateur de l'effort nécessaire pour accomplir une action relative à cette distance. Si notre intention est de marcher vers la cible, alors, nous voyons la distance en termes *d'effort de marche* pour nous y rendre. De la même manière, si notre intention est de lancer un objet sur la cible, la distance perçue sera estimée en termes *d'effort de lancer*. Par conséquent, nous voyons le monde selon les actions potentielles qu'il afforde, mais aussi en termes d'effort associé à ces actions.

Conclusion

Les notions de *but engagé* (ou d'intention) que nous venons d'aborder nous semblent être des éléments importants à considérer lors de l'étude des déplacements urbains de personnes aveugles. En effet, cette conception offre la possibilité d'envisager l'engagement dans cette action, comme un équilibre entre *bénéfices* et *coûts*. Notre recherche suggère que dans un certain nombre d'environnements citadins, le coût de la locomotion en termes *d'effort* et de *stress*, peut dépasser le bénéfice. Une telle conception *située* éclaire probablement les résultats de recherches concernant leurs habitudes de déplacements, que nous avons évoqués à plusieurs reprises (Clark-Carter et coll., 1986 ; Foulke, 1982 ; Sander et coll., 2005). Lors de nos rencontres avec les participants, nous avons été sensible au discours de plusieurs personnes exprimant une *appréhension*, de plus en plus présente lors de leurs sorties en ville, qu'elles cherchent à réduire ou à éviter autant que possible.

Lors de cette recherche, nous avons pu évoluer dans la cité en compagnie de 27 aveugles, et avons pu saisir à quel point une personne privée de vision perçoit son environnement différemment. De nombreux auteurs ont expliqué le rôle majeur des flux optiques dans les déplacements. Gibson (1986), dans son approche écologique de la perception, a basé bon nombre de ses développements précisément sur ces mécanismes de la perception visuelle. Se déplacer sans voir consiste à évoluer dans un milieu souvent *appauvri* en affordances pouvant soutenir l'action. C'est pour cette raison que certains environnements urbains demandent autant *d'attention*, de *vigilance* et *d'efforts*. Cependant, les participants nous ont aussi montré leurs grandes compétences pour extraire des affordances, afin de dégager un certain nombre d'invariants dans les flux sensoriels issus du paysage urbain, pour atteindre un but fixé.

Dans une future recherche sur la locomotion des personnes aveugles, nous souhaitons pouvoir prendre en considération ces notions de « but à atteindre » et « d'effort », notamment du fait de l'influence qu'elles peuvent avoir sur la représentation mentale d'un déplacement urbain (Proffitt, 2003, 2006) et donc sur le choix des trajets. En effet, dans cette conception *située*, une grande partie de l'effort à fournir provient de l'inadéquation qui existe entre les capacités de l'individu et l'environnement dans lequel il évolue. Ce dernier peut donc être considéré comme un instrument d'information. Lorsqu'un phénomène est accessible à un *instant donné*, il permet au piéton de déchiffrer l'espace, de s'orienter et de changer d'emplacement. Mais lorsque ce phénomène n'est pas mobilisable, ou lorsqu'il ne peut pas servir l'action en cours, l'environnement sensible peut alors devenir une « ressource manquante » (Thomas, 2004a). Il entrave le déplacement, dans la mesure où il ne permet pas sa continuité, en exige un effort supplémentaire, parfois conséquent, de la part du marcheur.

En enrichissant cette future recherche avec le savoir-faire de chercheurs en géographie et de spécialistes en psychophysiologie et microcapteurs biomédicaux, nous envisageons de construire une comparaison entre une « cartographie d'effort », une « cartographie d'activation » et une « cartographie mentale », afin de saisir avec justesse l'efficacité et la pertinence des aides en faveur de l'accessibilité. Nous sommes convaincu que cet ensemble de mesures nous permettra de nous positionner au niveau de l'échange continu

qui existe entre l'environnement, construit et aménagé, et le sujet aveugle en tant qu'acteur compétent dans sa locomotion.

Nous clôturons cette recherche en espérant que ces résultats seront utiles aux personnes aveugles et en particulier à celles qui ont si gentiment accepté d'y participer. Nous souhaitons que dans l'avenir, les aménagements réalisés tiennent compte de leurs paroles, de leurs compétences et de leur expérience. Cela permettra d'offrir à ceux qui sont en situation de handicap visuel une plus grande facilité de déplacement et, de ce fait, une meilleure qualité de vie de citadins.

« Le corps n'est pas un espace expressif parmi d'autres, il est l'origine de tous les autres, ce qui projette au dehors les significations en leur donnant un lieu, ce qui fait d'elles qu'elles se mettent à exister comme des choses, sous nos mains, sous nos yeux. Notre corps est en ce sens ce qui dessine et fait vivre le monde, notre moyen général d'avoir un monde. » Merleau-Ponty (1944)

Bibliographie

- Alker, B. (2009, May 30). Blind man in plea to bring back kerbs: Fears after collision in 'shared space'. *Coventry Evening Telegraph*, p. 4. Retrieved from <http://www.thefreelibrary.com/>
- Allen, G. L. (1981). A developmental perspective on the effects of "subdividing" macrospatial experience. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 7, 120-132.
- Allen, B. (1999). Individual differences and the conundrums of user-centered design: two experiments. *Journal of the American Society for Information Science*, 51(6), 508–520.
- Amedeo, D., & Speicher, K. (1995). Essential Environmental and Spatial concerns for the congenitally visually impaired. *Journal of Planning Education and Research*, 14(2), 113-122.
- Amphoux, P. (1998). *La notion d'ambiance. Une mutation de la pensée urbaine et de la pratique architecturale*. Paris : PUCA.
- Appleyard, D. (1970). Styles and methods of structuring a city. *Environment and Behavior*, 2, 100-117.
- Arias, C. (1996). L'écholocation humaine chez les handicapés visuels. *L'année psychologique*, 96(4), 703-721.
- Baltenneck, N. (2005). *Etude et évaluation d'un système de feux sonores dans un carrefour complexe*. (Mémoire de Recherche Master 2, non publié). Université Lumière Lyon 2, Lyon.
- Bar P., Loyer B. (1981). *Bruit et formes urbaines, propagation du bruit routier dans les tissus urbains*. Lyon : CETUR, Ministère des Transports.
- Beck, R., & Wood, D. (1976). Cognitive transformation of information from urban geographic fields to mental maps. *Environment and Behavior*, 8, 199-238.
- Becker, E., & Weerts, F. (2009). Syndrome du bébé secoué : des lésions somatiques à la psychopathologie parentale. *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, 57(5), 429-436.
- Berkeley, G. (1709/1985). Essai pour une nouvelle théorie de la vision. Trad. collective sous la direction de G. Brykman, *Berkeley : Œuvres, Tome I*. Paris : PUF. (Original work published 1709).
- Bernstein, N. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. New York: Pergamon Press.
- Berthoz, A., Pavard, B., & Young, L. R. (1975). Perception of linear horizontal self-motion induced by perceptual vision (linearvection): Basic characteristics and visual-vestibular interactions. *Experimental Brain Research*, 16, 476-489.

- Berthoz, A., Israël, I., Georges-Francois, P., Grasso, R., & Tsuzuku, T. (1995). Spatial memory of body linear displacement: what is being stored? *Science*, 269, 95-98.
- Berthoz, A. (1997). *Le sens du mouvement*. Paris : Odile Jacob.
- Boucsein, W. (1992). *Electrodermal Activity*. New York: Plenum Press.
- Bovet, P., Drake, C., Bernaschina F., & Savel, S. (1998). Underwater sound localization: Role of interaural time and intensity differences. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 103(5), 2844.
- Bracha, H. S., Ralston, T. C., Matsukawa, J. M., Williams, A. E., & Bracha, A. S. (2004). Does "fight or flight" need updating? *Psychosomatics*, 45(5), 448-449.
- Brauer, M., & McClelland, G. (2005). L'utilisation des contrastes dans l'analyse des données : Comment tester les hypothèses spécifiques dans la recherche en psychologie ? *L'Année Psychologique*, 105(2), 273-305.
- Bullinger, A., & Mellier, D. (1988). Influence de la cécité congénitale sur les conduites sensori-motrices chez l'enfant. *Cahiers de psychologie cognitive*, 8(2), 191-203.
- Byrne, R. W. (1979). Memory for urban geography. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 147-154.
- Byrne, R. W., & Salter E. (1983). Distances and Directions in the Cognitive Maps of the Blind. *Canadian Journal of Psychology*, 37(2), 293-299.
- Caddeo, P., Fornara, F., Nenci, A., & Piroddi A. (2006). Wayfinding tasks in visually impaired people: the role of tactile maps. *Cognitive Processing*, 7, 168-169.
- Chapireau, F., & Colvez, A. (1998). Social disadvantage in the international classification of impairments, disabilities, and handicap. *Social Science & Medicine*, 47(1), 59-66.
- Christie, M. (1981). Electrodermal activity in the 1980's: a review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 74(8), 616-622.
- Clark-Carter, D. D., Heyes, A. D., & Howarth, C. I. (1986). The efficiency and walking speed of visually impaired people. *Ergonomics*, 29(6), 779-789.
- Clark-Carter, D. D., Heyes, A. D., & Howarth, C. I. (1987). The gait of visually impaired pedestrians. *Human Movement Science*, 6(3), 277-282.
- Clarke, N., Pick, G., & Wilson, J. (1975). Obstacle detection with and without the aid of a Directional Noise Generator. *American Foundation for the Blind, Research Bulletin*, (29), 67-85.
- Collet, C., Vernet-Maury, E., Delhomme, G., & Dittmar, A. (1997). Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 62(1-2), 45-57.
- Cosnier, J. (2006). Goffman Erving (1922-1982). In J. Barus-Michel, E. Enriquez & A. Levy, *Vocabulaire de psychosociologie* (pp.492-497). Paris : Eres.
- Cratty, B. J. (1967). The perception of gradient and the veering tendency while walking without vision. *Research Bulletin of the American Foundation for the Blind*, 14, 31-52.
- Cutting, J. E. (1982). Two Ecological Perspectives: Gibson vs. Shaw and Turvey. *The American Journal of Psychology*, 95(2), 199-222.

- Damaschini, R., Grégoire, C., Leroux, R., & Farcy, R. (2006). Évaluation objective de la locomotion application à celle de l'aveugle se déplaçant avec la canne seule ou accompagnée d'aides électroniques. Paper presented at *Handicap 2006, 4 ème Conférence Nouvelles Technologies au service de l'homme*, Paris.
- De Cheveigné, A. (2005). Audition, Action, Espace. In C. Thinus-Blanc & J. Bullier (Eds.), *Agir dans l'espace* (pp. 75-89). Paris : Maison des Sciences de l'Homme.
- Dejeammes, M., & Briaux-Trouverie, C. (2003). *Recommandations concernant les surfaces tactiles au sol pour personnes aveugles ou malvoyantes : rapport intermédiaire*. Lyon : CERTU.
- Delorme, A. (2003). Perception et réalité. In A. Delorme & M. Flückiger (Eds.), *Perception et réalité, une introduction à la psychologie des perceptions* (pp. 5-17). Bruxelles : De Boeck Université.
- Dementienko V. V., Markov A. G., Koreneva L. G., & Shakhnarovich V. M. (2001). Automatic checkout systems to monitor driver's vigilance. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 29(1), 157-171.
- Denis, D. (1994). *Image et cognition*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Desprez, S., Rennesson, C., & Vignon, E. (2010). *Zone de rencontre : quels dispositifs repérables et détectables par les personnes aveugles et malvoyantes ?* Lyon : CERTU.
- Devalière I. (2002). « Du droit à la mobilité urbaine des déficients visuels au plaisir de la ville pour tous », *CSTB Magazine*, 139, 33-36.
- Dick, P. K. (1979). *Les Androïdes rêvent-ils de moutons électriques ?* Paris : J.-C. Lattès.
- Diderot, D. (1749/1990). *Œuvres philosophiques : textes établis avec introductions, bibliographies et notes par Paul Vernière*. Paris : Garnier. (Original work published 1749).
- Dittmar, A., Delhomme, G., Caterini, R., & Vernet-Maury, E. (1991). Analysis of skin potential method using a novel feature code for the study of emotional response. *Engineering in Medicine and Biology Society, proceedings of the Annual International Conference of the IEEE*, 13, 427-428.
- Dittmar, A., Vernet-Maury, E., Rada, H., Collet, C., Priez, A., & Delhomme, G. (1997). Biométrie de la réactivité émotionnelle et de la vigilance lors de conduite de véhicules, de process et d'activité sportive par capteurs non-invasifs. *Biométrie humaine et anthropologie*, 15(1-2), 43–53.
- Dittmar, A., Delhomme, G., & Gehin, C. (2008). Les systèmes vivants : Une source d'inspiration pour les microsystèmes et les capteurs biomédicaux. *IRBM*, 29(2-3), 208-220.
- Dolanski, W. (1930). Les Aveugles possèdent-ils le « Sens des Obstacles » ? *L'année psychologique*, 31, 1-51.
- Espinosa, M., Ungar, S., Ocha##ta, E., & Blades, M. (1998). Comparing Methods for Introducing Blind and Visually Impaired People to Unfamiliar Urban. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 277-287.

- Ewing, G. O. (1981). On the sensitivity of conclusions about the bases of cognitive distance. *Professional Geographer*, 33, 311- 314.
- Faineteau, H., Palluel-Germain, R., & Gentaz, E. (2008). Effets des points d'infexion sur les estimations des distances euclidiennes dans une tâche manuelle d'intégration de trajets. *L'année psychologique*, 108, 3-14.
- Féré, C. (1888). Note sur les modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 5, 217-219.
- Foulke, E. (1982). Perception, cognition and the mobility of blind pedestrians. In M.E. Potegal (Ed.), *Spatial abilities: Development and physiological foundations* (pp.55-76). San Diego: Academic Press.
- Fraiberg, G. (1977). *Insights from the blind*. London: Souvenir Press.
- Fritz, G., Paletta, L., Kumar, M., Dorffner, G., Breithaupt, R., & Rome, E. (2006). Visual Learning of Affordance Based Cues. *From Animals to Animats 9, proceedings of the 9th International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, 4095, 52-64.
- Gale, N. (1983). Measuring cognitive maps: Methodological considerations from a cartographic perspective. In D. Amedeo, J.B. Griffin, & J.J. Potter (Eds.), EDRA 1983. *Proceedings of the Fourteenth International Conference of The Environmental Design Research Association* (pp. 65-72). Lincoln: University of Nebraska.
- Garcia, L. (2010). *Étude des représentations spatiales en environnement sonore*. Mémoire de Master 2 ATIAM (Acoustique, Traitement du signal et Informatique Appliqués à la Musique), Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Gaunet, F., & Thinus-Blanc, C. (1996). Le rôle de l'expérience visuelle précoce dans le traitement des informations spatiales chez le sujet humain. *Actes du colloque Perception Cognition Handicap, Recherches en Défectologie* (pp. 157-162). Lyon, France.
- Gaunet, F., & Briffault, X. (2005). Exploring the functional specifications of a localized wayfinding verbal aid for blind pedestrians: simple and structured urban areas. *Human-Computer Interaction*, 20(3), 267-314.
- Gaunet, F., & Milliet, J. (2010). Le rapport des personnes déficientes visuelles au chien-guide. Comment l'usage du chien-guide pourrait-il se développer en France ? *ALTER, Revue Européenne de Recherche sur le Handicap*, 4(2), 116-133. Génicot, R. (1980). *Handicap visuel et vie sociale*. Liège : Les Centres Pouplin.
- Gentaz, E. (2000). Existe-t-il un « effet de l'oblique » dans la perception tactile des orientations ? *L'année psychologique*, 100(1), 111-140.
- Gentaz, E., & Gaunet, F. (2006). L'inférence haptique d'une localisation spatiale chez les adultes et les enfants : étude de l'effet du trajet et du délai dans une tâche de « complètement de triangle ». *L'année psychologique*, 106(02), 167-190.
- Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. Dans R.E. Shaw & J. Bransford (Eds), *Perceiving, acting, and knowing*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Gibson, J. J. (1986). *The Ecological Approach to visual perception*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

- Gibson, J. J. (1958/2009). Visually controlled locomotion and visual orientation in animals. *British Journal of Psychology*, 100, 259-271. (Original work published 1958).
- Giusti, A., Zocchi, C., & Rovetta, A. (2009). A noninvasive system for evaluating driver vigilance level examining both physiological and mechanical data. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 10(1), 127-134.
- Godefroid, J. O. (1987). *Psychologie : Science humaine et science cognitive*, 2^{ème} édition. Bruxelles : De Boeck Université.
- Goffman, E. (1974). *Les rites d'interaction*. Paris : Seuil/Minuit.
- Goffman, E., & Winklin, Y. (1988). *Les moments et leurs hommes*. Paris : Seuil/Minuit.
- Golledge, R. G., & Zannaras, G. (1973). Cognitive approaches to the analysis of human spatial behaviour. In W. H. Ittelson (Ed.) *Environment and Cognition* (pp. 59-94). New York: Seminar Press.
- Golledge, R. G. (1987). Environmental cognition. In D. Stokols & I. Altman (Eds.), *Handbook of Environmental Psychology* (pp. 131-174). New York: John Wiley and Sons.
- Golledge, R. G. (1991). Tactual strip maps as navigational aids. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 85(7), 296-301.
- Golledge, R. G. (1993). Geography and the disabled: a survey with special reference to vision impaired and blind populations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 18, 63-85.
- Golledge, R. G. (1999). Human wayfinding and cognitive maps. In *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes* (R.G. Golledge., pp. 5-45). Baltimore & London: The Johns Hopkins University Press.
- Golledge, R. G. (2002). You don't have to have sight to have vision. In P. Gould & F. R. Pitts (Eds.), *Geographical voice: fourteen autobiographical essays* (pp. 125-148). Syracuse: Syracuse University Press.
- Gonzalez-Mora, J. L., Rodriguez-Hernandez, A., Burunat, E., Martin, F., & Castellano, M.A. (2006). *Seeing the world by hearing: Virtual Acoustic Space (VAS) a new space perception system for blind people*. Paper presented at the 2nd IEEE International Conference on Information & Communication Technologies: From Theory To Application, 1, 837-842.
- Graf, W., & Klam, F. (2006). Le système vestibulaire : anatomie fonctionnelle et comparée, évolution et développement. *Comptes Rendus Palevol*, 5(3-4), 637-655.
- Granié, M. A. (2005). *Observation du comportement de l'enfant piéton : inspiration éthologique*. Paper presented at the Séminaire PFI COPIE : les moyens d'observation du piéton, 1-15. Retrieved from: <http://pfi-copie.inrets.fr/seminaires/prg-050928.html>
- Greeno, J. G. (1994). "Gibson's affordances". *Psychological Review* 101(2), 336-342.
- Griffin, D. R. (1959). *Echoes of Bats and Men*. Garden City, N.Y.: Anchor Books.
- Grossiord, A., & Wood, P. (1980/1996). *International Classification of Impairments, Disabilities and Handicaps*. Geneva: World Health Organisation. (Original work published 1980).

- Hamonet, C., & Magalhaes, T. (2003). La notion de handicap. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 46(8), 521-524.
- Hatwell, Y. (1986). *Toucher l'espace : la main et la perception tactile de l'espace*. Lille : Presses Universitaires de Lille.
- Hatwell, Y. (1994). Transferts intermodaux et intégration intermodale. In M. Richelle, J. Requin, & M. Robert (Eds.), *Traité de Psychologie Expérimentale* (pp. 543-584). Paris : Presses Universitaires de France.
- Hatwell, Y. (1999). L'enfant aveugle et amblyope : les incidences cognitives de la déficience visuelle précoce. In S. Lebovici, R. Diatkine & M. Soulé (Eds.), *Nouveau traité de psychiatrie de l'enfant et de l'adolescent* (pp. 875-888). Paris : Presses Universitaires de France.
- Hatwell, Y. (2003). *Psychologie cognitive de la cécité précoce*. Paris : Dunod.
- Hatwell, Y. (2006). Appréhender l'espace pour un enfant aveugle. *Enfances & PSY*, 4(33), 69-79.
- Hausfeld, S., Power, R., Gorta, A., & Harris, P. (1982). Echo perception of shape and texture by sighted subjects. *Perceptual and motor skill*, 55(2), 623-32.
- Hofmann, S. G., & Kim, H. (2006). Anxiety goes under the skin: Behavioral inhibition, anxiety, and autonomic arousal in speech-anxioués males. *Personality and Individual Differences*, 40(7), 1441-1451.
- Hughes, J. F. (1989). *Déficience visuelle et Urbanisme*. Paris : J. Lanore.
- Israël, I., Fetter, M., & Koenig, E. (1993). Vestibular perception of passive whole-body rotation about horizontal and vertical axes in humans: goal-directed vestibulo-ocular reflex and vestibular memory-contingent saccades. *Experimental Brain Research*, 96(2), 335-346.
- Jacobson, R. (1998). Cognitive mapping without sight: four preliminary studies of spatial Learning. *Journal of Environmental Psychology* , 18, 289-305.
- James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. New York: Holt. Retrieved from: <http://www.archive.org/>
- James, W. (1992). *Writings 1878-1899*. New York: Library of America.
- Kish, D. (2009). *Flash Sonar Program : helping blind people learn to see*. World Access for the Blind. Retrieved from : <http://www.worldaccessfortheblind.org/>
- Köhler, J. (1964). Orientation by aural clues. *American Foundation for the blind Research Bulletin*, 4, 14-53.
- Kosslyn, S. (1980). *Image and mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kunimoto, M., Kim, K., Elam, M., & Wallin, B.G. (1991). Neuroeffector characteristics of sweat glands in the human hand activated by regular neural stimuli. *The Journal of Physiology*, 442, 391-411.
- Learnmonth, G., Ackerly, W., & Kaplan, M. (1959). Relationships between palmar skin potential during stress and personality variables. *Psychosomatic Medicine*, 21, 150-157.
- Lederman, S., Klatzky, R., & Barper, P. (1985). Spatial and movement-based heuristics for encoding pattern information through touch. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 114(1), 33-49.

- Lederman, S., Klatzky, R., Collins, A., & Wardell, J. (1987). Exploring environments by hand or foot: Time-based heuristics for encoding distance in movement space. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13(4), 606-614.
- Lestienne, F., Soechting, J., & Berthoz, A. (1977). Postural readjustments induced by linear motion of visual scenes. *Experimental Brain Research*, 28, 362-384.
- Levy, W. H. (1872). *Blindness and the blind: or, A treatise on the science of typhology*. London: Chapman and Hall. Retrieved from <http://www.archive.org/>
- Lévy-Leboyer, C. (1980). *Psychologie et environnement*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Lishman, J., & Lee, D. (1973). The autonomy of visual kinesthesia. *Perception*, 2, 287-294.
- Locke, J. (1693/1979). Letter to William Molyneux, 28 March. In E.S. De Beer (Ed.), *The Correspondence of John Locke* (Vol. 4, N° 1620). Oxford: Clarendon Press. (Original work published 1693).
- Luxton, K., Banai, M., & Kuperman, R. (1994). The Usefulness of Tactual Maps of the New York City Subway System. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 88, 75-84.
- Luyat, M., & Regia-Corte, T. (2009). Les affordances : de James Jerome Gibson aux formalisations récentes du concept. *Année Psychologique*, 109(2), 297-332.
- Lynch, K. (1991). Reconsidering the Image of the City. In T. Banerjee & M. Southworth (Eds.), *City sense and city design* (pp. 347-355). Cambridge, MA: The MIT Press.
- Lynch, K. (1960/1998). The image of the city. In M. F. Vénard & J. L. Vénard (Ed. and Trans.). *L'image de la cité*. Montrouge : Dunod. (Original work published 1960).
- Marks, L. E. (1978). *The Unity of the Senses: Interrelations Among the Modalities*. New York: Elsevier Academic Press.
- Martinez-Sarocchi, F. (1984). Distance critique et traitement des données de l'environnement en l'absence de vision. *Comportements*, 1, 213-216.
- Massot, B., Gehin, C., Nocua, R., Dittmar, A., & McAdams, E. (2009). *A wearable, low-power, health-monitoring instrumentation based on a programmable system-on-chip*. Paper presented at the 31th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 4852–4855.
- Massot, B., Baltenneck, N., Gehin, C., Dittmar, A., & McAdams, E. (2010). *Objective Evaluation of Stress with the Blind by the Monitoring of Autonomic Nervous System Activity*. Paper presented at the 32th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1429-1432.
- Mellier, D., & Jouen, F. (1986). Remarques à propos des déplacements chez le bébé aveugle. *Psychologie française*, 31(1), 43-47.
- Merleau-Ponty, M. (1944/1976). *Phénoménologie de la perception*. Paris : Gallimard. (Original work published 1944).
- Mialet, J. P. (1999). *L'attention*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Minaire, P. (1992). Disease, Illness and Health: The critical Models of the Disablement Process. *Bulletin of the World Health Organization*, 70(3), 373-379.

- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., Macko, K. A. (1983). Object Vision And Spatial Vision: Two Cortical Pathways. *Trends In Neurosciences*, 6, 414-417.
- Mohamed-Ahmed, A. (2005). *La 3D interactive en temps réel comme aide à l'acquisition des connaissances spatiales : étude de l'influence du mode d'exploration* (Mémoire de maîtrise en sciences de l'architecture). Université Laval, Québec.
- Molyneux, W. (1688/1978). Letter to John Locke, 7 July. In E.S. De Beer (Ed.), *The Correspondence of John Locke* (Vol. 3, N° 1064). Oxford: Clarendon Press. (Original work published 1688).
- Montello, D. R. (1997). The perception and cognition of environmental distance: Direct sources of information. In S. C. Hirtle & A. U. Frank (Eds.), *Spatial information theory: A theoretical basis for GIS* (pp. 297-311). Berlin: Springer-Verlag. Retrieved from: <http://www.geog.ucsb.edu/~montello/pubs.html>
- Moser, G., & Weiss, K. (2003). *Espaces de vie. Aspects de la relation homme-environnement*. Paris : Masson.
- Murray Schafer, R. (1979). *Le paysage sonore*. Paris : J.-C. Lattès.
- Nagel, T. (1974). What Is it Like to Be a Bat? *Philosophical Review*, 83(4), 435-450.
- Nocua, R. (2009). *Conception et développement d'un système ambulatoire pour la mesure de l'activité du Système Nerveux Autonome pour la surveillance de personnes âgées à domicile*. Thèse de doctorat en Instrumentation et Traitement du Signal, Université Joseph Fourier - Grenoble I, Grenoble.
- Ory, D. T., Mokhtarian, P. L., & Collantes, G. O. (2007). Exploring the Cognitive and Affective Mechanisms Behind Subjective Assessments of Travel Amounts. *Environment and Behavior*, 39(4), 494-528.
- Passini, R. (1984). Spatial representations, a wayfinding perspective. *Journal of Environmental Psychology*, 4, 153-164.
- Passini, R., & Proulx, G. (1988). Wayfinding without vision: an experiment with congenitally totally blind people. *Environment and Behavior*, 20, 227-252.
- Peake, P., & Leonard, J. (1971). The Use of Heart Rate as an Index of Stress in Blind Pedestrians. *Ergonomics*, 14(2), 189 -204.
- Perry, J., Macken, E., Scott, N., & McKinley, J. (1997). Disability, Inability and Cyberspace. In Batya Friedman (Ed.), *Designing Computers for People—Human Values and the Design of Computer Technology* (pp. 65-90). Stanford: CSLI Publications.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1948/1981). *La représentation de l'espace chez l'enfant*, Paris : Presses universitaires de France. (Original work published 1948).
- Piaget, J. (1936/1997). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*, Neuchatel Paris : Delachaux & Niestlé. (Original work published 1936).
- Picard, D., & Pry, R. (2009). Does knowledge of spatial configuration in adults with visual impairments improve with tactile exposure to a small-scale model of their urban environment? *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 103, 199-209.
- Picard, D., Lebaz, S., Jouffrais, C., & Monnier, C. (2010). Haptic recognition of two-dimensional raised-line patterns by early blind, late blind and blindfolded sighted adults. *Perception*, 39(2), 224-235.

- Picard, R. W., Vyzas, E., & Healey, J. (2001). Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(10), 1175–1191.
- Portalier, S., & Vital-Durand, F. (1989). Locomotion chez les enfants mal-voyants et aveugles. *Psychologie Française*, 34(1), 79-85.
- Portalier, S. (1990). Approche du développement spécifique de l'enfant déficient visuel. *Actes des journées d'étude des 16 et 17 novembre 1990, Naitre et grandir différent ? Accueillir et accompagner parmi les autres l'enfant handicapé* (pp. 148-154). Lyon, France.
- Portalier, S. (1996). Recherches en Défектologie, approche épistémologique. *Actes du colloque Perception Cognition Handicap, Recherches en Défектologie* (pp. 157-162). Lyon, France.
- Proffitt, D. R., Stefanucci, J., Banton, T., & Epstein, W. (2003). The role of effort in perceiving distance. *Psychological science*, 14, 106–112.
- Proffitt, D. R. (2006). Embodied perception and the economy of action. *Perspective on psychological science*, 1, 110–122.
- Raynard, F. (1999). *Se mouvoir sans voir*. Paris : Y. Peyret.
- Resnick, L. B. (1991). Shared cognition: Thinking as social practice. In L. B. Resnick, J. M. Levine, & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 1-20). Washington, DC: American Psychological Association.
- Resnikoff, S., Pascolini, D., Etya'ale, D., Kocur, I., Pararajasegaram, R., Pokharel, G., & Mariotti, S. (2007). Global data on visual impairment in the year 2002. *Bulletin of the World Health Organization*, 82(11), 844-851.
- Reuchlin, M. (1978). Processus vicariants et différences individuelles. *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 2, 133-144.
- Rey, A., Tomi, M., Hordé, T., & Tanet, C. (2006). *Le Dictionnaire historique de la langue française*. Paris : Editions Le Robert.
- Rieser, J., Lockman, J., & Pick, H. (1980). The role of visual experience in knowledge of spatial layout. *Perception & Psychophysics*, 28(3), 185-190.
- Robert, A., & Bouillaguet, A. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Rondal, J. A., & Comblain, A. (2001). *Manuel de psychologie des handicaps. Sémiologie et principes de remédiations*. Sprimont, Belgique : Mardaga.
- Roth, W. T., Wilhelm, F. H., & Trabert, W. (1998). Autonomic instability during relaxation in panic disorder. *Psychiatry Research*, 80(2), 155–164.
- Roure, R., Collet, C., Deschaumes-Molinaro, C., Delhomme, G., Dittmar, A., & Vernet-Maury, E. (1999). Imagery quality estimated by autonomic response is correlated to sporting performance enhancement. *Physiology & Behavior*, 66(1), 63-72.
- Sadalla, E. K., Staplin, L. J., & Burroughs, W. J. (1979). Retrieval processes in distance cognition. *Memory and Cognition*, 7(4), 291-296.
- Saegert, S. (1981). Crowding and cognitive limits. In J. Harvey (Ed.), *Cognition, Social Behavior, and the Environment* (pp. 373-392), Hillsdale, New Jersey: Erlbaum.

- Salembier, P., Theureau, J., & Relieu, M. (2004). Introduction au numéro spécial « Activité et Action/Cognition Située ». *Activités*, 2(1), 2-10.
- Sampaio, E., Bril, B., & Brenière, Y. (1989). La vision est-elle nécessaire pour apprendre à marcher ? Etude préliminaire et approche méthodologique. *Psychologie Française*, 34(1), 71-78.
- Sander, M. S., Bournot, M. C., Lelièvre, F., & Tallec, A. (2005). *La population en situation de handicap visuel en France*. Nantes : Observatoire régional de la santé des Pays de la Loire.
- Sauvageot, A. (2003). *L'épreuve des sens, de l'action sociale à la réalité virtuelle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Schneider, G. E. (1969). Two Visual Systems. *Science*, 163(3870), 895-902.
- Selye, H. (1936/1998). A syndrome produced by diverse nocuous agents. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 10(2), 230-231. (Original work published 1936).
- Siegel, A. W. & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In H. W. Reese (Ed.), *Advances in child development and behavior* (pp. 9-55), Orlando: Academic Press, INC.
- Sivadon, P. (1970). Space as experienced: Therapeutic implications. In H. Proshansky, W. Ittleson & L. Rivlin (Eds.), *Environmental psychology* (pp. 409-419). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Souman, J. L., Frissen, I., Sreenivasa, M. N., & Ernst, M. O. (2008). Walking in circles : the role of visual information in navigation, *Perception* , 37, ECPV Abstract Supplement.
- Spencer, C., Blades, M., & Morsley, K. (1989). *The Child in the Physical Environment: the development of spatial knowledge and cognition*. Chichester: Wiley.
- Strauss, E. (1935/2000). *Du sens des sens*. Grenoble : Jérôme Million. (Original work published 1935).
- Streri, A. (1991). *Voir, atteindre, toucher*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Streri, A. (2003). L'intermodalité. In A. Delorme & M. Flückiger, *Perception et réalité, une introduction à la psychologie des perceptions* (pp. 197-221). Bruxelles : De Boeck Université.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*, 2nd Revised edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Supa, M., Cotzin, M., & Dallenbach, K. (1944). Facial vision: the perception of obstacles by the blind. *American Journal of Psychology*, 57(2), 133-183.
- Tanaka, I., Murakami, T., & Shimuzi, O. (1981). Heart rate as an objective measure of stress in mobility. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 74, 49-56.
- Tanaka, I., Murakami, T., & Shimuzi, O. (1982). Objective evaluation of orientation and mobility - especially on measure of psychological stress. *International Journal of Rehabilitation Research*, 5(2), 69-71.
- Tarchanoff, J. (1889). Décharges électriques dans la peau de l'homme sous l'influence de l'excitation des organes des sens et de différentes formes d'activité psychique. *Comptes rendus de la Société de Biologie*, 41, 447-451.

- Thibaud, J. P. (2001). La méthode des parcours commentés. In M. Grosjean & J. P. Thibaud (Eds), *L'espace urbain en méthodes* (pp. 79-100). Marseille : Edition Parenthèses.
- Thibaud, J. P. (2004). Une approche pragmatique des ambiances urbaines. In P. Amphoux, J.P. Thibaud, & G. Chelkoff (Eds.), *Ambiances en débats* (pp.145-161). Bernin : À La Croisée.
- Thinus-Blanc, C., & Gaunet, F. (1997). Representation of space in the blind: vision as a spatial sense? *Psychological Bulletin*, 121(1), 20-42.
- Thomas, R. (1999). Cheminer l'espace en aveugle : corps stigmatisé, corps compétent, *Alinéa*, 9, 9-24.
- Thomas, R. (2004a). Le piéton dans l'espace public. Figures de l'accessibilité. In P. Amphoux, J.P. Thibaud, & G. Chelkoff (Eds.), *Ambiances en débats* (pp.162-169). Bernin : À La Croisée.
- Thomas, R. (2004b). L'accessibilité des piétons à l'espace public urbain : un accomplissement perceptif situé. *Espaces et sociétés*, 113-114, 233-249.
- Turvey, M. T., & Shaw, R. (1979). The Primacy of Perceiving: An Ecological Reformulation of Perception for Understanding Memory. In L-G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on Memory Research: Essays in Honor of Uppsala University's 500th Anniversary* (pp.167-222). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Retrieved from <http://www.trincoll.edu/depts/ecopsy/shaw> .
- Tversky, B., & Hemenway, K. (1983). Categories of scenes. *Cognitive Psychology*, 15, 121-149.
- Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1993). The role of tactile maps in mobility training. *British Journal of Visual Impairment*, 11, 59-61.
- Ungar, S., Blades, M., & Spencer, C. (1997). Strategies for Knowledge Acquisition from Cartographic Maps by Blind and Visually Impaired Adults. *The Cartographic Journal*, 34(2), 93-110.
- Ungerleider, L. G., & Haxby, J. V. (1994). What and where in the human brain, *Current Opinion in Neurobiology*, 4(2), 157-165.
- Uzan, G., Seck, M., Sidot, C., & Dejeammes, M. (2008). *Déplacements des déficients visuels en milieu urbain. Analyse des besoins en sécurité, localisation et orientation et pistes d'évolution*. Lyon : CERTU.
- Veraart, C., & Wanet, M. (1984). Évaluation de la direction et de la distance de repères situés dans l'espace de locomotion chez l'aveugle. *Comportements*, 1, 167-170.
- Verdin, C. (1882). *Catalogue des instruments de précision servant en physiologie et en médecine construits par Charles Verdin*. Chateauroux : Collection Rand B. Evans. Retrieved from: <http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/>
- Vergnaud, G. (1985). Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation. *Psychologie Française*, 30(3/4), 245-252.
- Vignon, E. (2008). *Mise en œuvre de l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite : un chemin semé d'embûches ? L'exemple des berges du Rhône*. (Travail de Fin d'Etudes non publié). Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Lyon.

- Vital-Durand, F. (1986). Faut-il s'intéresser à la vision du bébé ? *La Clinique ophtalmologique*, 3, 29-48.
- Von Bertalanffy, L. (1973). *Théorie générale des systèmes*. Paris : Dunod.
- Wallach, H., O'Connell, D. N., & Neisser, U. (1953). The memory effect of visual perception of three-dimensional form. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 360-368.
- Warren, W. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of stair climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 683-703.
- Warren, W. (2006). The dynamics of perception and action. *Psychological Review*, 113(2), 358-389.
- Weisman, J. (1984). Evaluating Architectural Legibility. Way-Finding in the Built Environment. *Environment and Behavior*, 13(2), 189–204.
- Wener, R. E., & Kaminoff, R. D. (1983). Improving Environmental Information: Effects of Signs on Perceived Crowding and Behavior. *Environment and Behavior*, 15, 3-20.
- Witt, J. K., Proffitt, D. R., & Epstein, W. (2004). Perceiving distance: A role of effort and intent. *Perception*, 33(5), 577-590.
- Wycherley, R., & Nicklin, B. (1970). The Heart Rate of Blind and Sighted Pedestrians on a Town Route. *Ergonomics*, 13(2), 181 -192.
- Young, M. F., Kulikowich, J. M., & Barab, S. A. (1997). The unit of analysis for situated assessment. *Instructional Science*, 25(2), 133-150.
- Zhai, J., Barreto, A. B., Chin, C., & Li, C. (2005). User stress detection in human computer interactions. *Biomedical Sciences Instrumentation*, 41, 277–282.
- Zimring, G. M. (1981). Stress and The Designed Environment. *Journal of Social Issues*, 37(1), 145-171.
- Zwart, R., Ledebt, A., Fong, B., De Vries, H., & Savelsbergh, G. (2005). The affordance of gap crossing toddlers. *Infant Behavior & Development*, 28(2), 145-154.

Annexes

1. Formulaire d'information

Ce formulaire d'information, présenté avant le début de l'expérimentation, a pour but d'expliquer les objectifs de la recherche, les moyens et le déroulement du recueil des données. Un exemplaire a été transcrit en braille pour les personnes souhaitant en prendre connaissance de cette façon. Les versions en *noir* et en *braille* figurent ici.

Information et consentement du participant à l'étude

Incidences de l'environnement urbain sur la perception, la représentation mentale et le stress lors du déplacement urbain de la personne aveugle

Nicolas Baltenneck

*Thèse de doctorat en psychologie
Directeur de recherche : Pr. Serge Portalier
Université Lumière Lyon 2 - Institut de Psychologie*

1. Introduction

Ce document est destiné à vous informer sur notre projet de recherche, et ses procédures et à recueillir votre consentement à sa participation. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la personne qui vous présente ce document, ou à vous adresser par e-mail à :

nicolas.baltenneck@univ-lyon2.fr

2. Le but de la recherche

L'objectif de cette recherche est d'étudier la perception et la représentation de l'espace urbain par les personnes aveugles ou fortement malvoyantes ainsi que leur gestion du stress en situation de déplacement urbain.

Nous souhaitons de plus étudier, en particulier, l'impact de l'environnement urbain et de l'ambiance urbaine sur ces trois objets d'étude.

L'objectif final du projet est de recueillir des données concrètes utilisables pour l'amélioration des conditions de déplacement urbain des personnes déficientes visuelles.

3. Déroulement de la participation

Contrairement à d'autres recherches expérimentales, ce projet a pour caractéristique de se dérouler dans des conditions réelles de déplacement en ville.

Ainsi, pour évaluer ces aspects, nous étudions le cheminement de participants aveugles sur un parcours de 950 mètres, soit 20 minutes de marche environ. Ce parcours est varié par les configurations urbaines qu'il traverse (largeur des rues, trottoirs, dénivellation, ambiance sonore, encombrement etc.), offrant une diversité de repères ainsi qu'une difficulté variable de déambulation.

Au cours de ce trajet, seront relevés différents éléments, qui nous permettent d'apprécier la représentation et la perception de l'espace, le stress induit par le déplacement, ainsi que l'appréciation des repères environnementaux.

Pour cela, il est demandé au participant de parcourir le trajet à trois reprises : deux fois successivement, puis lors d'une troisième session espacée dans le temps.

4. Moyens et données recueillies

Pour mener à bien notre recherche, nous utilisons différentes méthodes de recueil d'informations. Ainsi, nous procédons aux différents enregistrements suivants :

- lors du premier parcours, enregistrement sonore des réponses du participant et de l'ambiance urbaine,
- lors du troisième parcours, questionnaire sur votre appréciation de l'environnement et des ambiances urbaines le long du cheminement.

1/1

Information et consentement du participant à l'étude

- également lors de ce dernier parcours, enregistrement vidéo du déplacement et des réponses physiologiques par capteurs non invasifs et ne présentant aucun risque pour le participant.

5. Sécurité

Le parcours ne comprend aucun risque particulier ou difficulté supplémentaire par rapport à la déambulation habituelle d'une personne déficiente visuelle en ville. L'observateur guide, ou suit le participant de façon rapprochée tout au long trajet. De plus, des étudiants précèdent et encadrent le participant en assurant sa sécurité.

6. Anonymat

Tous les enregistrements (sonore, vidéo et physiologique) sont couverts par un anonymat strict. Sans accord préalable du participant, ils ne seront nullement diffusés publiquement, ou dans un cadre différent de celui fixé par les buts.

7. Rémunération

Votre participation ne comporte aucune rémunération comme celle des observateurs. En revanche, le responsable de l'étude s'engage à faire retour des informations qui pourront être utiles à la communauté des personnes déficientes visuelles.

Avant le début du trajet, vous pourrez poser toutes questions que vous jugerez utiles. Vous donnerez à ce moment-là votre accord de participation à ce projet. Vous pourrez cesser votre participation à tout moment, sans aucun préjudice pour quiconque.

Je soussigné(e) _____

déclare avoir compris les informations qui m'ont été fournies par écrit et avoir pu poser librement toutes questions nécessaires à ma compréhension de ce projet de recherche.

Je consens librement à participer à la recherche intitulée : « *Incidences de l'environnement urbain sur la perception, la représentation mentale et le stress lors du déplacement urbain de la personne aveugle* ».

Nom du participant

Signature

Date

Nom du chercheur

Signature

Date

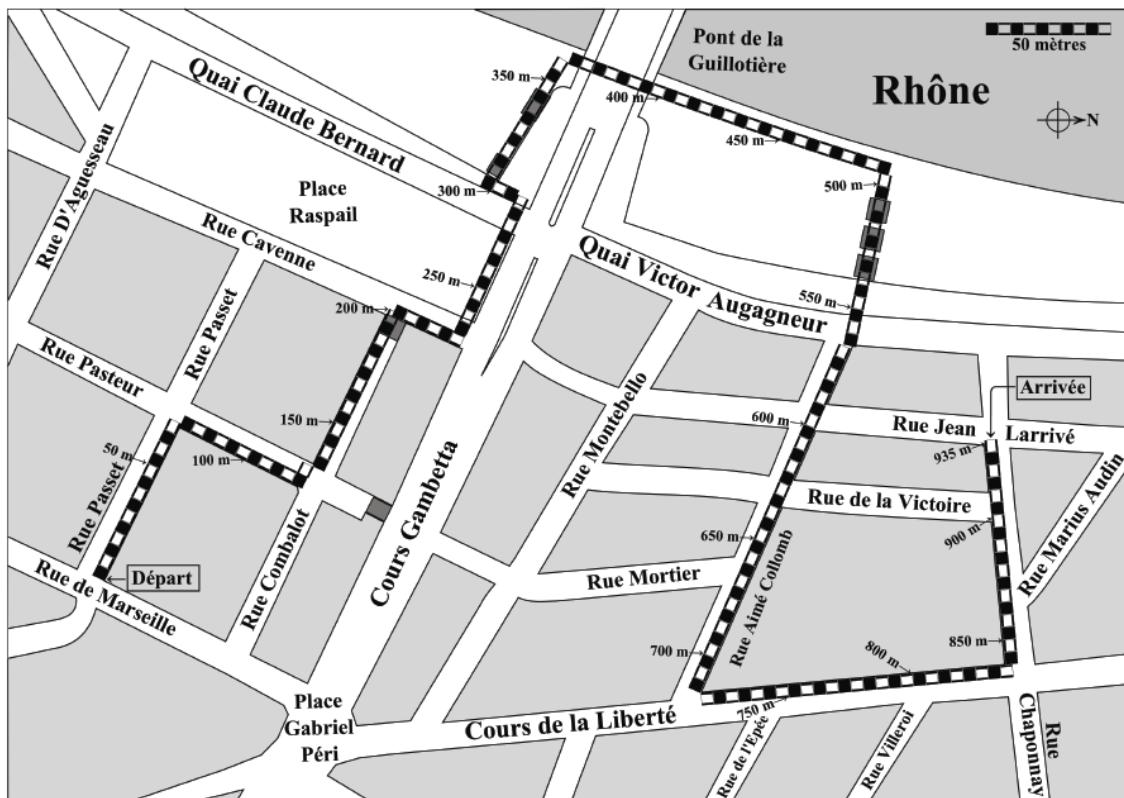
2/2

2. Plan du parcours

Plan du parcours réalisé à partir des informations cartographiques issues de :

- *Google-TeleAtlas, Google Earth,*
- *OpenStreetMap* (Service collaboratif de cartographie, non commercial),
- *CoudeMade.*

Le tracé possède des repères tous les cinq mètres.



Plan du parcours expérimental (le nord se trouve en haut sur cette vue)
Baltenneck (2009)

3. Parcours commentés

Cette première partie regroupe, pour illustration, les transcriptions de quatre parcours commentés effectués lors du premier contact avec le trajet urbain, en session 1. Les participants se déplacent au bras du chercheur en *technique de guide* (la main posée sur le coude du guide voyant, un pas en arrière, position qui permet une anticipation des arrêts, etc.). L'ensemble des échanges est enregistré sur un enregistreur numérique.

Norbert est un homme de 30 ans, ayant perdu la vue tardivement et accidentellement à 18 ans. Il se déplace à l'aide d'une canne banche et fait partie des marcheurs les plus rapides parmi l'ensemble des participants.

00:00. Ruelle A.

Chercheur : C'est parti !

Participant : « Tu chronomètres aussi ? »

Oui, mais ce n'est pas une course !

« C'est une petite rue plutôt étroite. »

Qu'est-ce qui te fait dire ça ?

« L'écho ! Les gens aussi qui sont de l'autre côté de la rue. Il y a une sensation... ce n'est pas une sensation, c'est même du froid. Donc, il n'y a pas de soleil ! Le soleil ne s'engouffre pas... Ou alors très en hauteur. Je me demande si elle n'est pas en sens unique ? Bon, je n'ai pas suffisamment d'éléments pour te le dire ! »

01:00. Ruelle A.

D'accord.

« Il y a un véhicule. Je pense que c'est un camion ou un Fenwick ou quelque chose comme ça qui fait des livraisons. J'ai entendu qu'il partait dans le sens opposé. Là, il y a du soleil ! On arrive à un carrefour : ici c'est baigné de soleil. »

Comment le sais-tu ?

« C'est la sensation de chaleur sur ma peau. C'est marrant parce qu'il y a très peu de circulation ! Je ne sais pas si on est en zone piétonne ou pas ? »

02:00. Ruelle A.

On en parlera tout à l'heure.

« J'entends quelque chose : un moteur ! Il y a une voiture dans notre dos, ce n'était donc pas forcément une rue piétonne ! Alors là, on retrouve une sensation de froid. Il y a du vent. Donc avec le parcours qu'on vient de faire jusque là, je pense que si le soleil tape quelque part c'est sûrement à droite... »

A droite ?

« Sur le trottoir de droite je veux dire. Il y a des oiseaux : j'entends des oiseaux. Alors, est-ce que ça veut dire qu'il y a des jardinières ou des arbres ? Je ne sais pas, je ne peux pas te le dire, mais en tout cas... [Bruit de voiture qui manœuvre] Donc, là, il y a des voitures garées le long du trottoir ! »

03:20. Ruelle A.

Comment tu te sens pour le moment ?

« Moi, je ne suis pas stressé de nature. C'est très difficile de me stresser... Alors là, c'est curieux ! Il y a des escaliers et une rue en contrebas... »

Curieux ?

« Ben, parce que j'essaie d'analyser ! Comment ça peut s'envisager ? Une rue avec des escaliers au bout... Est-ce que c'est un pont ? »

Un pont ?

« C'est sûrement ça ! Là, il y a une légère montée, une légère inclinaison du trottoir. Donc, si on se dirige quelque part c'est vers le Rhône. Je pense vers les berges ! Ou vers un pont ou quelque chose comme ça. [Tintement du feu sonore] Il y a un feu ! »

04:15. Place.

Comment est l'environnement ?

« Alors là, j'ai une impression de grand espace sans bâtiments, comme si on arrivait à un grand carrefour ou en tout cas c'est assez dégagé, c'est très dégagé ! »

Très dégagé ?

« L'écho est différent. On n'est plus dans des petites ruelles comme tout à l'heure... Sur la droite, tu as la circulation. Les trottoirs sont assez larges. Tu as la circulation qui est là... Les gens qui sont sur ma gauche qui sont là. Donc, il y a pas mal d'espace ! Et puis ma voix n'est pas renvoyée/ Les bruits ne sont pas renvoyés en fait... Comme s'ils s'en allaient au loin, sur la droite... Là, il y a un obstacle ! Escaliers ? On descend, donc je pense qu'on va à la Marquise ou quelque chose comme ça ? »

05:40. Berges.

La Marquise ?

« Oui, la péniche sur la berge ! Tiens, sur la gauche, de la musique... on dirait ? Je ne sais pas trop. Un petit groupe de musiciens... Alors est-ce que c'est une péniche parce qu'il y en a beaucoup ici ! Il y en a pas mal de péniches qui proposent de venir swinguer [Rires de l'accompagnatrice] ou bien écouter du Blues. J'en ai fréquenté quelques-unes... j'ai même participé à la fête de la musique ici ! »

06:20. Berges.

Ah, c'est intéressant !

« On descend. Là, tu vois, on n'entend plus la circulation ! On est descendu... La circulation qu'on entend est très haut... là-haut. Au fait, je sais nager aussi ! Dans le parcours, je ne sais pas si c'est prévu ? [Rires]

Non, non, je ne vais pas t'amener à l'eau !

« Alors, là tu vois, il y a le vent qui est face à nous. Donc, c'est dégagé en face, c'est certain... »

07:00. Berges.

Que dirais-tu de notre environnement ?

« Je pense qu'on est sur le quai. Là, c'est encore plus dégagé que tout à l'heure, sur la gauche et sur la droite... Je me demande s'il n'y a pas une piste cyclable là ? Non ? »

Peut-être !

« Il y a eu trois vélos quand même ! Donc, ils ont dû aménager une piste cyclable, il n'y a pas très longtemps... Parce que ça n'y était pas. Il y a un roller qui file tout droit ! Bon, s'il file tout droit, on doit avoir le Rhône plutôt sur notre droite ? »

08:05. Berges.

Plutôt sur notre droite le Rhône ?

« *Attends, je vais te dire ça. On a traversé... Non, franchement, je ne peux pas te dire... Attends ! Il y a du monde là ! Il y a une circulation qu'on entend là et là-haut ! Mais vraiment là-haut ! Donc, ça peut être là aussi !* »

Le Rhône peut être là aussi ?

« *Oui, je pense ! Heu, je ne sais pas, je ne pourrais pas dire... Aucune idée. En tout cas, il était parallèle à la piste cyclable ! J'ai le sentiment...* »

09:05. Berges.

Qu'est-ce qui te fait dire ça ?

« *Ben, je les vois mal aménager un truc perpendiculaire, si tu veux !* »

En effet !

« *Ah, du gravillon... Donc, les personnes assises sont sur des bancs, c'est ça ? Donc... c'était sur ma gauche, tout à l'heure, le Rhône. Alors, là, on va remonter ! On revient vers la circulation ?* »

10:15. Berges.

Comment tu te sens là ?

« *Ça va... C'est agréable. Et pollué surtout ! [Rires] En tout cas, pas de stress, ça va ! Mais c'était plus agréable en bas.* »

Pourquoi ?

« *Moins de circulation, moins de sons ! [Bruit de feu sonore]* »

Tu passes au rouge ?

« *Je ne sais pas, j'écoutais les voitures ! [Annonce du feu sonore] Attends, les messages sont différents ?* »

Tu écoutes plutôt le bruit des voitures ?

10:55. Rue.

« *Oui ! Allez, hop, on y va ! Pour te répondre, en fait, ça dépend du carrefour. Si je sens que ce n'est pas compliqué et que la rue est plutôt étroite, je sais qu'il n'y a pas de risque... Donc, voilà. Je peux m'aventurer à traverser dès qu'il n'y a pas de voitures...* »

D'accord !

« *Alors que là, il y a un feu qui n'était pas compliqué, enfin je ne l'espère pas ! Ce n'était pas un carrefour ?? C'était un T je pense ?* »

Comment est l'environnement ici ?

« *C'est toujours moins agréable que sur les quais... C'est moins agréable, oui. Dès que tu reviens à la circulation, ça redevient forcément moins évident !* »

Pourquoi ?

« *À cause du bruit, toujours pareil... Mais en même temps, c'est une indication ! Moi, je garde une trajectoire plutôt rectiligne parce que je sais que la circulation est à ma droite. Donc, je n'ai même pas besoin d'aller toucher ce mur-là ou le trottoir ici, si tu veux. Je peux rester pile-poil au milieu du trottoir.* »

12:05. Rue.

D'accord !

« *Alors là, on est en train de descendre. Enfin, pour moi, hein... Le trottoir s'incline et on s'éloigne du Rhône. Et, j'ai le sentiment, mais ce n'est pas certain encore, qu'on est à une parallèle de ce qu'on avait pris tout à l'heure pour regagner le Rhône ?* »

Ah oui ?

« *Et qu'on la prise un peu plus sur notre droite forcément puisqu'on est remonté sur la droite !* »

13:00. Rue.

Pourquoi tu dis ça ?

« *Parce que, en fait... C'est, ma représentation mentale. Je vais t'expliquer comment elle fonctionne. C'est un... si on veut prendre une image pour comparer la chose, ce serait plutôt un puzzle ! Donc, moi, je ne connais pas forcément tous les endroits où je vais. Je vais volontiers à l'aventure... Mais petit à petit, j'assemble ces morceaux. Ça peut être parcellaire au début. Mais, tu m'as montré un petit quartier-là !* »

C'est intéressant !

« *Il se trouve que je connais la Guillotière, tout ça, mais je ne connaissais pas forcément cet endroit. Eh ben, dans ma représentation mentale, je vais raccrocher tous ces morceaux un peu épars !* »

Aux précédents ?

« *Oui, tout à fait ! Alors, ce n'est pas toujours aussi précis qu'un voyant, ça c'est clair, mais c'est comme cela que je fonctionne. Morceau par morceau, tout s'imbrique au bout d'un moment... Et puis des fois, il reste des cases ou des morceaux où c'est le vide du puzzle, où c'est pour moi l'inconnu, mais en même temps ça ne dérange pas d'y aller. Et d'aller découvrir l'endroit ! Au contraire, ça va me permettre de le compléter, peut-être de gagner en efficacité dans la locomotion, parce qu'il peut y avoir des raccourcis par cet endroit-là ! Etc. etc. »*

14:15. Rue.

C'est très intéressant !

« *Alors, là, on revient dans un espace assez... je ne sais pas, je dirai large ! Il y a assez peu de monde dans ce coin ! Il y a le tram là-haut, qu'on entend passer, qui arrive, vers nous... Il est proche !* »

Proche de nous ?

« *Oui. À trois mètres, trois ou quatre mètres. En tout cas, on longe la ligne des rails du train... Ah, je me demande si ce n'est pas le cours de la Liberté, ça ?* »

15:00. Rue.

Le cours de la Liberté ?

« *Le tram, il passe par là, alors forcément... Ah, petite rue, étroite si on peut dire ! [Tintement de la canne contre un poteau] Poteau !* »

16:20. Ruelle B.

Comment tu te représentes l'espace ici ?

« **Comment je me le représente ? Ben, ça ne m'inspire rien du tout... C'est une petite rue. Elle n'est pas animée en tout cas ! Pas très commerçante... Elle est perpendiculaire au cours de la Liberté. C'est plutôt résidentiel pour moi. On entend des oiseaux pas loin...** »

Et voilà, rue Jean Larrivé... tu es arrivé !

« **D'accord, OK** »

Comment ça s'est passé ce parcours ?

« **Bien, bien !** »

Lilou est une femme de 28 ans, ayant perdu la vue tardivement à partir de 8 ans. Elle se déplace à l'aide d'une canne banche et se montre très à l'aise dans la locomotion lors de ce trajet.

00:00. Ruelle A.

Chercheur : C'est bon ? Voilà je me mets à votre droite. Ça commence maintenant !

Participant : « *C'est une rue plutôt calme. Le trottoir n'a pas l'air super-encombré, donc jusqu'à maintenant. Il y a des voitures sur le côté que je sens. Je ne sais pas si on vous a parlé du sens des masses mais voilà. Donc, je sens les voitures. Je ne les vois pas, je les sens vraiment. Les gens qui ne connaissent pas grand-chose appellent ça un 6ème sens. En fait ça s'appelle le sens des masses ; on sent une espèce de déplacement de l'air ; en fait, c'est l'air qui cogne sur un obstacle quand il est gros ; quand il est petit ça ne sert à rien. Voilà ! C'est pour cela qu'on peut éviter les voitures. Je sens les voitures à ma gauche et le mur à ma droite. C'est pour cela que je ne prendrai ni l'un ni l'autre.* »

01:00. Ruelle A.

Donc vous vous situez assez bien ?

« **Oui, oui !** »

Vous pouvez utiliser la canne.

« *Moi, je n'utilise jamais la canne quand je suis au bras de quelqu'un. Tiens, il y a des travaux de l'autre côté. La rue dans laquelle on vient de tourner est a priori assez calme aussi, sauf un camion qui est garé en plein milieu de la route !* »

01:35. Ruelle A.

Qu'est-ce qui vous fait dire ça ?

« **Je l'entends ! J'entends le moteur... Ça ne roule pas. C'est sur place ; c'est donc un camion garé sur la route.** »

Comment vous sentez-vous pour le moment ?

« **Tranquille ! Ça va ! C'est agréable ici.** »

02:00. Ruelle A.

On va tourner. On laisse passer ce camion. On descend, hop ! Vous pouvez continuer à décrire ce qui vous entoure.

« **Cette rue-là dans laquelle on vient de tourner est calme aussi ; il n'y a pas de camion en plein milieu de la route, des voitures qui roulent... Et c'est agréable** »

parce que le trottoir n'est pas encombré ! Ce qui n'est pas évident dans une grande ville où on se gare. »

02:55. Rue de la Gare.

Que dire de l'environnement ici ?

« C'est vraiment calme parce que c'est une petite ruelle, mais... voilà ... C'est toujours agréable pour l'instant ! [Choc] Un obstacle !... On va monter des escaliers ? »

Oui ! Vous avez l'habitude de traverser un quartier comme celui qu'on vient de passer ?

« Oui, parce que j'ai fait mes études à Paris; Je me promenais beaucoup sur les bords de Seine, le quartier latin, tout ça... et après j'ai rencontré mon copain à Marseille où j'ai vécu 8 ans. J'ai fait tous les environnements possibles et imaginables ! Savoir les petits quartiers mal entretenus très encombrés comme la mer, la plage... »

04:25. Place.

Vous entendez-là, le feu sonore ?

« Oui ! Mais je ne m'en sers pas beaucoup. Je me fie bien à la circulation... Je l'ai sur moi la télécommande : elle est là, mais.... Sauf si c'est un carrefour super-compliqué, je ne m'en sers pas ! »

Il est comment ce carrefour-là ?

« Pour ce que j'en perçois, ce qui n'est pas une vérité, c'est un grand carrefour. Il y a des voitures qui roulent sur la droite. En locomotion, ils appellent ça soit des carrefours en T, donc si c'est un T, soit les carrefours en croix. Là, il y a une grande rue sur la droite. Donc pour ça, j'ai plus l'impression que c'est... un carré avec une route sur le devant et une rue à droite ! »

05:20. Place.

Comment vous sentez-vous ?

« Ça va ! Donc là, c'est un environnement assez dégagé, ce qui est pour nous assez compliqué parce qu'on n'a pas de point de repère en fait ; c'est-à-dire qu'il faut une grosse masse, un mur ou... je ne sais pas, quelque chose pour aller droit en fait ! Ah, j'entends des enfants ici ! »

06:05. Place.

C'est quoi ce bruit ?

« Vu ce qu'il en fait, je ne suis pas convaincue que cela soit un vélo sauf s'il descend les marches avec... Vélo ou trottinette... Ben oui ! Vélo puisqu'il roule avec, c'est un vélo ! »

06:30. Berges.

D'accord ! ... Comment vous percevez votre environnement ici ?

« Mon environnement est dégagé, calme et agréable ! On est sur un pont parce qu'il est en bois ! Voilà, on est sorti du pont, on est descendu du pont. On a traversé ! »

D'accord !

« Là, on passe sous une voûte, enfin sous un pont ou une voûte ! »

07:30. Berges.

Qu'est ce qui vous fait dire ça ?

« **La résonnance ! Là, on est sorti !** »

Toujours avec la résonnance ?

« **Toujours avec la résonnance !** »

Comment vous vous sentez là ?

« **C'est agréable. Et puis bon : ce n'est pas la mer, mais c'est presque pareil ! Il y a des gens au-dessus, sur les... pas sur les quais, sur la rambarde en haut à droite ; il y a un vélo qui vient de passer à gauche... et des gens qui se promènent !** »

08:25. Berges.

Comment est l'environnement ici ?

« **C'est vaste ! C'est dégagé et c'est calme... et on peut marcher à quatre sur la même largeur... parce qu'il y a des personnes qui sont passées tout à l'heure ! Cela veut dire que c'est large ! ... Tiens, un autre pont... parce qu'il est en bois ! On est redescendu, donc on va remonter des marches ?** »

09:30. Berges.

Oui ! C'est comment ici ?

« **Le revêtement du sol est super gênant... parce que la canne se prend dedans ; Si la canne se heurte à quelque chose, c'est gênant voilà !** »

10:05. Berges.

Ce qui est gênant c'est sur l'escalier ou sur le palier ?

« **Non ! Sur les paliers ; les escaliers sont en béton... C'est juste que la terre, la canne se prend dedans. Quel que soit le type de revêtement d'ailleurs ; si c'est une plaque d'égout c'est pareil, c'est un peu gênant. C'est mieux quand c'est plat !** »

10:30. Rue.

D'accord. C'est comment ici ?

« **Ca change d'ambiance. On est revenu sur la route après les escaliers. On va traverser ! Ça circule beaucoup !** »

Comment vous vous sentez ?

« **Pas stressée ! Pas stressée parce que j'ai l'habitude !** »

11:00. Rue.

[Bruit de feu sonore rouge] Là, vous traverseriez là maintenant ?

« **Si c'est moi toute seule, oui ! Parce qu'il n'y a pas de voiture. Et puis je les entends assez loin pour savoir qu'il n'y a pas de danger. Allez, on y va.** »

Le feu était rouge quand nous sommes passés !

« **Oui, je sais ! Non, mais moi je traverse ! Parce que je suis quelqu'un d'assez speed, je n'ai pas de patience. Puis deux minutes... je n'ai pas envie. Si je vois qu'il n'y a pas de danger évidemment !** »

On revient à notre petite description ?

« [Bruit d'entrechoquement de métal]... Tiens... des travaux qu'on atteindra sûrement ! »

C'est le bruit qui vous fait dire cela ?

« Oui ! Le bruit de tôles, de gros matériels ! » « Ça circule ! Il y a le tram pas loin... et ça circule un peu ! »

Comment vous sentez-vous ?

« Toujours tranquille »

12:30. Rue.

Comment est l'environnement ?

« Je ne perçois pas de masses... Comme là, la route qu'on vient de traverser; Je sais qu'on traverse parce qu'on descend. Je sais qu'on traverse parce que ça descend et qu'il y a un vide à gauche. Voilà, ce sont les deux éléments qui me font dire qu'il y a une route... Là, le trottoir est encore relativement dégagé... Oh, il est très dégagé même ! »

13:05. Rue.

Ça serait une ballade que vous feriez toute seule ?

« Oui ! La partie qui est sur les quais. ...Après non ! »

Pourquoi ?

« Parce que ce n'est jamais très agréable de se promener en ville... Par contre sur les quais oui ! Sur une grande avenue où il y a des boutiques, oui si je suis avec quelqu'un. »

13:30. Rue.

Avec quelqu'un ?

« Oui... Parce que ce n'est pas mon tempérament ! Je ne me promène pas pour me promener, sauf si c'est un endroit agréable, ce qui n'est pas... Je ne suis pas stressée mais je veux dire que je ne sens pas l'utilité de marcher sur un trottoir dans une ville pour aller je ne sais pas où ! »

13:50. Rue.

Et on tourne. Ici, comment vous vous représentez l'espace urbain ?

« Ici, c'est un trottoir assez large ! Je sens le mur à ma gauche qui est loin. Et toujours dégagé, pas de mobilier urbain trop gênant. Et là, je sens quelque chose... Je sens quelque chose en fait... On sent, on a le sens des masses mais on ne sait pas si c'est dû à quelque chose de très loin devant, c'est à dire des marches ou quoi ou bien si c'est un dépassement de mur sur le haut, c'est-à-dire une terrasse en hauteur ou un truc comme cela. C'est vrai que c'est assez trompeur si on est loin. En plus moi j'ai le sens des masses super-prononcé ; donc c'est dire que la moindre chose je la sens... ben, je la sens... mais je peux me tromper. [Bruit du tram]... Le tram ! »

15:00. Rue.

Oui ! Il est bruyant ?

« *Ben oui ! J'ai le sens des masses assez prononcé. Je me trompe rarement ! Il m'arrive de me tromper aussi... Parce que je crois qu'il y a des marches au bout... mais en fait, non, ce n'est pas ça ! C'est un balcon en haut en fait.*

15:30. Ruelle.

Il aide ce sens des masses ?

« *Oui, oui ! Pour moi oui ! Il y en a qui ont la perception plus ou moins développée. C'est vrai que moi, je l'ai pas mal. Et c'est super-trompeur en même temps... Ben parce que les gens croient qu'on voit, qu'on voit un peu je veux dire. Donc, c'est souvent trompeur. Et puis ça peut porter préjudice aussi parce qu'on ne nous croit pas forcément tout le temps... Surtout si on n'a pas les yeux abîmés en fait ! C'est vrai que si les yeux ne sont pas touchés, qu'on a le sens des masses très prononcé, qu'on évite les trucs à deux mètres, alors qu'on a la canne à la main, qu'on dit qu'on ne voit rien du tout ! Les gens se posent des questions ! On traverse un trottoir étroit, plus étroit que ceux qu'on a pris jusqu'à présent, un peu en pente et calme ! C'est une rue calme ! Ça ne circule pas du tout !*

16:40. Ruelle.

Comment vous sentez-vous ?

« *C'est agréable... Je me sens assez en sécurité ici.* »

17:00. Ruelle.

Alors là on est arrivé. Nous sommes rue Jean Larrivé. Quelle est votre impression globale sur la totalité du parcours ?

« *Parcours pas trop encombrant, c'est-à-dire par rapport au mobilier urbain, je trouve, après peut-être parce que vous marchez à côté de moi, du coup, vous n'allez pas me faire prendre des trucs quand même! Ça ne se fait pas ! Non, mais pas trop encombré, et une partie très agréable, donc forcément parce qu'on est sur les berges donc c'est plus agréable ; il y a des avenues qui circulent plus et a contrario des rues où ça ne circule pratiquement pas. Et donc globalement pas stressée.*

Sonia est une femme de 32 ans. Elle a perdu progressivement la vue dans l'enfance. Elle se déplace avec sa canne blanche de façon fluide et prudente, et se montre très attentive à son environnement.

00:00. Ruelle A.

Chercheur : Voilà ! C'est parti !

Participante : « Donc là, il y a une poussette devant nous. Là, ça a l'air d'être une rue pas trop encombrée comme là où l'on était tout à l'heure, où il y avait plus de circulation ! »

D'accord.

« *Il me semble qu'il y a des magasins, des odeurs... il y a des épices ou je ne sais pas ce qu'il y a à côté, là... C'est un petit magasin, oui. Il doit y avoir un toit ! Enfin, au-dessus...*

01:00. Ruelle A.

Qu'est-ce qui vous fait dire ça ?

« C'était un petit peu le côté fermé des choses... Comme si j'étais entourée. [Bruit de toux d'un passant] Là, il y a des gens autour. Ça m'a l'air d'être une rue bien commerçante en tout cas... Là, je sens des ouvertures de magasins. Là, on tourne à droite ! C'est donc la rue perpendiculaire à celle où on était. Là aussi, c'est... on sent...je ne sais pas, un magasin ou un restaurant, je ne sais pas ! »

Ça sent quoi ?

« Ça sent une cuisine un petit peu exotique. »

01:50. Ruelle A.

« Donc, là aussi, c'est une rue assez calme. Rien à voir avec notre point de rencontre... Là, je pense que c'était une sortie de garage à l'instant ? Il y avait comme un abaissement du trottoir. »

Exactement.

« Là, je crois qu'il y a des vitrines à côté, mais... Pas d'ouverture. »

Des vitrines ?

« [Rires] À côté... enfin, au niveau des murs je dirais que ce n'était pas un mur franc. On ne sent pas vraiment un mur en béton... On sentait un petit peu quelque chose de lisse, un mur un peu lisse, un peu vitré quoi ? Alors là, on est parti sur la rue perpendiculaire à celle qu'on vient d'être, où on a traversé. »

02:55. Ruelle A.

« Et puis là, donc on est... on a le mur qui est sur la gauche maintenant. Un abaissement là, au niveau du trottoir. Une rue assez calme, là aussi ! Je parle trop ou ça va ? [Rires] »

Non, non, c'est parfait au contraire !

« Au niveau de l'air, je sens une arrivée d'air assez importante. Donc, qui me signifie qu'on va peut-être arriver sur une place... »

De l'air ?

« En tout cas, c'est beaucoup plus large ! Enfin, ça va s'élargir parce que l'air qui vient... Donc là on monte des escaliers. Ah, donc, d'où l'air peut-être qui venait ? »

03:55. Place.

C'est l'air qui vous aide ?

« Oui, oui, tout a fait. Ça donne un indice assez important quand même... Voilà : donc, là, c'est très large pour moi. Enfin, je sens... je ne sens pas un immeuble tout de suite à côté par exemple... Donc un peu comme une place. »

Oui ?

« Donc, là, on va sur la perpendiculaire de la rue où on était. Et par contre, là, normalement, il doit y avoir le mur sur ma droite ? »

Exactement !

« Donc, ça a l'air plus spacieux. De mon côté gauche, oui, oui... beaucoup plus spacieux. Et là, par contre, une circulation beaucoup plus importante que les rues

où on était tout à l'heure... Donc là, un feu sonore. Ah, maintenant, c'est vert pour nous. »

04:55. Place.

Oui ?

« Mais je n'ai pas entendu le nom de la rue, exactement ! Elle dit "Rouge piéton" mais je ne sais quelle rue c'était... Il y a trop de bruit. »

On en reparlera tout à l'heure. Et ici alors ?

« Donc, là, pour moi, c'est... on est comme dans une place, en fait. Oui, pour moi, ça fait vraiment place. Des voitures qui sont sur ma droite, mais je peux imaginer que comme il n'y a pas de mur sur ma gauche, ça a l'air d'être une place... Donc, il y a de la circulation de l'autre côté, mais beaucoup plus loin ! Et je sens... enfin, je ne sais pas, j'ai l'impression qu'il y a un peu des arbres... Enfin, chaque fois que je marche, je pense qu'il y a des arbres un petit peu sur le long du chemin... ou des poteaux. »

Des arbres ?

« Donc, là on traverse une route. Les arbres, ça veut dire que, quand j'avance, c'est comme si je sentais comme un grand bâton en fait. Mais, ça passe très vite... Donc, c'est ou un arbre, ou un poteau pour moi. »

05:55. Place.

D'accord !

« Donc, là, on est... on a... c'est comme si on avait quitté la place, enfin si c'est une place ? [Rires] Et on est sur l'autre côté de la place. Escalier qui descend ! Ah donc, ça fait un peu une symétrie par rapport à où on était tout à l'heure pour moi, là ! Parce que tout à l'heure on a monté des escaliers, on se retrouve sur une place, et là de l'autre côté, il y a des escaliers qui descendent, un peu comme une symétrie... »

D'accord, c'est noté !

« [Rires] Donc, là, il y a des enfants qui sont en train de faire du skate. Voilà, oui, je pense que c'est du skate ? »

C'est ça !

« Donc, c'est les vacances, ce qui explique qu'ils sont là ! [Rires] Et là, on redescend encore ! Donc, je crois savoir, si je ne me trompe pas, qu'on est sur les berges... Avec la musique et des gens qui jouent de la guitare là-bas. Ça fait ambiance berges, et comme je connais un peu... enfin, je sais qu'il y a un coin où les enfants jouent... enfin font du skate, donc pour moi, ça me rappelle ce coin-là ! »

07:20. Berges.

« Pour moi c'est très, très clair devant moi ! C'est très, très dégagé en fait comme un espace... Donc, là, on est sur une autre nature du sol. Là, quelqu'un vient de passer à vélo ! Oui, pour moi, ça me rappelle les berges. »

On est sur les berges du Rhône ?

« Oui, c'est ça ! [Reniflements] Donc, un peu une odeur de... effectivement de... de fleuve ! »

Une odeur de fleuve ?

« Oui ! »

Ça sent quoi ?

« Ça sent l'eau... ça sent l'eau... du Rhône, quoi ! [Rires] »

08:05. Berges.

« L'eau polluée... Bien verte... [Rires] Ah, là, il y a un écho ! Comme si on était passé... je ne sais pas ! Pourtant je ne sens pas de pont ? Mais, je ne sais pas, un écho en fait dans la voix, quand je suis passée. »

Comme un pont ?

« Ah, c'était ça alors, oui... Donc, là, c'est très dégagé, il y a de l'air à ma... à ma gauche, donc c'est là, le Rhône. »

Comment vous sentez-vous ?

« C'est agréable. Surtout au bras de quelqu'un avec qui on n'a pas à stresser ! »

Toute seule ici, vous seriez stressée ?

« Ah oui, complètement ! Personnellement, je ne serais jamais venue ici toute seule... Non, parce que justement c'est très compliqué. »

09:00. Berges.

Compliqué ?

« Parce que d'abord il faut trouver l'entrée des berges, chose qui n'est pas facile. Ensuite, est-ce qu'on est bien sur la piste cyclable, est-ce qu'on est sur... là où marchent les piétons ? Et comme, en fait, quand on n'y voit pas, on ne marche pas droit ! J'aurais toujours peur d'aller trop vers la gauche et donc vers l'eau ! »

D'accord ! Donc une peur de tomber dans l'eau ?

« Oui, oui ! [Rires]... Donc il y a des gens là-bas sur ma droite qui rigolent, qui doivent être en groupe. Un vélo qui nous dit "poussez-vous" là ! »

09:55. Berges.

Là, on tourne à droite !

« Des gens qui courent... »

Qui font du sport ?

« Oui, j'espère... Donc là, on se dirige comme si on sortait, peut-être ? »

On sort des berges ?

« Voilà, tout à fait... Des escaliers qui mènent là haut. »

C'est comment ici ?

« Il y a plusieurs séries de marches séparées par des paliers un peu sableux. »

10:50. Berges.

Oui ?

« Et fatigantes ! [Rires]. Voilà, on arrive en haut. On entend la circulation des voitures.... Et là, je sens une bande podotactile pour traverser effectivement le feu rouge. »

Le feu est rouge ?

« **Oui ! Vous avez remarqué la bande podotactile au sol ? Je les cherche en général. Mais ce qui m'aide beaucoup surtout, avant de trouver la bande podotactile, c'est quand il y a un feu sonore : je me dirige vers le son du feu !** »

D'accord ! Alors, ici, comment vous vous représentez l'environnement ?

12:15. Rue.

« **Alors... on est sur une rue. Donc, le bâtiment est sur ma gauche. Donc, là un abaissement... une rue. Voilà, on traverse une rue.**

C'est l'abaissement qui vous a fait dire qu'on traversait une rue ?

« **Oui, tout à fait, l'abaissement, oui, oui, et l'ouverture... Voilà, une petite rue assez calme, là, ça va. Pas trop de circulation, donc tranquille en fait quand on veut marcher ! Il n'y a pas trop de stress !** »

Là, ce n'est pas stressant ?

« **Non, pas stressant, parce que justement... il n'y a pas trop de circulation. Donc pas trop de bruit... Donc, là, on a traversé une autre rue !** »

13:00. Rue.

Oui ?

« **Je l'ai senti avec... pareil ! L'abaissement du trottoir ! Ici, ça va, c'est agréable... Il y a des gens devant nous !** »

Oui ?

« **Un groupe d'hommes ! Je peux le dire à la voix... »**

D'accord !

« **Et qui restent immobiles, en fait ! Qui ne bougent pas... Un vélo ! C'est une rue bien tranquille. Oui !** »

14:00. Rue.

Vous avez l'habitude de vous déplacer dans ce genre de rue ?

« **Ici, dans ce quartier ? Non. Une moto qui est partie de l'autre côté sur la perpendiculaire que l'on suit ! Là, on a tourné à gauche ?** »

Oui.

« **Là, ça a l'air... Par contre... peut-être plus de circulation, une rue beaucoup plus large ! Je le sens par rapport à l'espace... Il y a une petite terrasse là, je crois ! Non ? Pas une terrasse, mais des gens qui discutent ?** »

14:40. Rue.

Oui, c'est ça !

« **Une rue plus importante celle-là, je pense, que celle qu'on vient de passer. Donc, il y a de la circulation et des gens qui marchent, là. Il y a un petit enfant là-bas, que j'entends... qui marche aussi. Les trottoirs sont, j'ai l'impression, un peu plus larges là ! Je ne pense pas qu'il y ait trop de magasins dans cette rue ? Ça fait... non, peut-être plus habitation ?** »

Qu'est-ce qui vous fait dire ça ?

« *Parce que je ne sens pas... comme au tout début des entrées de magasins ! Des choses comme ça, en fait !* »

16:00. Rue.

D'accord !

« *Il n'y a pas spécialement d'odeurs spécifiques, aussi. Là, on va arriver à un croisement ! [Bruit de moteur de moto] Je le sens par rapport à la moto là !* »

D'accord !

« *On tourne, là... ça dépend, là. Je ne sais pas... On tourne, voilà, sur la gauche !* »

Hop, on a évité des personnes !

« *OK ! Là, on retrouve une rue calme comme la parallèle de tout à l'heure. J'apprécie bien ce genre de rue. Là, un abaissement... Je pense à un garage ? Une entrée de garage, oui. Là, on va traverser. Je le sens par rapport à l'abaissement de trottoir !* »

17:20. Ruelle B.

D'accord ! Voilà ! Rue Jean Larrivé... nous sommes arrivés ! Alors, une première impression sur ce parcours, sur cette première étape ?

« *Mon impression ? On est passé par des endroits très calmes et aussi, à la fois, où il y avait beaucoup de circulation ! Mais, bon... comme je vous le disais, tant qu'on est à un bras, on n'est pas stressé quoi !* »

18:15. Ruelle B.

D'accord !

« *Seule, surtout moi au niveau des berges, oui, j'aurais vraiment, je pense, été très, très, très stressée ! Oui, oui ! C'est sympathique de se balader comme ça ! Là... si vous le voulez... les abaissements de trottoirs, les choses comme ça, on ne s'en rend pas compte, en fait ! Notre cerveau, je pense qu'il analyse immédiatement. Mais le fait de le sentir et de le dire, c'est vrai que ça... comment dire ?* »

19:05. Ruelle B.

Ça vous perturbe ?

« *Non, ça ne perturbe pas, mais on essaie de se dire mais en fait 'Il y avait bien tout ça !' C'est tellement automatique, si vous voulez, dans le quotidien, qu'on ne réalise pas que... en fait, quand on le dit, il y a effectivement un certain nombre de choses pour nous aider en fait !* »

Oui, je comprends.

« *Là, enfin, on le vit, si vous voulez, au quotidien... Mais là, on le dit ! Et quand on le dit, on se rend compte effectivement, enfin, qu'il y a vraiment des choses pour nous aider, en fait, oui !* »

D'accord !

« *Et que ça pourrait se développer encore davantage à des endroits.* »

Davantage ?

« *Oui !* »

Frank est âgé de 56 ans. Il a perdu tardivement la vue. Il se déplace régulièrement pour aller travailler, à l'aide de sa canne blanche. Il apprécie beaucoup la randonnée en montagne et à la campagne, plus que les déplacements urbains.

00:00. Ruelle A.

Chercheur : Alors on est parti ! Donc, on est sur le début du parcours.

Participant : « Eh bien, tout de suite on est plus au calme, par rapport au point de rendez-vous ! »

Plus au calme ?

« Oui. On est plus au calme... Bon, c'est une rue qui paraît, ma foi, pas très passante. Est-ce qu'elle serait piétonne, je n'en sais rien ? Je ne peux pas le dire maintenant. Mais, finalement, on se croirait... ça fait du bien. Ça repose la tête ! »

Vous aimez mieux ce genre de rue là ?

« Ah, oui, oui, bien sûr ! Moi, je suis ce qui est bruit, mais un petit peu de circulation, une voiture de temps en temps ou un truc comme ça, ça permet de savoir un petit peu l'orientation de la rue, des trucs comme ça, quoi, hein. »

D'accord !

« Comme là, par exemple, il y aurait une voiture qui arriverait un petit peu de loin, je saurais si... Là, on n'en sait rien ! Là, c'est un peu le vide... »

01:00. Ruelle A.

Le vide ?

« Oui, c'est le vide ! Il n'y a pas l'air d'y avoir beaucoup, beaucoup de personnes sur les trottoirs. D'ailleurs, je ne sais pas si c'est un trottoir ou une rue ? Là, on vient de tourner à droite ! Là, il doit y avoir peut-être une boulangerie pas loin... Non, pas sûr ! J'ai entendu une petite vibration-là, un petit ventilateur... »

Oui, c'est un ventilateur ! On est passé à côté.

« Oui ! Bon, on a croisé quelqu'un qui ne nous a pas dit bonjour ! »

Ah ? [Rires]

« Ça m'arrive dans les rues comme ça, quand il n'y a pas beaucoup de monde, quand je suis tout seul, si je croise quelqu'un, de dire bonjour ! Des fois, j'ai une réponse ! »

Parfois, vous avez une réponse ?

« Oui, oui, et c'est comique ! Des fois les gens s'arrêtent et vous disent s'ils vous connaissent ou quelque chose comme ça... Et, ça m'arrive parfois de les connaître ! D'abord, moi, je travaille vers Vaise, dans des rues où il n'y a pas beaucoup de monde non plus sur les trottoirs... »

02:00. Ruelle A.

On continue par ici.

« Et là, on arrive dans la circulation un petit peu ! Donc, des fois c'est même des gens qui me disent bonjour ! C'est rare, mais ça m'est arrivé il n'y a pas très longtemps qu'une personne me dise bonjour. »

D'accord !

« **Donc, là, c'est toujours pareil... On est toujours dans le même genre d'endroits.** »

Vous le qualifiez comment cet endroit ?

« **Là, ça devient plus large ! Il y a de l'espace ! D'ailleurs, il y a de l'air !** »

De l'air ?

« **Oui. Mais, bon... Est-ce que c'est vrai ? Je n'en suis pas sûr ! Ça me fait l'impression d'avoir un peu plus d'espace ! On est dans une rue ? On a changé de rue ?** »

Oui !

« **Donc, c'est la rue je ne sais pas quoi ! À mon avis, si, c'est quand même plus large que là où on était !** »

Ça vous paraît plus large ?

« **Oui ! Peut-être que je me trompe ! Mais je dis ça à cause du vent et puis... bon : ce n'est pas étouffant ! Et on n'a pas la même sensation au niveau de la résonnance d'ailleurs avec la canne... on n'a pas cette sensation de resserrement !** »

03:00. Ruelle A.

On a des escaliers devant nous.

« **C'est le nouveau truc qu'ils ont fait pour accéder au quai ? Pas sûr !** »

Pour accéder au quai ?

« **Je pense qu'on n'en est pas loin ! Il y a de plus en plus d'air... Et que j'ai l'impression qu'il y a un espace qui se dégage devant moi !** »

De l'espace ?

« **Oui, J'ai vraiment une impression d'espace ! Et puis, bon, c'est peut-être... Tiens il y a un aveugle pas loin ?** »

Non, c'est notre télécommande ! C'est Sarah qui est à côté, qui a une télécommande.

03:55. Place.

[Arrivé au croisement de la rue Cavenne]

Est-ce que l'on traverse ?

« **Non, pas trop ! Je n'en sais rien ? Je n'ai pas encore repéré... Alors, je vais vous dire : je ne sais pas ! Je vais essayer de... Là, je ne me lancerais pas tout de suite !** »

Vous vous ne lanceriez pas tout de suite ?

« **Non, non, parce que je n'ai pas repéré le... tout, tout comment ça va ! Dans ce cas-là, moi, ce que je fais, j'attends un cycle du feu ! On aurait pu ... je ne sais pas ce qu'on va traverser mais je pense qu'on aurait pu traverser puis que les... Allez, on y va alors !** »

On y va ?

« **Oui !** »

Comment vous sentez-vous ce genre d'endroits ?

« **Pas très bien...** »

Pas très bien ?

« **Non ! je n'aime pas trop parce que d'abord, je n'ai pas repéré le début... En plus, le feu, il n'est pas pour nous, là, si ? Le ding ding-là était pour nous ?** »

Oui !

« **Eh ben ! Et on a traversé là ?** »

A votre avis on est dans quel genre d'endroits ici ?

« **Là, je crois qu'on est en bordure... on est dans une espèce de rond-point... c'est un grand carrefour toujours !** »

05:05. Place.

C'est un grand carrefour ?

« **Oui, c'est un grand carrefour et ce qu'on a traversé là-bas... mais je n'en ai aucune idée ! J'avoue franchement que je n'ai aucune idée de ce que j'ai fait ! On a traversé un truc où il n'y avait pas de dénivellation pratiquement ! Et en fait j'ai senti quelque part sous les pieds des bandes de vigilance, mais il n'y avait pas du tout de dénivelé et ça m'a perturbé un petit peu !** »

D'accord !

« **Là, c'est une rue à grande circulation bien sûr ! [Tintement du feu sonore] J'entends le truc, mais je n'arrive pas à le repérer, je ne sais pas... Ça manque de repère ici !** »

Ça manque de repère ici ?

« **Oui, ce n'est pas précis, parce que là, on longe cette rue... ce quai ou je n'en sais rien !** »

05:55. Place.

Alors, on va faire un petit virage sur la gauche ! On tourne un petit peu sur la gauche et puis on va continuer notre ballade !

« **On descend ! Voilà ! C'est ça ! Vous êtes en train de me faire traverser le truc... la fosse aux Ours, c'est ça, non ?** »

Vous connaissez un peu le quartier ?

« **Je le connaissais avant... Mais là, je crois qu'ils ont tout modifié la configuration ! À mon avis, on va arriver sous un petit soubassement-là. On est enterré déjà là, par rapport à la circulation...** »

C'est différent ici ?

« **Oui ! Là, c'est très différent. Le soir, ça doit être glauque ! En fait, c'est quand même... je pense qu'avant il y avait... c'était plus fermé que ça ! Ça faisait un souterrain, tout ça, pour traverser ! Parce que là, apparemment c'est moins fermé qu'avant...** »

07:00. Berges.

Moins fermé ?

« **Oui, plus ouvert que ce qui existait avant et il n'y a pas... il y a des oiseaux d'ailleurs, il n'y a pas la même sensation ! En plus, avant, je ne sais pas si vous connaissiez ?** »

Oui !

« *Quand on traversait, c'était plutôt un lieu de commodités ! [Rires]* »

Oui, oui, tout a fait !

« *Ça ne sentait pas très bon ! Là, il n'y a pas cette sensation... On est sur les berges du Rhône !* »

Comment vous savez ça ?

« *Parce qu'il y a un grand espace et il y a des oiseaux... Et puis il y a du vent ! Et puis les bruits sont assourdis ! On sent qu'on est en bas des quais.* »

On est en bas des quais ?

« *Oui ! Parce que la circulation est en haut ! Et à mon avis, on ne doit pas être loin des berges du Rhône !* »

D'accord !

« *Alors, est-ce que j'entends clapoter l'eau, les petits poissons ?* »

Ah ! Vous entendez les poissons ?

[Rires] Vous n'entendez pas les poissons, vous ? Ah ! Un bateau ! »

08:00. Berges.

« *Là sur la droite, il y a une péniche ! Ce n'est pas un bateau ça ? Je n'en sais rien ce que c'est ! C'est un train ?* »

Non, c'est un petit camion de nettoyage.

« *Ils nettoient les berges, ils ramassent les poubelles ?* »

Exactement !

« *Donc, là, on est sur les berges finalement !* »

Si vous le dites !

« *Ben, oui ! [Rires]* »

Pour le moment, vous vous sentez comment ?

« *Je vais vous dire un truc. Là, vous êtes avec moi, mais... Pour l'instant, je n'ai pas de repère physique mis à part que c'est du béton que j'ai sous les pieds ou je ne sais pas trop ce que c'est ! Donc, c'est le genre d'endroit où j'aime bien... oui mais... quand je ne suis pas tout seul ! Tout seul, je préfère avoir de la terre sous les pieds !* »

De la terre ?

« *Voilà encore un moteur... Donc, ici pour le moment, je n'ai aucun repère ! En plus, vous ne dites pas les choses qu'on...* »

09:00. Berges.

On en parlera sur le deuxième passage.

« *Vous ne dites pas vraiment où je suis... Alors là, on va encore descendre ? On se prépare à... Et comment voulez-vous que je me repère avec un truc comme ça ! [Rires] Il faudrait que je chronomètre le temps que je fais. Aucun repère physique à la canne ! Ça va être coton après !* »

Allez, on reprend des escaliers.

« *Donc, on remonte... on va remonter à la surface ! Tiens, là, il y a un peu de terre. Ça fait plus à la campagne.* »

09:55. Berges.

Ça fait plus campagne ici ?

« Non... pas vraiment. Là où je suis vraiment à l'aise, c'est quand il y a des allées comme ça, qui sont bordées de pelouses, avec des arbres, un petit peu de terre par terre. Même si c'est un petit peu goudronné ! Mais quand il y a un grand espace comme celui qu'on vient de traverser où il n'y a aucun repère à gauche et à droite, eh bien ce n'est pas très facile. Alors là, on arrive à un endroit qui est bruyant ! »

Au niveau du volume ?

« Oui, oui ! Il est beau ! [Rires] Oui, là, on l'entend ! Donc, on peut y aller ! »

On peut y aller ?

« Quand on entend ding, on peut y aller ! Je suis d'accord. Mais celui-là est plus précis et les autres là-bas, sur la place, ils étaient un peu légers ! »

Au niveau du volume ?

« Peut-être, c'était la distance ! »

10:55. Rue.

Ah, la distance...

« Non, et puis même je n'arrivais pas à me le mettre dans l'oreille ! Je ne le sentais pas à gauche ! Et c'est vrai qu'il était à gauche finalement, de notre marche, sur la place, non ? Pas vraiment en face... C'est ça qui est perturbant ! Quand on a la rue à droite et que un feu est à gauche ! Là de nouveau une rue et du bruit ! »

C'est notre matinée aujourd'hui ! Il y a des camions qui passent...

« Oui, oui, c'est bien ! »

Elle est comment cette rue ?

« Elle est droite ! Elle est pavée... Non, même pas. Elle est peut-être plus étroite ! »

Plus étroite ?

« Peut-être, peut-être ! Mais elle est pareille, elle n'est pas très passante... Elle n'est pas très passante, je ne saurais pas trop dire. Elle roule dans un sens déjà ! Je ne sais pas si elle roule dans les deux ? »

12:05. Rue.

« Alors, maintenant, il y a plus de circulation ! [Bruit du tram au loin] Tiens, on arrive vers le tram ! On est où ? Rue de Marseille ! Hein, c'est rue de Marseille ? »

Et ce genre de rue, vous aimez bien ?

« Non ! Non, non, c'est des rues qui sont anonymes... Pour moi, elles sont anonymes. Il n'y a pas de magasins, il n'y a pas de cafés ! Pour moi, il n'y a pas de vie dans cette rue ! »

D'accord !

« C'est ce que je ressens... »

C'est ce que vous ressentez ?

« **Alors bon, c'est lundi matin aussi !** »

Oui, ça joue aussi [Rires]

« **Oui, et puis il y a peut-être des magasins qui sont fermés ? Sûrement, même ! Et puis... Des rues que j'aime bien à Lyon ? Il n'y en a pas beaucoup.** »

13:00. Rue.

Ah ?

« **Non, pas trop ! Alors, le samedi après-midi, rue de la République, il ne faut pas trop m'en parler !** »

On tourne à gauche !

« **Là, c'est de nouveau un peu plus large ! Ça doit être encore un... À mon avis, on doit longer le tram, là !** »

Comment vous savez qu'on longe le tram ?

« **Eh bien, justement c'est plus large !** »

Oui ?

« **Et il faut bien qu'il passe quelque part ! Tout à l'heure je l'ai entendu, il n'était pas dans notre rue ! Donc, il ne peut être que perpendiculaire et comme on a fait un angle droit !** »

Effectivement.

« **Donc, physiquement... normalement on devrait longer le tram ! Le tram est juste à ma droite, là ! À mon avis, hein... »**

13:55. Rue.

Comment est-elle cette rue ?

« **Oh, ben, c'est des trottoirs d'un mètre cinquante au moins... Enfin, je pense ! Oui, on n'est pas loin du mur à gauche. Et on ne doit pas être loin du bord du tram, là à droite ?** »

D'accord !

« On arrive vers le cours de la Liberté, c'est exact ? »

Oui !

« **C'est donc assez large quand même le trottoir-là... C'est vers les Vieux Campeur ! On est passé devant le bistrot Le Mistral ?** »

Oui !

« **Oui, ben là, je connais là !** »

Et là, on va tourner à gauche pour notre dernière rue.

« **Là, c'est une rue étroite !** »

C'est une rue étroite ?

« **Oui !** »

Et qu'est-ce qui vous fait dire ça ?

« **Ben, l'atmosphère ! Déjà, il n'y a plus d'air pratiquement qui arrive ! Et puis la résonnance des bruits !** »

15:00. Ruelle B.

D'accord ! Et vous tapez votre canne pour ça ?

« *Oui ! Mais en général, je n'aime pas trop faire du bruit avec la canne. En général, quand je balaie avec la canne, je fais des petits... [Frank fait un petit choc au sol avec la canne] Oui, des fois pour savoir... un petit coup comme ça pour savoir si c'est couvert, si c'est un.... Ça donne des indices un peu sonores. Mais ce n'est quand même pas... ce n'est pas forcément très pertinent ! Là, on vient de sortir de cette petite rue... et on arrive dans un espace un peu plus large ! »*

Plus large ?

« *Mais toujours un petit peu pareil ! L'atmosphère et puis déjà, il y avait un camion qui trafiait un petit peu à gauche ! Ou c'est un élargissement ? D'ailleurs, là aussi les bruits sont assez... On les entend un petit peu... On est à un carrefour d'ailleurs, non ?* »

16:00. Ruelle B.

Oui, c'est notre dernier carrefour ! On arrive dans une rue qui s'appelle Jean Larrivé, donc...

« *Donc, c'est l'arrivée ! C'est magnifique !* »

Qu'est-ce que vous avez pensé de ce trajet ?

« *Je pense que tout seul, ça ne doit pas être évident !* »

Pas évident tout seul ?

« *Non, non ! Il ne doit pas y avoir trop de... si, à part le fait qu'il n'y a pas trop de piétons... il n'y a pas de piétons sur les trottoirs... eh ben, il y a ... comment dirai-je ? On ne s'éclate pas trop ! Disons que c'est une promenade assez difficile parce qu'il y a des traversées, il y a des escaliers... Il y a beaucoup d'escaliers ! Il y a de grands espaces. Enfin l'espace entre les deux... quand on était en bas sur les berges, qui n'est pas forcément difficile à appréhender une fois qu'on connaît un petit peu les limites, je veux dire, à gauche et à droite ! Mais de but en blanc, quand on sort et qu'on descend ces escaliers et qu'on arrive sur cet espace, on marche un petit peu et on récupère les escaliers, cet espace n'est pas très sympathique ! Et le Rhône n'est pas loin !* »

17:45. Ruelle B.

Le Rhône ?

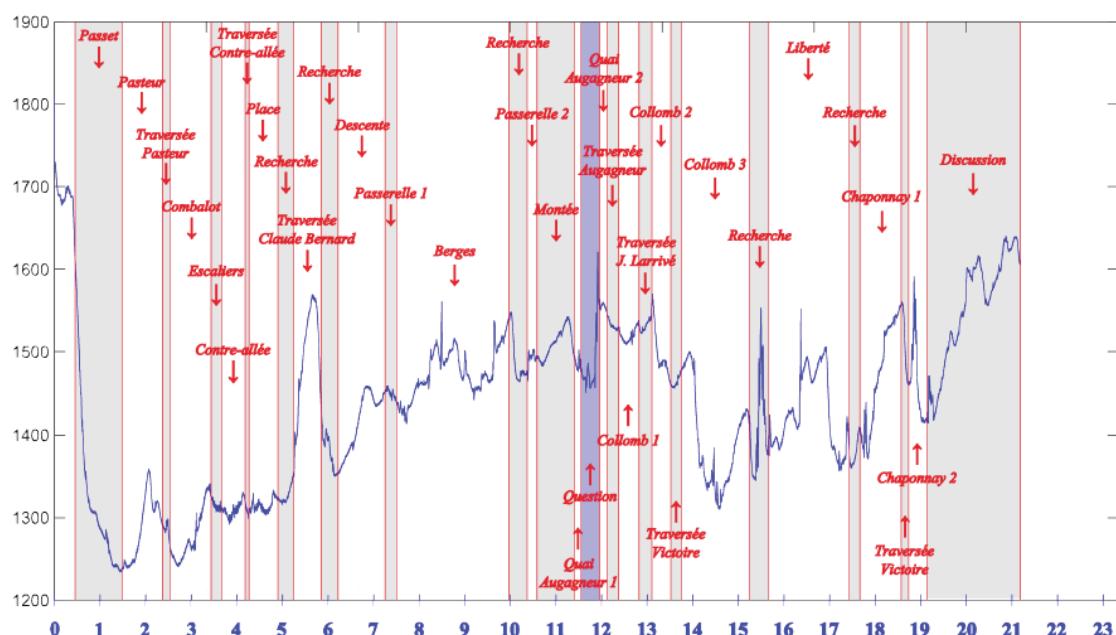
« *Je suppose peut-être même qu'on le voit, qu'on peut presque le tâter, le toucher tout ça ! Mais tant que je n'aurais pas mis la canne dans l'eau du Rhône, je ne saurais pas ! Ça sera un quartier pas très sympathique...*

Tant que vous ne l'aurez pas repéré ?

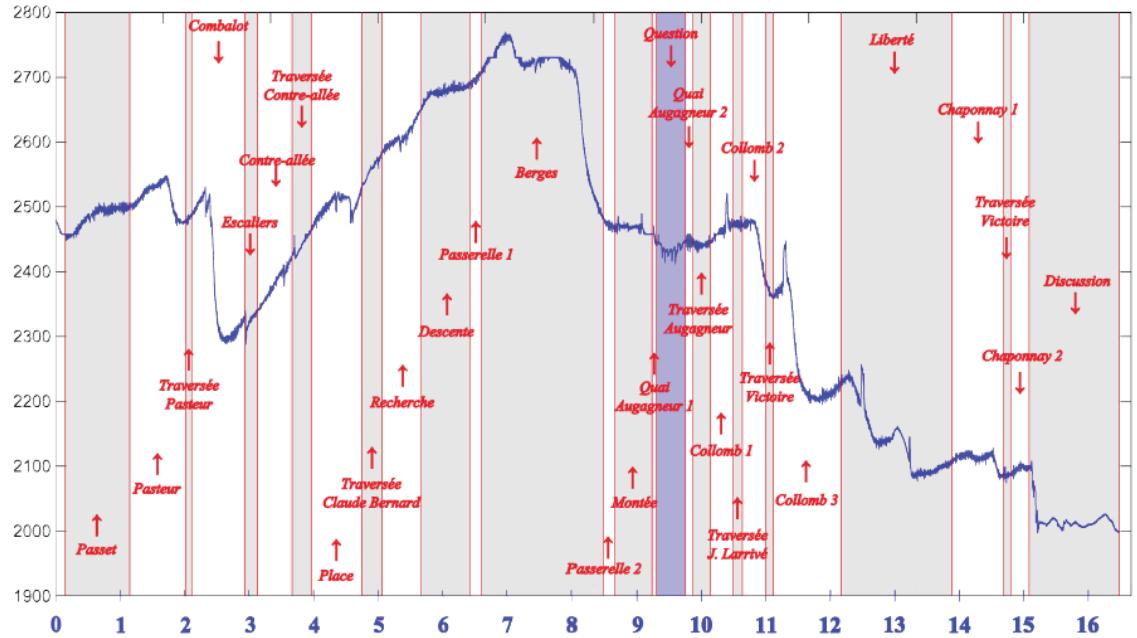
« *Oui, voilà ! Tant que je ne l'aurai pas adopté ! Après, il faut avoir ses certitudes dans la locomotion ! Savoir être sûr qu'on ne va pas se perdre, faire une bêtise... »*

4. Activité électrodermale

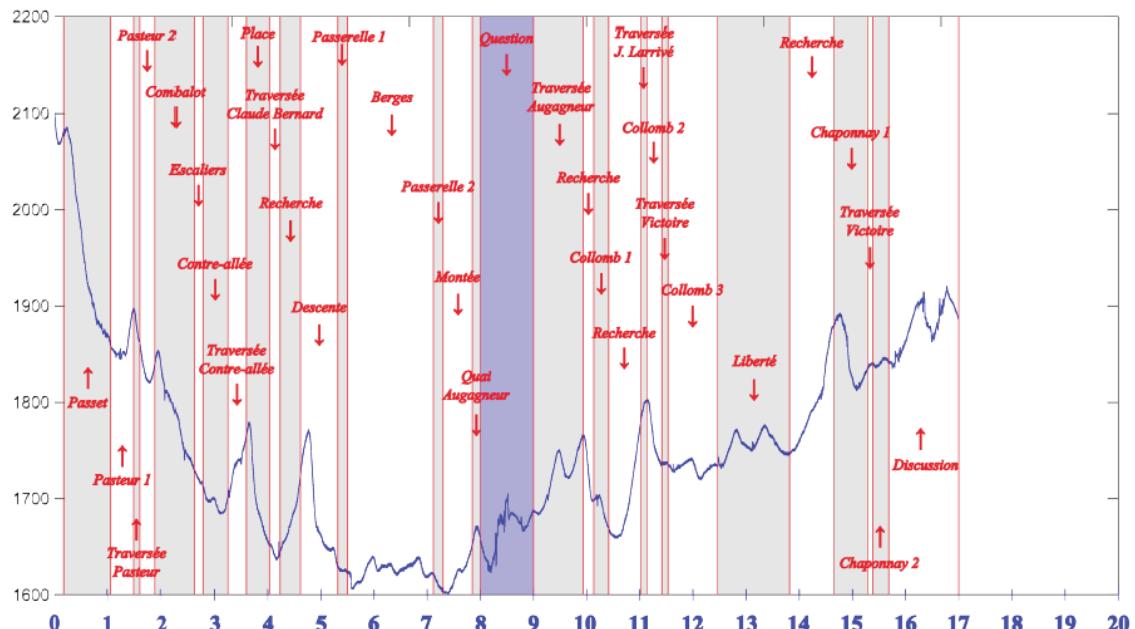
Ces courbes représentent l'enregistrement de l'activité électrodermale sur cinq participants. Les courbes sont infléchies par les réponses *toniques* (grandes variations), et les réponses *phasiques* (les pics) que nous avons analysées. Ces graphiques sont des documents de travail intermédiaire, où figure la position géographique du marcheur tout au long du déroulement du trajet, sur les différentes « scènes urbaines ». Ils ont été le support à la géolocalisation précise de chaque réponse électrodermale.



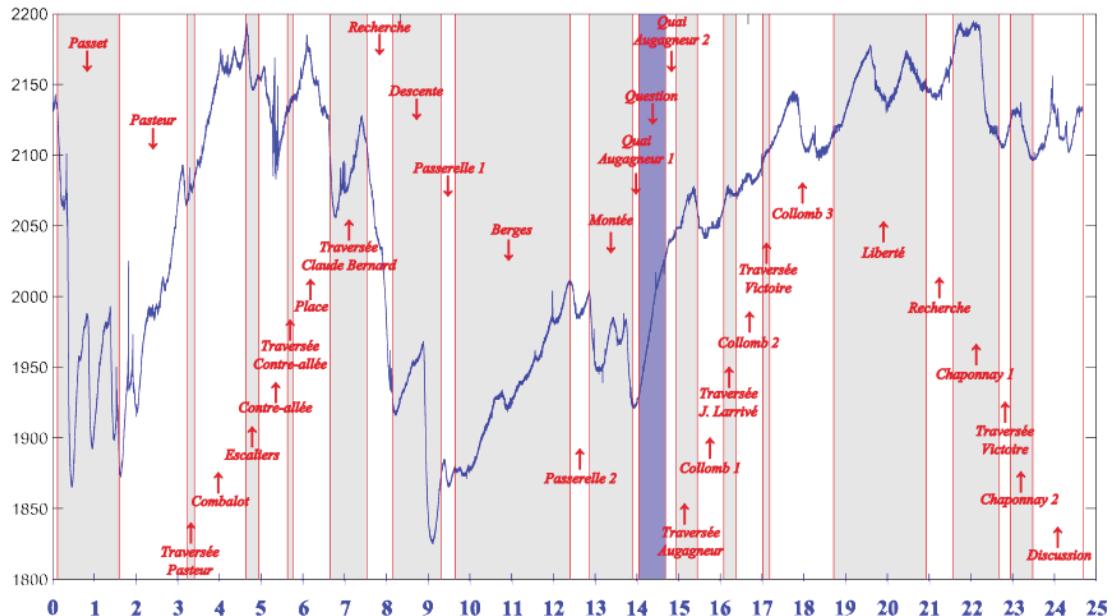
Sur ce tracé, on note une chute importante de la résistance cutanée dès les premières secondes : elle correspond au début du parcours autonome et à la réplique du chercheur : « c'est parti ! » nécessaire pour synchroniser l'enregistrement vidéo et physiologique.



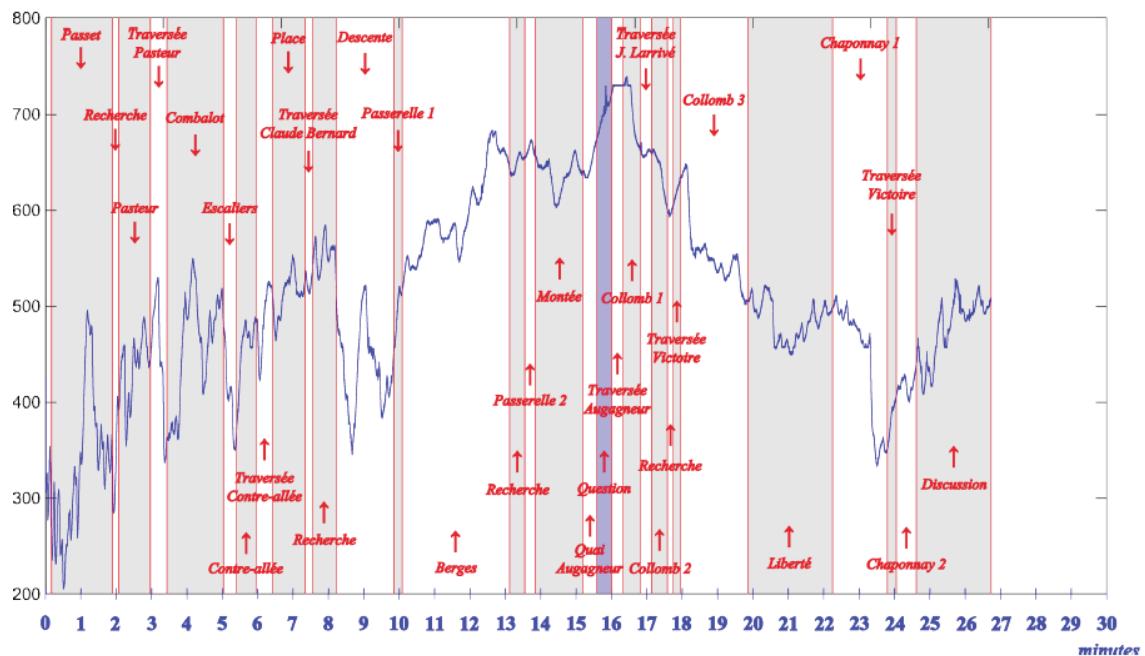
Comparativement au précédent tracé, celui-ci comporte moins de réponses phasiques, mais de longues fluctuations toniques.



Comme sur le premier tracé, on observe une chute de la résistance cutanée au début du trajet, au moment du « top départ ».



L'activité tonique est fluctuante sur ce tracé, peut-être en fonction de l'environnement. La résistance cutanée diminue assez nettement sur la place, lorsque la personne est en phase de « recherche » des escaliers qui permettent de descendre sur les berges du Rhône.



Ce tracé, contrairement aux deuxième et troisième présenté ci-dessus, comporte de nombreuses réponses électrodermiques, phasiques.

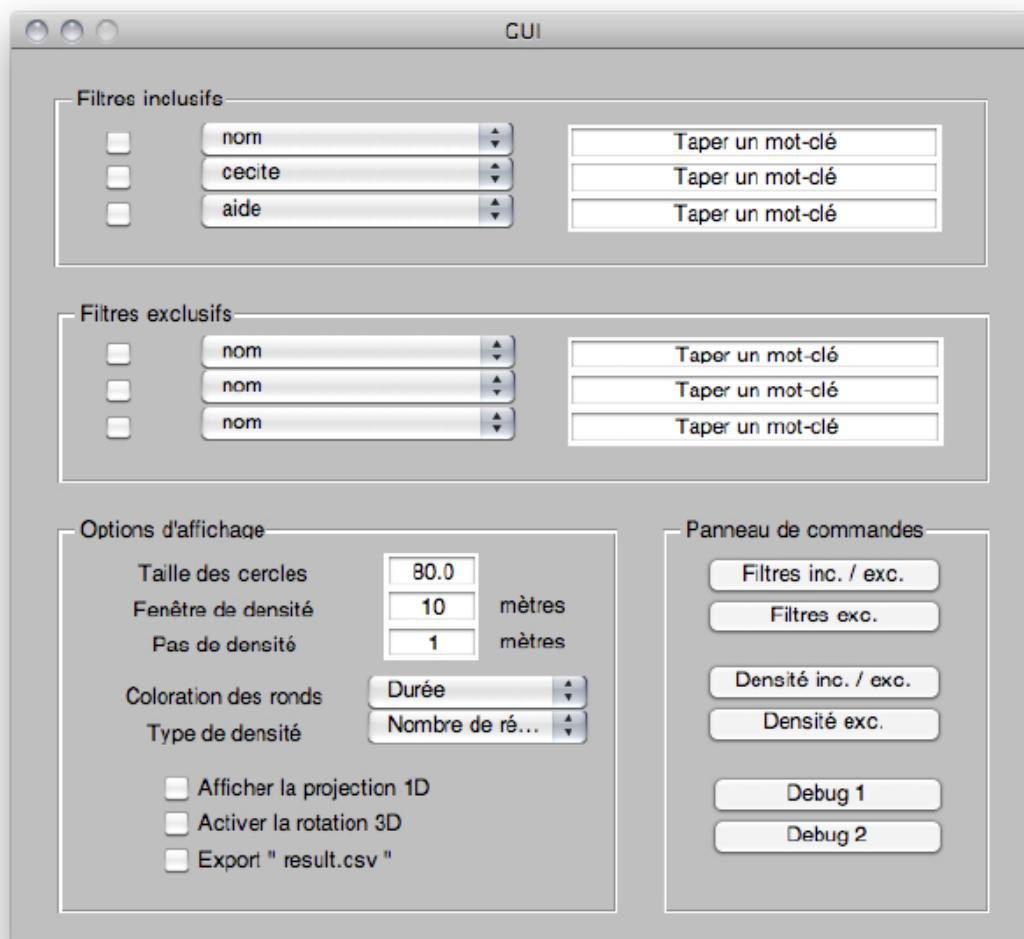
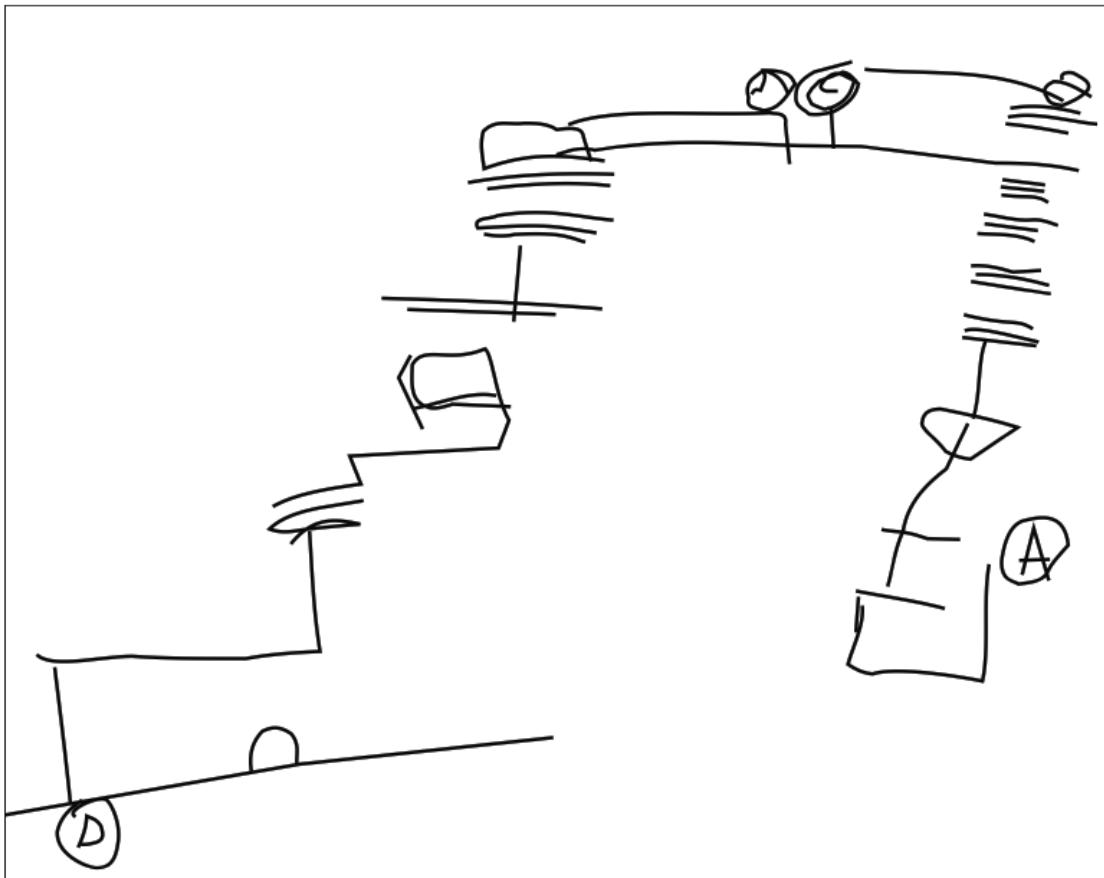


Figure : Capture d'écran du module GeoStress développé sur MatLab©

Source : Massot (2009) Ce module MatLab© permet l'affichage de l'activité électrodermale sur un plan du quartier (à partir de la base de donnée constituée). Il utilise pour cela les coordonnées en longitude et latitude de chacune des RED. Plusieurs possibilités de filtrages existent, ainsi que des options d'affichages (réglages de la taille des cercles, du « pas » et de la « fenêtre » pour le calcul de densité).

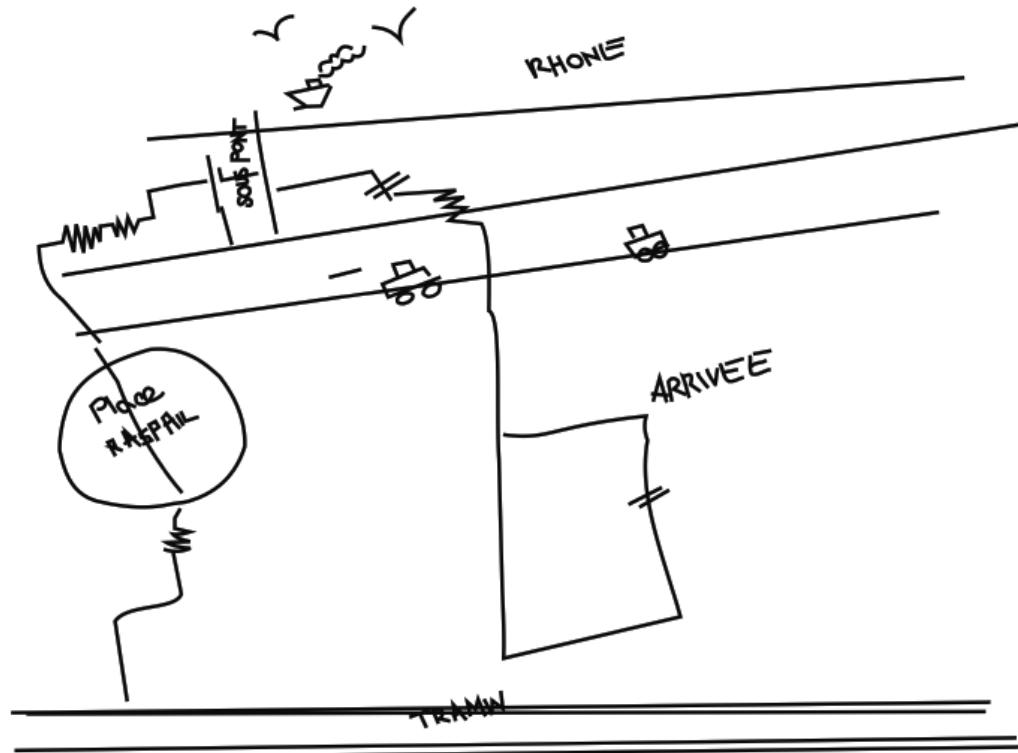
5. Dessins du parcours

Ces quatre dessins ont été produits en fin de session 3, après trois passages sur le trajet expérimental, dont un parcours autonome. Ils reflètent la représentation mentale que les marcheurs aveugles ont construit du trajet.



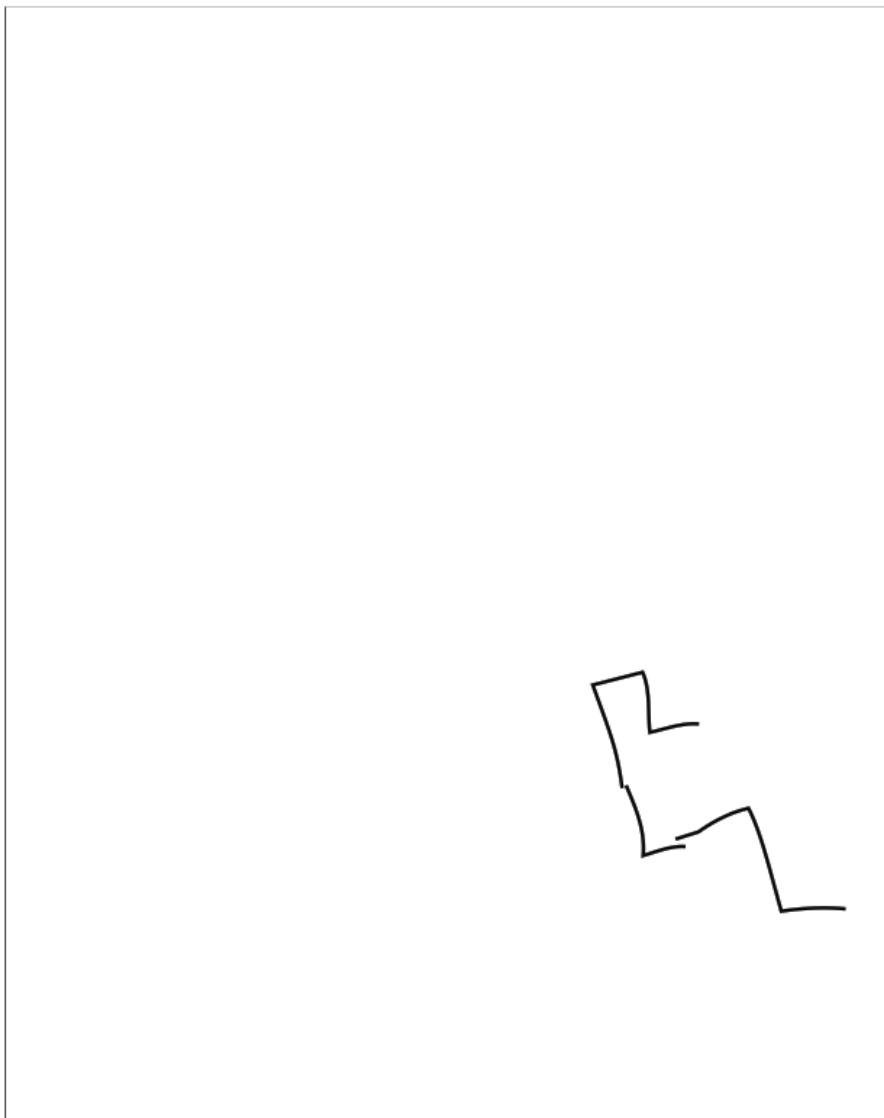
Participante âgée de 42 ans et atteinte de cécité précoce, se déplaçant à l'aide d'une canne blanche.

Sur ce dessin figure le parcours avec le point de départ (D) et l'arrivée (A). On observe que les escaliers prennent une place particulièrement importante dans cette représentation. Il s'agit des lieux où l'effort (Proffitt, 2003) que nécessite la locomotion est le plus important.



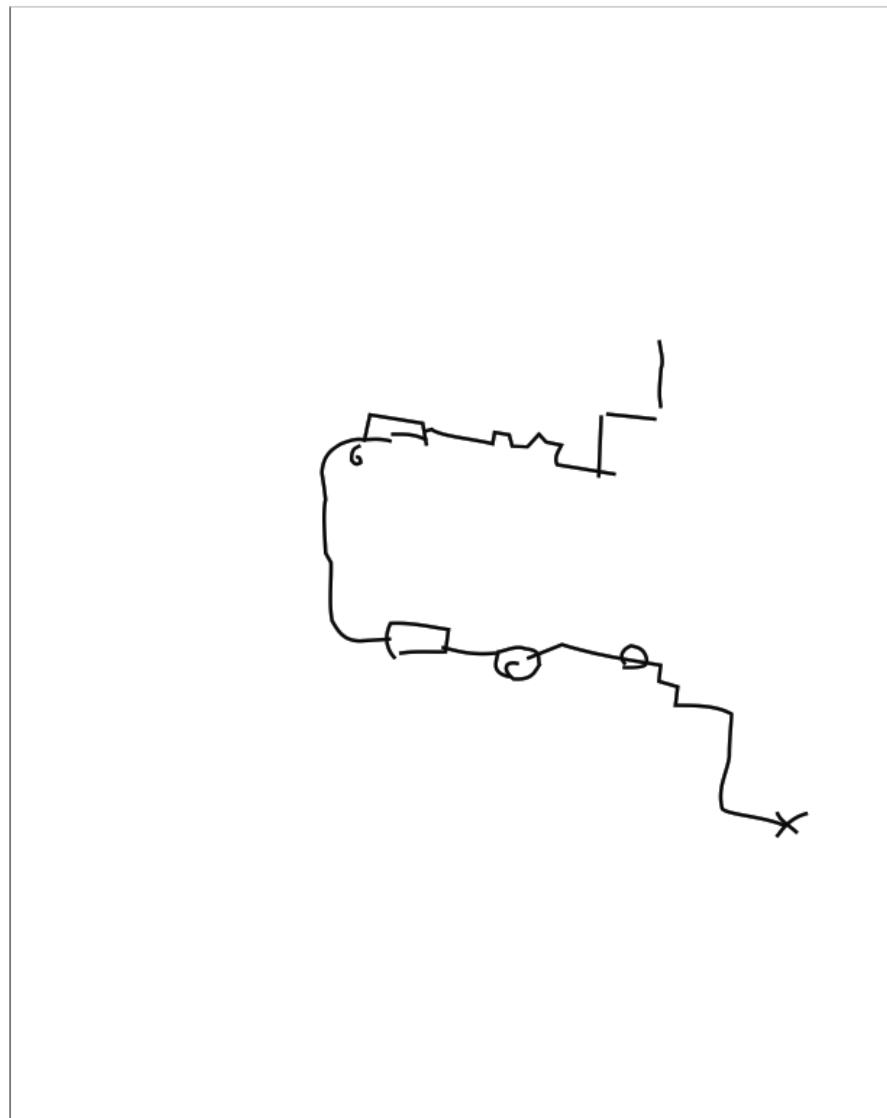
Participante âgée de 42 ans, atteinte de cécité tardive et se déplaçant avec l'aide de son chien-guide.

Il s'agit de la seule personne ayant ajouté des détails figuratifs (voitures, bateaux, mouettes, etc.) et ayant demandé une règle pour tracer certains traits. Cette participante a suivi une formation en dessin industriel dans sa jeunesse, avant de perdre la vue.



Participant âgé de 54 ans, atteint de cécité tardive, et se déplaçant avec une canne blanche.

L'aspect général du trajet reste globalement présent dans ce dessin, qui manque toutefois de détails et qui comporte plusieurs erreurs. Ce participant a exprimé des difficultés dans cet exercice. Il nous a aussi expliqué qu'il se déplace souvent guidé par son épouse, qui ne souffre pas de déficience visuelle : cela explique, selon lui, les difficultés qu'il rencontre dans l'exercice.



Participante âgée de 58 ans, atteinte de cécité précoce, et se déplaçant à l'aide d'une canne blanche.

Sur ce dessin, on remarque la présence des passerelles en bois, qui sont représentées par des rectangles, mais aussi de la place (le rond) ainsi que d'un rocher sur les berges du Rhône, qui est un repère utile pour tourner et prendre la deuxième passerelle afin de continuer le trajet.

6. Questionnaire

Ce questionnaire en six items, portant sur le sentiment de confort et de sécurité, a été proposé en fin d'expérimentation, après le déplacement autonome. Ces questions sont posées à cinq reprises correspondant aux cinq scènes traversées lors du trajet.

Questionnaire « confort et sécurité » (proposé pour chacune des cinq scènes)

	Pas du tout d'accord	Pas d'accord	D'accord	Tout à fait d'accord
Lors de ce déplacement, je me suis senti(e) serein(e) et tranquille	1	2	3	4
Ce déplacement m'a paru agréable et plaisant	1	2	3	4
Lors de ce déplacement je me suis senti(e) en sécurité	1	2	3	4
Lors de ce déplacement je savais où je me situais dans l'espace urbain	1	2	3	4
Lors de ce déplacement j'ai ressenti le besoin d'une aide extérieure	1	2	3	4
Ce déplacement a été aisé, commode	1	2	3	4

7. Photos du parcours



Participant et son chien-guide évoluant dans la « Ruelle A »



N. Baltenneck (Santé Invisibilité Société EA 4129)

Participant en haut des escaliers assurant la liaison entre la « Ruelle A » et la « Place »

La « Ruelle A » se trouve en arrière-plan.



N. Baltenneck (Santé Invisibilité Société EA 4129)

Participant évoluant aux abords de la « Place »

On note l'absence de relief au sol entre la chaussée et le trottoir, sur la droite.



Participante arrivant sur la scène « Berges »

La première passerelle qui enjambe la rivière artificielle de la scène « Berges ».



Participant évoluant sur la deuxième passerelle à la fin de la scène « Berges »

La bordure métallique (résonnante) le long de la passerelle sert de guidage à ce marcheur, qui évolue au bord de l'eau.



Participante évoluant dans la scène « Rue »

On peut remarquer le caniveau sur cette section du trottoir. Les vibrations et la sonorité produites par le passage de la canne sur cette grille métallique ont été très appréciées pour le guidage offert.