

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	10
2.1 TECHNOLOGIES POUR LES AVEUGLES.....	10
2.1.1 CÉCITÉ ET DÉFICIENCE VISUELLE.....	11
2.1.2 NEUROLOGIE ET PSYCHOLOGIE	13
2.1.3 LA VIE QUOTIDIENNE.....	17
2.1.4 LA MOBILITÉ ET L'ORIENTATION	18
2.1.5 ACCÈS À L'INFORMATION	23
2.1.6 L'INTERACTION HUMAIN-ORDINATEUR	33
2.1.7 SUBSTITUTION À LA VUE ET RESTITUTION	38
2.1.8 DISCUSSION	41
2.2 CANNES INTERACTIVES	49
2.3 JEUX POUR LES AVEUGLES	54
2.3.1 HISTORIQUE.....	54
2.3.2 PROJET ET CONCEPTS	55
CHAPITRE 3 :CONCEPTION DE LA CANNE INTERACTIVE.....	60
3.1 RAPPEL DU PROBLÈME.....	60
3.2 CONSTITUTION DE L'OUTIL	63
3.3 CONCLUSION	69
CHAPITRE 4 : ÉTUDE DE CAS ET RESULTATS OBTENUS	70
4.1 EVALUATION.....	70
4.2 PARTICIPANTS ET MESURES	72
4.3 RÉSULTATS ET ANALYSES	73
CHAPITRE 5 : CONCLUSION	77
RÉFÉRENCE	80
ANNEXE	87

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Canne intelligente avec le réseau ad hoc	51
Figure 2: Jeu Braille Play	57
Figure 3: Projet Sudoku tactile.....	58
Figure 4: Schémas électronique du système.....	64
Figure 5: Senseur Ultrason (HC-SR04)	65
Figure 6: Accéléromètre (ADXL377)	65
Figure 7: Carte Arduino Yun	66
Figure 8: Batterie.....	67
Figure 9: Clavier.....	68
Figure 10: Les composants de la canne intelligente.....	69
Figure 11: Canne Intelligente.....	70
Figure 12: Zone de jeux	72

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evaluation du jeu.....	75
------------------------------------	----

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Le pourcentage de la population présentant une déficience visuelle augmente rapidement. Chaque année, le nombre de personnes à déficience visuelle croît d'environ 2 millions dans le monde. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime qu'il y a 39 millions d'aveugles et 246 millions personnes à déficience visuelle sur la planète [1]. De plus, les déficiences visuelles sont fortement reliées au vieillissement. Environ 63% des personnes à déficience visuelle sont âgées de 50 ans ou plus, avec environ 20% de la population mondiale dans ce groupe d'âge [1]. En Europe, environ 90% des personnes à déficience visuelle et malvoyantes sont âgées de plus de 60 ans.

Au Canada seulement, on estime à plus de 666 000 le nombre d'aveugles ou d'individus souffrants de troubles sérieux de la vision [2]. Il est aussi surprenant de constater que malgré les progrès de la médecine, le nombre d'aveugles devrait augmenter significativement avec les années pour doubler d'ici 2030. Il est aussi à noter que, de ce nombre, la proportion d'enfants nés aveugle devraient elles aussi augmenter, et ce, à un rythme encore plus important, dû à l'augmentation de l'âge moyen des accouchements et des progrès de la médecine quant à la survie des bébés nés prématurément. L'adaptation des aveugles dans toutes les sociétés, y compris la nôtre, est donc, sans aucun doute, un enjeu de plus en plus important. Depuis de nombreuses années, nous voyons apparaître de plus en plus d'outils d'adaptation et de dispositifs directement destinés aux aveugles dans le but de faciliter leur quotidien, mais aussi d'améliorer leur qualité de vie [3]. Ces dispositifs couvrent tous les aspects de la vie, allant de la vie quotidienne aux des moyens de transport et d'orientation en passant par l'accès à l'information de tous genre. Avant d'aborder le sujet principal du

mémoire, nous ferons un survol des technologies déjà existantes dans le domaine de l'aide aux aveugles.

La création d'outils et de dispositifs d'aide aux aveugles et malvoyants nécessite un grand ajustement dans la manière même d'imaginer le produit. Ceux-ci sont évidemment créés dans le but de compenser le sens de la vue d'une personne et se basent donc uniquement sur les 4 autres sens [3]. La création d'un tel type d'instrument demande un degré d'adaptation vu la difficulté de compenser la cécité en transférant aux autres sens les informations qui seraient naturellement traitées par la vision. On peut diviser les nombreux outils et dispositifs d'aide aux aveugle et malvoyants en 5 catégories : la vie quotidienne, le déplacement et l'orientation spatiale, accès à l'information, la relation humain-ordinateur et finalement les nouvelles technologies de restauration ou substitution de la vision

Les outils qui sont utilisés dans la vie quotidienne est assurément la plus commune et la plus variée de toutes. Ce type d'outils vient directement assister l'aveugle dans les tâches de tous les jours, des plus simples au plus compliquées. Une des grandes références en la matière pour ce type d'engin est le Royal National Institute for the Blinds, un organisme anglais dédié à l'aide aux personnes souffrantes de troubles de vision grave [4]. Parmi leurs articles les plus populaires, on retrouve toute sortes d'articles spécialement conçus dans l'optique de faciliter le quotidien, comme, par exemple, des articles de cuisines, d'hygiène personnelle et de communication. De toute évidence, ce ne sont que quelques-uns des nombreux appareils disponibles, jumelant braille, alerte sonore, éléments tactiles et technologie pour faciliter la vie quotidienne.

Les aides au déplacement et à l'orientation ont pour objectif d'assurer un déplacement non pas seulement sécuritaire et indépendant, mais aussi confortable et décent. On retrouve trois principaux dispositifs dans cette catégorie, soit la canne, le chien guide et les ETA (Electronic Travel Aids) [4]. La canne pour non-voyants est, à ce jour, le plus commun et universel des outils. Son principe est simple : elle permet de détecter les obstacles au sol dans un rayon de 3 pieds et permet aussi de signaler au passant le déplacement d'un aveugle. Malgré sa simplicité, la canne est de loin l'outil le plus utilisé et pratique d'entre tous [4]. Par contre, la canne traditionnelle pour non-voyants limite significativement la vitesse de déplacement, dû au petit rayon d'action forçant l'arrêt rapide de l'aveugle en cas d'obstacle, ne détecte pas les obstacles autres qu'au sol et tend à marginaliser les aveugles et malvoyants. Le chien guide, quant à lui, permet un déplacement plus fluide et sécuritaire, mais engendre aussi des coûts importants pouvant atteindre les 20 000\$ [2]. De nombreuses tentatives ont été menées pour perfectionner ces moyens dits peu avancés et ont donné naissance aux ETA (Electronic Travel Aids), qu'on peut traduire en français par « aide électronique au déplacement ». Ceux-ci se basent souvent sur la stimulation tactile comme élément d'alerte principal. On peut diviser les ETA en deux catégories : ceux servant à l'évitement d'obstacles et ceux mettant l'accent sur l'orientation.

Les outils destinés à l'évitement des obstacles ont pour objectif de permettre au non-voyant de suivre une route en toute sécurité parce qu'averti de manière sonore ou tactile des obstacles se trouvant sur son chemin. La détection par ultrason, aussi appelée Binaural Sensory Aid, est le plus répandu des ETA. Il consiste à scanner l'espace devant l'utilisateur à l'aide d'ultrasons et émettre un son avertissant celui-ci des obstacles se trouvant dans la trajectoire de marche, et ce, de manière plus ou moins précise, dépendant des préférences de chacun [5]. Même si les Binaural Sensory Aids peuvent être très précis et efficaces, ceux-ci comportent de nombreux

désavantages. En effet, l'utilisateur éprouve souvent des difficultés à bien interpréter les signaux sonores de l'appareil et à bien analyser et gérer toutes les informations en même temps. Certains remettent même en question l'utilité même de toutes ces informations supplémentaires et si tous les efforts mis dans l'interprétation et la création de tels engins en valent vraiment la peine. De plus, les sons émis pourraient directement couvrir les bruits de l'environnement avertissant d'un danger. C'est pour ces raisons que l'utilisation d'engins basés sur la stimulation tactile est la plus recommandée. Son utilisation nécessite beaucoup moins d'entraînement et ces données sont plus faciles à interpréter puisque le sens du toucher et beaucoup moins sollicité que l'ouïe dans un déplacement.

Les outils de déplacement dits peu avancés tels la canne ou le chien guide suffisent la plupart du temps aux aveugles, qui préfèrent investir dans des appareils leur permettant non pas seulement de se déplacer sécuritairement, mais aussi de s'orienter. Cette catégorie de technologie est toutefois encore très peu développée, mais on retrouve tout de même certains engins de balises infrarouge dictant l'emplacement de certains repères géographiques importants et d'autres combinant le positionnement GPS et un assistant portable digital pouvant informer l'utilisateur de sa position actuelles, des points d'intérêt et de la route à suivre, et ce, de manière sonore [9].

Outils d'accès à l'information. La majorité de l'information disponible dans notre société est sous format écrit et imprimé, créant de toute évidence un énorme problème pour les malvoyants. Le braille, un système d'écriture à points saillants, est le médium d'accès à l'information le plus répandu. Cette technique permet une reproduction adaptée aux malvoyants d'ouvrages écrits de toute sorte. La lecture audio de texte est aussi souvent utilisée, bien que moins adaptée à tous les contextes. Tandis que les textes peuvent être

traduits en braille ou reproduits en format audio, les dessins, graphiques, cartes et visualisations mathématique ne le peuvent [7]. Le recours à la stimulation tactile devient alors souvent la seule option. Dans cette optique certains crayons spéciaux mettant en relief la ligne tracée ont été créés spécialement pour l'interprétation tactile d'éléments visuels.

Relation humain-ordinateur. L'utilisation d'ordinateur devient, avec les années, de plus en plus importante, et ce, dans tous les domaines. À ces début, l'interface des ordinateur demeurait assez simpliste et pouvait donc facilement être adapté de manière sonore pour les non-voyants, mais l'évolution des technologies informatique se fait de sorte que l'interface est devenu et devient nettement plus complexe et plus visuel, rendant l'utilisation par les aveugles quasiment impossible [8]. La plupart des technologies pour aveugles utilisent des lecteurs d'écran, mais ce système de voix synthétisée est loin d'être satisfaisant pour la plupart des utilisateurs. D'autres technologies émergentes telles la réinterprétation du bureau introduisant la réception d'information et contrôle tactile ou les interfaces personnalisées font lentement leur apparition, mais leur développement est souvent délaissé.

Restitution et substitution de la vision. Certaines opérations médicales réussissent parfois à rétablir la vision chez un aveugle, mais que très rarement. En fait, certains aveugles nés expérimentent une légère amélioration dans leur vision au fil du temps, mais jamais assez grande pour être prise en compte. L'implantation d'appareils électroniques ayant pour but de stimuler le cortex visuels et ainsi redonner la capacité de voir, mais dans ses plus simple fonctions, a déjà été testée. Cette nouveauté s'avère assez efficace chez les aveugles tardifs, mais inopérants sur les aveugles nés [9].

La substitution de la vision signifie déléguer aux autres sens, principalement l'ouïe et le toucher, les informations transmises par le sens de la vision. De telles technologies font plus l'objet d'études que de réelles mises en marché, mais certains modèles uniques d'une telle technologie peuvent être achetés dans les alentours de 40 000\$.

L'une des plus grandes difficultés pour les personnes à déficience visuelle est le déplacement indépendant en toute sécurité. Avoir une mobilité indépendante est un facteur significatif pour s'assurer que ce groupe d'âge peut réaliser des simples tâches quotidiennes sans dépendre des autres. Déjà en 1986, des chercheurs indiquent que les personnes à déficience visuelle ont un niveau de mobilité faible [61]. Toutefois une étude récente en France révèle que seuls 2% du total des personnes à déficience visuelle utilisent des aides à la mobilité [40]. Un modèle d'aide à la mobilité indépendante pour les personnes à déficience visuelle est la canne blanche, qui est à la fois peu onéreuse, légère et rétractable. Malheureusement, les utilisateurs de la canne blanche éprouvent des difficultés à détecter les barres saillantes ou les véhicules en déplacement jusqu'à ce qu'ils soient dangereusement proches, ce qui peut mener à des collisions et des chutes. La capacité limitée de la canne blanche correspond à sa longueur et aux capacités de manœuvre de l'utilisateur. En tant que tels, les utilisateurs détectent rarement les obstacles en surplomb au niveau de la tête ou à une portée de plus d'un mètre de l'utilisateur. Manduchi et Kurniawan [51] rapportent dans une étude récente que sur 300 personnes à déficience visuelle, plus de 40% ont eu des accidents au niveau de la tête au cours du dernier mois. En outre, il a été démontré que les personnes à déficience visuelle apparaissent comme potentiellement dangereuses lorsqu'ils utilisent une canne blanche [17].

Pour aborder ces difficultés, beaucoup de produits dits intelligents pour les personnes à déficience visuelle ont été mis sur le marché au cours des quatre dernières décennies, incluant les cannes intelligentes et portatives ou des appareils portables équipées avec un système de

détection. Une canne intelligente offre une amélioration par rapport à la canne blanche car elle a la capacité de détecter les objets au-dessus de la canne à une portée de 2 mètres en utilisant un récepteur ultrasonique. Une canne blanche permet aux objets d'être détectés par le toucher et l'écholocation à partir du tapotement. Une canne intelligente possède les mêmes fonctions, à l'exception du fait qu'elle utilise une information vibrotactile et produit des alertes vibratoires pour les obstacles en face des utilisateurs.

Cependant, ces produits intelligents n'ont pas été adoptés et utilisés avec succès par un grand nombre d'utilisateurs à déficience visuelle [41]. Plusieurs chercheurs ont attribué cette utilisation restreinte à des prix élevés [42] [43], ou à une interface et une conception de basse qualité [42]. De plus, en utilisant des mesures quantitatives [45], des études ont examiné la convivialité des dispositifs de mobilité intelligents, basés sur des systèmes techniques [44], abordant des problèmes liés à l'orientation, la navigation, la sécurité, la mobilité, la vitesse et l'optimisation des techniques. Malgré les efforts pour concevoir une meilleure aide mobile électronique au cours des 40 dernières années afin de remplacer la canne blanche avec plus de fonctions, cela s'est avéré infructueux. Roentgen *et al.* ont soutenu que les aides mobiles électroniques disponibles ne remplissent pas encore totalement tous les besoins des personnes à déficience visuelle [62].

Même si tous ces dispositifs ont grandement amélioré la qualité de vie des aveugles, une problématique demeure, bien que très rarement mentionnée : le jeu chez les aveugles. On pense constamment au côté pratique de leur vie, mais la stimulation cérébrale est souvent laissée de côté. Par jeu, on entend évidemment activité de loisir, psychique ou physique. Dans le cas des malvoyants, on parle principalement de jeu psychique. Ceux-ci sont excessivement difficiles à concevoir, car créer un jeu moins stimulant et amusant, en délaissant

volontairement le sens de la vue, est une tâche des plus complexes. Les quatre autres sens disponibles chez les aveugles sont enrichis et c'est sur cette idée que les créateurs se basent pour concevoir un jeu. Le résultat est souvent très inusité et de ceux-ci naissent des jeux particulièrement singuliers et surprenants

Dans cette catégorie de jeux, on retrouve souvent certains basés sur les principes de stimulation tactile, ayant pour but de solliciter les sens de l'orientation et de la mobilité comme l'interface tactile GRAB, utilisé dans la recherche du développement des capacités d'orientation spatiale et de visualisation 3D chez les aveugles. On retrouve aussi d'autres jeux plus axés sur la stimulation sonore, comme le très récent Finger Dance, un jeu audio basé sur le rythme musical des chansons.

D'une façon générale, il est à noter que cette part de marché est toutefois encore très peu exploitée considérant son caractère non essentiel (a priori). Toutefois de telles technologies sont accueillies avec engouement dans la communauté malvoyante et le potentiel de ce genre d'innovations paraît infini.

PROBLÈMES ET ORGANISATION DU MÉMOIRE

Comme analysée dans les lignes précédentes, il apparaît que les cannes existantes sont conçues pour aider les aveugles dans leur vie quotidienne. Toutefois, ils ne peuvent pas les utiliser pour se divertir. Soulignons que le divertissement représente un aspect fort important de la vie quotidienne. Considérant que les jeux vidéo représentent de nos jours l'un des secteurs les plus actifs de l'industrie du divertissement, nous souhaitons dans le cadre de ce mémoire investiguer l'usage d'une canne comme une manette de jeu ? En offrant aux personnes non-voyantes une telle possibilité nous pensons qu'il sera possible au travers de cet

outil de permettre aux personnes voyantes de se mettre à la place des non-voyants. Peut-être qu'une telle expérience pourrait amener les personnes voyantes, si besoin est, à changer leur point de vue sur cette tranche de la population.

Nous nous efforcerons d'analyser cette problématique au travers des lignes de ce mémoire. Pour ce faire, ce document est séparé de la manière suivante. Le chapitre 2 aborde de manière détaillée un état de l'art en ce qui a trait aux cannes intelligentes et les jeux sérieux pour les aveugles. Le chapitre 3 porte sur la conception de la canne intelligente et le retour tactile. Le chapitre 4 expose une étude de cas en testant la canne sur des participants à l'aide d'un jeu sérieux. Nous finissons par une conclusion et citons les futures recherches.

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Les aveugles et les personnes à déficience visuelle sont dans une position unique pour apprécier et rendre fonctionnels les appareils haptiques. Concevoir des appareils pour les aveugles est, cependant, plus ardu que ce à quoi s'attendent beaucoup de chercheurs ou d'inventeurs. Il est ainsi important de comprendre totalement les besoins et les exigences de cette communauté avant d'entreprendre de créer des dispositifs pour eux. Il est aussi important d'apprendre des recherches passées et du développement dans l'application de la technologie destinée aux aveugles. Ce chapitre répond à ce besoin.

À la section 2.1 il étudie les différentes technologies qui ont été proposées pour répondre aux besoins des personnes malvoyantes. Pour cela, il reprend les grandes lignes du travail de Vincent Lévesque. Cette étude fournit une vue d'ensemble des connaissances actuelles sur la cécité et les technologies de réhabilitation pertinentes pour la conception de l'aide aux aveugles, et plus particulièrement pour leur usage de l'interface haptique [24].

À la section 2.2, il étudie les nouvelles technologies utilisées dans les jeux sérieux pour les aveugles.

2.1 TECHNOLOGIES POUR LES AVEUGLES

Dans cette section nous allons voir la cécité et les technologies de réhabilitation pertinentes pour la conception de l'aide aux aveugles et enfin nous allons étudier les différentes technologies dans les cannes interactives telles que la canne blanche.

2.1.1 CÉCITÉ ET DÉFICIENCE VISUELLE

Les aveugles et les personnes à déficience visuelle forment un groupe hétérogène. La cécité et la déficience visuelle varient dans l'étiologie, l'acuité visuelle et l'étendue du champ visuel. Le degré de déficience visuelle varie de la non-perception de la lumière à une vision légèrement troublée, avec tous les degrés de variation entre les deux. On dit des aveugles qu'ils possèdent une perception de la lumière quand ils peuvent dire s'ils sont dans une pièce éclairée ou sombre. Ils sont capables de projection s'ils peuvent également situer la source de la lumière. De manière similaire, le champ de vision peut varier dans son étendue ou inclure des angles morts.

Le terme «légalement aveugle» correspond à un ensemble de critères pour la cécité basé sur à la fois une faible acuité visuelle ou une restriction du champ visuel. Aux États-Unis, la cécité légale est définie par le fait d'avoir une acuité visuelle de 20/200¹ ou moins; ou ayant un champ visuel de 20 degrés ou moins. Le terme «vision réduite» est utilisé pour «décrire les individus ayant une déficience visuelle sérieuse, mais ayant néanmoins un peu de vision utile». Le terme «aveugle» est parfois utilisé dans un sens restrictif afin de se référer aux personnes avec au plus la perception de la lumière. «Déficient visuel» se réfère alors à tous les aveugles légaux.

L'âge du début de la cécité est significatif car cela peut affecter la perception de la personne, la représentation de l'espace et l'attitude envers la cécité. Une personne aveugle de naissance est appelée «aveugle congénital». Ce terme est parfois utilisé pour inclure ceux qui ont perdu la vue dans les premières années de leur vie. Les «aveugles accidentels» ont perdu l'usage de la vue plus tard dans leur vie.

¹Une acuité visuelle de 20/200 est définie comme étant la capacité de lire à 20 pieds ce qu'une personne avec une vue normale est capable de lire à 200 pieds.

La cécité peut être due à des causes multiples. Les principales causes de la cécité sont le glaucome, la dégénérescence maculaire, la cataracte, l'atrophie du nerf optique, la rétinopathie diabétique et la rétinite pigmentaire. L'association américaine du diabète ajoute que «le diabète est responsable de 8% des cécités au sens de la loi, faisant de cette maladie la cause majeure des nouveaux cas de cécité pour les adultes âgés de 20 à 74 ans. Cela est significatif, d'autant que la rétinopathie diabétique est souvent accompagnée de neuropathie périphérique, qui restreint également le toucher.

Les manuels sur la cécité et la réhabilitation mentionnent souvent l'inadéquation des statistiques sur la cécité en raison du manque d'efforts au niveau national dans la collecte de données et les variations des définitions de la cécité selon les agences, les états ou les pays.

La fondation américaine pour les aveugles estime qu'il y a 10 millions d'aveugles et de personnes avec une déficience visuelle aux États-Unis. Dans une étude réalisée en 1994-95, 1,3 million d'Américains (0,5%) étaient considérés comme étant légalement aveugles. De ce nombre, seul 10% étaient totalement aveugles et un autre 10% avait uniquement la perception de la lumière. Les 80% restants avaient une vue vaguement utile. Peu de statistiques semblent être disponibles concernant l'âge du début de la cécité. Il est reporté que « seul 8% des personnes présentant une déficience visuelle est né avec un handicap visuel». Actuellement au Canada, on estime que 666,500 personnes sont aveugles ou ont une vue faible. De ce nombre, 144,100 demeurent au Québec. Au niveau mondial, un nombre estimé de 180 millions de personnes ont une déficience de la vue, parmi lesquels 40-45 millions d'aveugles. On estime que 80% des cas de cécité et des déficiences sérieuses de la vue pourraient être évités ou traités dans les pays en voie de développement.

La prévalence de la cécité est beaucoup plus élevée chez les aînés. On estime que 1,1% des aînés (65 ans et plus) sont officiellement aveugles, à comparer aux 0,055% des jeunes (20 ans et moins). On rapporte également que «plus de 50% des individus avec des problèmes de vue ont au moins un autre handicap».

Considérant les progrès continus de la science et de la médecine, il est surprenant de noter que l'on prévoit une augmentation des cas de cécité dans les années à venir. On prévoit que le nombre d'aveugles doublera d'ici 2030. Leung et Hollins expliquent que le nombre d'enfants aveugles est amené à augmenter en raison de «la proportion de bébés nés de mères à des âges de maternité extrêmes est en augmentation» et parce que «les avancées médicales ont permis à beaucoup d'enfants prématurés de survivre, alors qu'ils seraient morts dans le passé». Le vieillissement de la population dans les pays développés et la croissance de la population dans les pays en voie de développement sont aussi des causes de ce problème.

2.1.2 NEUROLOGIE ET PSYCHOLOGIE

Les aveugles et les voyants vivent dans des mondes perceptuels différents. Quelques aspects de l'environnement peuvent uniquement être perçus à travers la vision. Les propriétés de l'environnement pouvant être perçus par le toucher ou l'ouïe sont plus marquants pour les aveugles. Il est naturel de demander, ensuite, de quelle manière la privation de la vue affecte les habiletés perceptuelles et cognitives de la cécité précoce et tardive.

Nous allons commencer par un aperçu des effets de la cécité sur le cerveau. S'ensuivra un examen des effets de la cécité sur les sens du toucher et de l'ouïe. Enfin, nous nous pencherons sur la question de la perception spatiale.

La plasticité du cerveau :

La privation de l'apport visuel pour le cerveau durant une période critique de développement est connue pour causer des dommages permanents au cortex visuel. Un certain nombre d'expériences menées avec des chats et des singes ont montré que les animaux privés de la vue semblent ne pas avoir de réponse au stimulus une fois que la vue est recouvrée. Ils se comportent encore comme s'ils étaient aveugles. Il y a cependant une période critique après laquelle la privation de la vue semble n'avoir aucun effet permanent. Ces conclusions ont été confirmées sur l'homme par des observations cliniques suivant des opérations de la cataracte.

Les techniques d'imagerie cérébrale ont été récemment utilisées pour étudier la plasticité du cerveau. Celle-ci fait référence à la réorganisation fonctionnelle se produisant dans le cerveau comme une adaptation aux demandes ou aux traumatismes. Des études avec des lecteurs de braille ont par exemple montré que la représentation du doigt servant à la lecture dans les régions somatosensitives du cortex est disproportionnée. De même, des études ont montré que les régions visuelles du cerveau peuvent être activées par stimulation tactile ou auditive pour les cas de cécité précoce et, dans une moindre mesure, dans les cas de cécité tardive. Les deux types de réorganisations sont appelés plasticité unimodale et transmodale.

La cause et la signification de ces résultats sont le sujet de débats dans la littérature. Il n'est pas clair, par exemple, qu'une augmentation de la représentation corticale d'un doigt se traduise en une acuité tactile. L'activité observée du cerveau ne doit pas être fonctionnellement pertinente pour la tâche étudiée. Quelques études ont montré, toutefois, que la désactivation du cortex visuel primaire dans la cécité précoce cause une baisse des performances dans la lecture du braille. De même, Amedi et coll. ont montré que la désactivation de V1 interfère avec le processus verbal des aveugles, mais cela n'est pas

valable pour les voyants. Une récente étude de Goldreich et de Kanics explique aussi l'amélioration observée de l'acuité tactile des aveugles par plasticité transmodale.

2 La compensation sensorielle :

La théorie de la compensation sensorielle, selon laquelle les sens restants des aveugles sont surdéveloppés pour compenser la perte de la vue, est débattue depuis longtemps. Alors que de nombreux manuels sur la cécité prennent une posture conservatrice allant à l'encontre de cette théorie, il existe de plus en plus de preuves venant d'études récentes indiquant la compensation sensorielle limitée chez les aveugles.

Stevens et Weaver, par exemple, notent que «une conséquence de la cécité apparaît être une amélioration dans les champs de la perception auditive et des fonctions cognitives, notamment dans les cas de cécité précoce». Zwiers et coll., en revanche, ont montré qu'une certaine faculté de la localisation des sons peut être altérée chez les aveugles précoces en raison de la non-disponibilité d'un support visuel pour le calibrage.

De même, une étude récente a montré l'évidence d'une meilleure acuité tactile chez les aveugles. Utilisant des stimulus hautement contrôlés, les auteurs ont montré que «le sujet aveugle moyen avait l'acuité d'un individu voyant moyen du même sexe de 23 ans plus jeune». Warren, en revanche, rapporte des éléments contradictoires concernant le motif et la perception des formes.

En dépit de cette controverse, il est généralement admis que les aveugles sont plus efficaces pour percevoir un stimulus non-visuel et qu'ils ont une meilleure utilisation fonctionnelle des

sens non-visuels. Il semble, par exemple, que «les aveugles ont, à travers leurs besoins, appris à mieux percevoir le stimulus auditifs et, par conséquent, peuvent faire plus d'utilisation de leur information auditive disponible que les voyants». Un bon exemple est la «vision faciale» qui permet aux aveugles de ressentir la présence ou l'absence d'obstacles. Les chercheurs ont montré que la faculté permettant de ressentir les obstacles (le «sens des obstacles») se fait par l'audition grâce à la détection et la localisation des échos. Le sens des obstacles peut en fait être appris par les sujets voyants dont on bande les yeux. Les aveugles sont aussi particulièrement talentueux pour reconnaître les voix. De même, il a été montré que les courbures sont mieux jugées par les aveugles en raison de leurs meilleures techniques exploratoires.

3 Perception spatiale et imagerie mentale :

La portée de la vision qui est nécessaire pour mesurer la perception de l'espace et la formation d'images mentales est également le sujet de bien des débats dans la littérature. Un traitement compréhensif de ce sujet va au-delà du champ de cette étude. Voir [97, 68] pour plus d'informations.

La vision est considérée par certains comme étant «un cadre dans lequel toutes les sensations spatiales peuvent être intégrées». D'autres définissent ce cadre comme étant une intégration de sens variés, auquel cas la valeur accordée aux autres sens est augmentée par le fait de devenir aveugle. Il est probable, toutefois que «le fait de voir durant une période de développement particulière peut permettre l'établissement d'un système de perception spatiale qui est plus efficacement intégré que sans la vue». Cela peut expliquer pourquoi les aveugles tardifs surpassent parfois les aveugles précoces dans les expériences de perception spatiale.

Le concept d'imagerie spatiale a aussi un intérêt. Une image mentale est définie comme étant «une expérience mentale qui se déroule dans l'absence de stimulation, mais qui ressemble à l'expérience qui survient lorsqu'il y a un stimulus». Chez les voyants, les images mentales tendent à être de nature très visuelles. Il est connu, par exemple, que «les sujets voyants tendent à visualiser les objets qu'ils examinent par le toucher». Il existe, cependant, «une preuve irréfutable que l'imagerie mentale haptique existe chez les aveugles congénitaux». Les images mentales haptiques, toutefois, apparaissent être d'une nature différente que les images visuelles. Il semble, par exemple, que les aveugles précoces «ont une plus grande habileté à percevoir de manière vive à la fois le devant et l'arrière d'un objet palpable en même temps».

2.1.3 LA VIE QUOTIDIENNE

Les sections précédentes ont fourni une brève introduction au monde de la cécité. Dans cette partie, nous allons commencer l'étude des aides techniques et des appareils d'assistance destinés aux aveugles.

Beaucoup d'objets spécialisés sont disponibles pour aider les aveugles à réaliser les tâches simples de la vie de tous les jours plus efficacement. Cela va du fait de lire l'heure à l'identification d'aliments en conserve. *L'Online Shop of the Royal National Institute for the Blind* donne une vue d'ensemble intéressante des appareils disponibles, incluant des montres, des réveille-matins, des étiquettes magnétiques en braille et des balises tactiles pour les couleurs de vêtement. Alors que beaucoup d'aides de ce type sont abordables, d'autres, comme les scanners pour le code universel des produits, peuvent être dispendieux.

D'autres aides utilisées communément, telles que le braille, la canne longue et les chiens pour aveugles seront le sujet d'une étude plus en profondeur dans les parties suivantes. Les nombreuses aides destinées aux personnes ayant une vue basse ne feront pas l'objet d'une discussion dans ce document; voyez le point [63] pour plus de détails à ce sujet.

2.1.4 LA MOBILITÉ ET L'ORIENTATION

De nombreuses aides existent pour aider à coordonner les besoins de mobilité et d'orientation des aveugles. La mobilité est définie comme étant «la capacité à se déplacer de manière sûre, confortable, gracieuse et indépendante». L'orientation se réfère à l'habileté à se situer relativement à un cadre de référence.

La canne longue a été inventée dans les années 1940 et demeure toujours l'aide à la mobilité la plus largement utilisée, avec une estimation récente de 109,000 usagers américains. Elle permet la détection des obstacles avec une portée de trois mètres. Cette portée réduite oblige l'utilisateur à être prêt à s'arrêter ou à corriger sa trajectoire rapidement, et limite donc la vitesse de marche. La canne ne peut pas avertir de la présence d'objets suspendus tels des branches d'arbre. La canne est facilement reconnaissable pour les autres piétons, avertissant ainsi les passants de rester en-dehors du passage, mais marginalise aussi les aveugles.

En dépit de ses défauts, la canne longue est un merveilleux instrument, fournissant une information étonnamment riche. Elle est généralement utilisée pour faire des arcs, tapotant à chaque extrémité. Les sons émis par le tapotement peuvent être utilisés pour l'écholocation. Le contact dynamique fournit aussi de l'information à propos de la texture et de la pente du terrain. Tout cela et «les signaux donnés par la plante des pieds» sont de riches sources d'informations.

Le chien pour aveugle est également une aide populaire avec environ 7,000 usagers. Les chiens pour aveugles sont efficaces et peuvent être entraînés par des professionnels et entretenus par leur propriétaires. Leur coût varie de 12,000 à 20,000\$ et leur vie professionnelle est d'environ cinq ans.

D'innombrables tentatives ont été entreprises pour forcer la technologie à compléter ou remplacer ces «aides à basse technologie». Les appareils issus de ces initiatives sont connus sous le nom d'aides électroniques au déplacement (AED). Le reste de cette section est consacrée à une vue d'ensemble de la portée des AED qui ont été expérimentée, en insistant sur la stimulation tactile. Les lecteurs peuvent se référer aux points [56, 73, 30, 63, 34, 21, 16] pour des études plus approfondies.

Les AED peuvent être divisées en deux catégories, en fonction de leur utilisation principale. La première catégorie fournit un avertissement pour la présence d'obstacles et facilite la sélection d'un chemin sans embûches. La seconde catégorie aide les aveugles à s'orienter eux-mêmes tout en respectant leur environnement et voyager vers une destination donnée. Il est important de se rappeler que nombre de ces appareils présentés ici sont destinés à compléter plutôt qu'à remplacer la canne blanche ou le chien pour aveugle.

1 L'évitement des obstacles

Ces aides fournissent des alertes avancées pour les obstacles et permettent aux aveugles de trouver un chemin sûr et sans encombres. Il est possible de distinguer parmi ces appareils ceux qui fournissent des informations complexes et ceux qui en donnent des simples. Cette distinction est parfois obscure dans les supports pratiques.

La première approche consiste à présenter l'information complexe pour les utilisateurs afin de développer et d'analyser. L'attente est ici que les utilisateurs de longue durée puissent apprendre à interpréter l'information dans le but d'éviter les obstacles. Il y a un désagrément, toutefois, pour savoir si les informations supplémentaires valent le coût élevé et l'effort de l'apprentissage.

Le SonicGuide est un système populaire. Également connu sous le nom d'aide sensorielle avec lyre, cet appareil utilise les ultrasons pour balayer l'espace devant l'utilisateur et créer un signal audio-stéréo qui varie d'intensité afin d'indiquer la distance des obstacles. Le système convient à la forme d'une paire de lunettes. Bien que l'information complexe fournie par le SonicGuide soit extrêmement utile, apprendre comment décoder ce signal requiert un effort non négligeable. Downie, un usager expérimenté des AED commente : «À la fin de l'entraînement, je pouvais faire des choses très utiles avec cette aide. Cependant, j'étais toujours en train de développer des compétences depuis plusieurs années».

Il y a aussi la peau que le signal audio masque les bruits de l'environnement pouvant être importants. Bien que beaucoup plus complexes à mettre en œuvre, les dispositifs reposant sur un canal tactile peuvent toutefois présenter des avantages. Alors que l'audition est déjà exploitée pour l'écholocation, le sens du toucher est encore peu utilisé lors du déplacement. Il est ainsi possible de stimuler la peau sans interférer avec les activités normales et les repères de l'environnement utilisés par les aveugles. De plus, il est plus facile de représenter l'information spatiale sur la peau qu'à travers l'audition.

Les meilleures aides connues peuvent être classifiées en tant que systèmes de substitution visuels car ils fournissent de l'information suffisamment riche pour être utilisés comme étant plus que des AED.

L'approche alternative consiste à présenter uniquement l'information limitée à l'utilisateur. Cette approche possède l'avantage de nécessiter moins d'entraînement, de réduire la charge cognitive du fonctionnement de l'appareil et de souvent réduire le coût.

Le Sonic Pathfinder est similaire au SonicGuide, mais pré-traite les données du détecteur et présente «uniquement l'information qui est d'un intérêt pratique immédiat au piéton en mouvement». L'information est présentée comme des signaux audio simplifiés qui ont moins tendance à interférer avec les bruits de l'environnement. En dépit de cette simplicité, la formation est essentielle pour un usage adéquat.

Un autre appareil, la Laser Cane, comprend trois lasers qui balayent l'espace devant l'utilisateur. Chaque laser active une tonalité et un des rayons active aussi une goupille vibrante. Un appareil plus récent, l'UltraCane, utilise les ultrasons à des fins similaires. L'UltraCane a l'apparence d'une canne longue normale, mais à double usage car elle est une AED. La localisation et la distance des obstacles sont transmises à l'utilisateur à travers quatre boutons distincts sur la poignée.

Le MiniGuide se tient comme une lampe de poche. Lorsque le faisceau ultrason de cet appareil rencontre un obstacle, le MiniGuide vibre à une fréquence qui indique la distance. Une version audio de l'appareil est aussi disponible.

Ulrich et Borenstein ont créé une AED inspirée par les robots mobiles qui guident l'utilisateur autour des obstacles d'une manière très intuitive. La GuideCane est un petit robot à roues tenu

par l'aveugle comme une canne. Comme elle est poussée devant l'utilisateur, le robot balaye la zone avec des ultrasons et détermine un chemin qui évite tous les obstacles. Le robot tourne ensuite ses roues dans la direction appropriée. L'utilisateur ressent la rotation de la GuideCane et suit de manière intuitive le chemin choisi par l'appareil. En dépit de quelques bons résultats avec l'appareil, les auteurs reconnaissent que «le système d'évitement des obstacles basé sur les ultrasons n'est pas suffisamment fiable dans la détection de tous les obstacles dans toutes les conditions».

Enfin, de nombreux chercheurs ont utilisé toute une gamme de stimulateurs tactiles pour guider les usagers. Ross et Blasch ont testé un système avec trois récepteurs à l'épaule qui guident l'aveugle, par exemple pour traverser une rue. De même, Ertan et coll. utilisent une gamme de stimulateurs vibrants 4*4 pour le guidage.

2 L'orientation

Bien que la détection et l'évitement d'obstacles soit important, les aides à la marche à basse technologie telles que la canne longue ou le chien pour aveugle satisfont les besoins de beaucoup d'aveugles. C'est peut-être la raison pour laquelle «beaucoup de marcheurs considère l'orientation du trajet comme étant plus importante que la détection d'obstacles». L'orientation se réfère ici à la manière de trouver sa position par rapport à un cadre de référence et de trouver un chemin qui mène à une destination. Cette tâche est compliquée en raison de la non-disponibilité de repères visuels.

Au cours des dernières années, un grand nombre de solutions ont été proposées afin de fournir des signaux de navigation pour les aveugles. Bien qu'assez simples techniquement, ces solutions requièrent généralement l'adaptation des bâtiments et des signaux dans les rues pour incorporer les balises passives ou actives. Le système Talking Signs repose sur des transmetteurs infrarouges qui diffusent des messages verbaux aux récepteurs manuels. Un

usager aveugle entrant dans le hall d'un immeuble balaye l'environnement avec cet appareil et entend «le bureau d'information» ou des messages dépendamment d'où sont situés les points de service. Bien qu'installés dans quelques villes, ces appareils n'ont pas encore été largement adoptés.

Une autre alternative est de se baser sur des systèmes de positionnement, les systèmes d'information géographiques (GIS) et les ordinateurs portables. Par exemple, VisuAide (maintenant HumanWare Canada) a récemment mis sur le marché un produit commercial combinant un récepteur GPS et un assistant digital portable (PDA) afin de fournir aux aveugles des informations concernant leur localisation, les points d'intérêt et les itinéraires. Le groupe Sendero propose aussi le GPS BrailleNote qui combine un preneur de notes en braille avec le positionnement GPS. Ces aides profitent grandement de leur confiance dans le marché générique de masse des technologies, notamment de la réduction des coûts en comparaison aux technologies développées uniquement pour les aveugles.

2.1.5 ACCÈS À L'INFORMATION

Les voyants utilisent largement les médias virtuels dans le but de diffuser l'information. Dans cette partie, nous discuterons des technologies développées pour fournir un accès égal aux documents écrits, imprimés et digitaux. Nous débuterons par une discussion de l'information textuelle. Suivra une discussion sur le problème le plus complexe des graphismes, des cartes et des environnements virtuels en 3D.

1 Le texte

Cette partie discute des deux principaux médias utilisés pour obtenir l'accès à l'information textuelle : le braille et la voix. Nous discuterons ensuite du cas spécial de l'accès aux matériaux imprimés à travers la technologie.

1.1 Le braille

Le braille a été inventé en 1829 par Louis Braille. Chaque caractère du braille consiste en un groupement de deux colonnes et trois rangées de six points en relief ou absents pour un total de 64 possibilités. Le braille sur ordinateur ajoute une quatrième colonne. Alors que les imprimés sont lus en moyenne à une vitesse de 300 mots par minute (mpm), les utilisateurs avancés de braille peuvent en général évoluer à un rythme de seulement 100mpm. La vitesse de lecture plus basse est probablement due à la nature séquentielle du braille, parmi d'autres facteurs. Le lecteur peut se référer au point [79] pour plus de détails quant à la lecture du braille.

L'alphabétisme en braille est faible. Alors que la plupart des clients de centres de réhabilitation apprennent au moins les bases du braille afin de pouvoir lire les étiquettes, peu choisissent de l'étudier de manière plus intensive. Cela peut être expliqué par l'effort nécessaire pour apprendre le braille et, dans le cas des médias digitaux, la disponibilité des alternatives moins coûteuses.

Le braille peut être imprimé sur du papier et quantité d'autres matériaux. Les documents en étant issus, toutefois, sont beaucoup plus imposants que leurs équivalents imprimés. Les médias digitaux permettent maintenant au braille d'être affiché sur des afficheurs braille dynamiques. Un affichage consiste typiquement en un groupement de 40 ou 80 cellules de braille électromécaniques rafraîchies par un ordinateur incorporé. Bien qu'il soit efficace, les afficheurs braille dynamiques sont chers en raison de leur grand nombre d'éléments. Bien que des tentatives aient été entreprises pour trouver des technologies alternatives, aucune n'a été trouvée suffisamment efficace pour remplacer les afficheurs dynamiques au niveau commercial.

2 La voix

Les informations textuelles peuvent aussi être accessibles en demandant à quelqu'un de lire à haute voix ou en embauchant une personne à cet effet. Bien que plaisante, cette méthode rend l'aveugle dépendant des autres. Une autre méthode consiste à utiliser un discours enregistré. De nombreux livres sont disponibles sur cassette, CD ou CD-ROM. Plus récemment, des livres parlants digitaux et le standard DAISY ont permis d'avoir une meilleure navigation et un plus grand catalogue. Les livres parlants portables sont aussi disponibles dans le commerce.

Les voix synthétiques peuvent également être générées à partir de logiciels ou de matériel hardware. Bien meilleurs marché que les afficheurs braille dynamiques et ne nécessitant pas la connaissance du braille, la voix de synthèse est populaire pour l'accès aux médias digitaux et plus généralement aux interfaces informatiques. Bien que le débit de paroles peut être assez lent, il peut être compressé pour atteindre 275mpm sans affecter de manière significative la compréhension.

3 Les imprimés

Une grande partie de l'information écrite disponible pour les voyants se trouve sous forme de texte imprimé et on ne peut pas espérer pouvoir tous les traduire pour les aveugles avec un moyen approprié. Ainsi, l'accessibilité de l'impression demeure un problème.

La machine à lire de Kurzweil fut la première à combiner un balayage optique, un logiciel de reconnaissance optique des caractères et un synthétiseur de parole destiné à garantir l'accès à du matériel imprimé. Les différents composants de ce système sont maintenant largement disponibles dans le commerce et permettent aux aveugles un certain accès aux imprimés. Un tel système, cependant, n'est pas portable et n'est pas capable de reconnaître un texte dégradé ou manuscrit.

Utilisant l'approche de la substitution sensorielle, les images des cartes Optacon sont obtenues grâce à une petite caméra de par une sensation tactile pouvant être expérimentée à travers un écran tactile miniature. Cet écran consiste en un ensemble de 24 par 6 goupilles montées sur un mécanisme similaire à celui des écrans braille conventionnels. Chaque goupille de l'écran est associée avec un récepteur optique de la caméra. Lorsque l'intensité de la lumière atteint un certain seuil sur le récepteur, la goupille correspondante tapote contre la peau à une fréquence spécifique. Alors que la caméra glisse sur les caractères imprimés, une sensation tactile correspondante se meut à travers le bout des doigts. Avec un entraînement considérable, une lecture d'une vitesse moyenne de 35mpm peut être réalisée. L'appareil peut aussi être utilisé, dans une moindre mesure, pour examiner les graphiques imprimés ou comme une AED. L'Optacon peut aussi être employé pour étudier les environnements graphiques de l'utilisateur en pointant la caméra sur l'écran de l'ordinateur.

2 Le graphisme

Bien que l'information écrite puisse être facilement convertie en braille ou en donnée vocale, l'information graphique quant à elle est difficile à transmettre sur un support audio ou tactile. Dans cette section, nous examinerons les efforts déployés pour donner aux aveugles l'accès à des dessins tactiles, à des cartes géographiques, à des données et visualisations mathématiques, et plus récemment aux environnements 3D virtuels.

2.1. Les dessins tactiles

Les personnes aveugles ne dessinent pas communément pas puisque cette faculté n'est pas bien adaptée au toucher. Il est particulièrement difficile de sentir le dessin sous ses doigts lorsque nous l'exécutons [57]. Les dessins tactiles sont généralement réalisés sur du papier

thermo gonflé en utilisant un stylo spécialement conçu pour faire gonfler (soulever) la surface du papier. De nombreux chercheurs ont observé la manière que les personnes aveugles dessinent afin d'obtenir un aperçu sur leur représentation mentale d'un environnement 3D.

Bien que certaines règles semblent être universelles, les dessins des aveugles diffèrent de nombreuses manières de ceux des voyants [57]. Récemment, Kurze a conçu un système de dessin pour les aveugles spécifiquement pour étudier leur technique [69]. Le système est fondé sur une tablette tactile, la reconnaissance vocale (simulée), la synthèse vocale et le papier thermo gonflé. L'utilisateur peut dessiner des formes primitives telles que les lignes, et enregistrer des échantillons vocaux qui peuvent être utilisés ultérieurement. Kurze a remarqué beaucoup de différences dans la manière de dessiner des aveugles. De nombreuses conventions visuelles, tels que la notion de perspective, ne sont pas respectées. En outre, les objets sont parfois dépliés ou aplatis. Le dessin n'est pas restreint aux parties visibles d'un objet: toutes les sections peuvent être affichées tout en maintenant la topologie de l'objet. Il a ensuite utilisé ces résultats pour mettre en œuvre un pipeline donnant un compte rendu haptique en convertissant un modèle 3D en un dessin 2D [70].

Produire des dessins pour les aveugles n'est pas chose simple. Comme indiqué précédemment, l'utilisation de conventions visuelles dans un dessin tactile peut ne pas transmettre convenablement les informations que l'on cherche à communiquer, à moins que l'individu visualisant le dessin ne reçoive une formation approfondie lui permettant de le déchiffrer et de le saisir [62]. En outre, le sens du toucher ne peut pas distinguer aussi bien les détails fins que la vue ne le permet [62] et est mal adapté pour l'interprétation de matériel 2D [57].

Les images visuelles doivent alors être simplifiées et adaptées avec soin si elles doivent être utilisées par les aveugles. Même alors, l'identification du dessin tactile est très difficile [57]. Ceci peut être particulièrement vrai pour les aveugles de naissance [62, 57]. Dans la section suivante, un cas spécial de dessins tactiles - les cartes géographiques - est discuté en plus de détails.

2.2. Les cartes géographiques

Les cartes sont largement utilisées par les voyants afin d'obtenir l'information spatiale sur une région donnée et des renseignements facilitant leur orientation. Les cartes peuvent être utilisées de façon similaire par les aveugles dans les salles de classe et également dans le but de planifier leurs déplacements. Bien que les descriptions verbales sont le plus souvent utilisées, les cartes tactiles peuvent également être créées en utilisant des techniques similaires à celles utilisé pour soulever les lignes dessins sur le papier thermogonfé [66].

Tout comme les cartes visuelles conçues pour les voyants, l'utilisation de cartes tactiles par les aveugles exige une formation afin de saisir la relation entre la carte 2D et l'espace 3D [57]. "Cela nécessite non seulement la maîtrise de l'interprétation des symboles, mais aussi la compréhension des concepts de base tels que les points cardinaux géographique, la distance et l'échelle, la position relative, et ainsi de suite "[66]. Il faut aussi se rappeler que «l'enfant aveugle est rarement formé et éduqué pour penser en termes de concepts spatiaux, et encore moins pour comprendre les représentations de ces concepts » [66].

Malgré leurs avantages, les cartes tactiles présentent des difficultés. La capacité de traitement de l'information par le toucher est beaucoup moindre que celle permise par la vision [81]. Par conséquent, une quantité moindre d'information peut être présentée sur une carte tactile par

rapport à une carte visuelle de taille équivalente. Cela est particulièrement problématique pour étiqueter car le braille est généralement plus gros que les imprimés. L'alternative consistant à utiliser des touches pour le texte est fastidieuse et peut interférer avec l'acquisition d'information spatiale.

La faible capacité de traitement du toucher force la personne réalisant la carte à ajuster de manière soignée les niveaux de détails de la carte. «Les cartes tactiles doivent contenir assez d'information pour rencontrer les besoins des usagers mais pas trop afin qu'ils ne soient pas confus». En pratique, de nombreuses cartes à différentes échelles sont souvent utilisées. Des efforts ont été réalisés dans le passé pour standardiser les caractéristiques de l'environnement trouvées dans les cartes tactiles et leur représentation symbolique.

Des efforts ont aussi été réalisés pour harmoniser les cartes tactiles avec le retour audio. Un système typique utilise une superposition tactile sur une tablette. En même temps que l'utilisateur explore la carte, le système fournit de l'information à propos de la région examinée. Voir pour l'exemple la Talking Tactile Tablet [101]. Ces systèmes sont utiles mais aussi fastidieux en raison de la fabrication des écrans tactiles et de l'information digitale qui leur est associée. Jacobson a mis en œuvre un système similaire qui supprime l'affichage tactile et le remplace par un retour audio de qualité. Comme l'utilisateur fait glisser ses doigts sur un clavier tactile, le retour audio est fourni sous la forme de paroles, de points de repères verbaux, de carillons et des sons de l'environnement.

L'utilisation de l'haptique interactive est limitée en raison du coût des appareils à haute-fidélité et du manque de disponibilité des écrans tactiles commerciaux. L'utilisation des appareils haptiques, toutefois, doit pouvoir soulager le besoin des écrans tactiles. Le projet

BATS a tenté de combiner la qualité des appareils haptiques destinés au grand public avec le retour audio pour l'exploration des cartes. Les appareils (souris, boules de commande, joysticks et manettes de jeu capables de procurer un retour de force) fournissent des signaux tels que des bosses aux frontières des pays et des états et des vibrations pour les villes. Le système a été testé avec succès avec les cartes de la Grande-Bretagne sous l'Empire Romain et celle de la Caroline du Nord.

2.3 Mathématiques et visualisation

Les graphiques, diagrammes et autres représentations de données et les fonctions mathématiques sont communément utilisés par les voyants pour assimiler de grandes quantités d'information rapidement et aussi pour saisir les tendances et autres caractéristiques des données. Cette information peut être adaptée pour les aveugles par le biais de l'utilisation de dessins tactiles. Tel que discuté précédemment, cependant, ces dessins sont moins accessibles que leurs équivalents visuels et ne fournissent pas autant d'information. De nombreux chercheurs ont ainsi tenté d'utiliser la technologie haptique pour résoudre ce problème.

Ebina et coll. ont utilisé un afficheur tactile similaire au afficheur braille dynamique pour monter le cours des actions ou d'autres graphiques complexes. Beaucoup d'autres chercheurs ont opté à la place pour une visualisation en 3D utilisant des appareils haptiques avec trois degrés de liberté (DOF) tels que le PHANTOM. Fritz et Barner ont proposé un ensemble de méthodes pour la visualisation haptique d'ensembles de données en 1D, 2D et 3D. Magnuson et coll. ont utilisé le PHANTOM et le langage de modélisation de la réalité virtuelle (VRML) pour ressentir les surfaces en 3D.

Yu et Brewster ont enquêté sur l'usage d'un environnement de réalité virtuelle multimodale afin de permettre aux aveugles de lire les diagrammes. Le retour d'information haptique a été utilisé pour le guidage, plutôt que de communiquer la hauteur des barres. Ils ont aussi comparé l'efficacité du PHANTOM et des souris avec transmetteurs de force beaucoup moins chères celles de Logitech et WingMan. Ils ont trouvé que le PHANTOM est meilleur concernant l'haptique seulement sous certaines conditions, mais que cet avantage est perdu lorsque le retour audio est ajouté. Une configuration similaire a été utilisée pour tester l'exploration de graphiques en ligne avec le PHANTOM.

2.4 La réalité virtuelle

Plus généralement, les aveugles ont besoin d'un accès à la réalité virtuelle et à un environnement virtuel. Ce problème était une préoccupation au cours des dernières années en raison de l'augmentation attendue de l'utilisation de la VRML sur Internet. Bien que cela ne se soit pas toujours matérialisé, l'accessibilité des images 3D et même – de manière plus intéressante – l'utilisation d'images 3D pour la réhabilitation mérite l'attention. L'usage de la réalité virtuelle par les aveugles contribue à l'étude sur la réalité virtuelle en l'absence de données visuelles. Si l'on estime que la vision est généralement dominante dans les environnements multimodaux, la suppression de ce stimulus peut avoir un impact significatif sur les exigences des stimulations haptiques. Jansson, par exemple, a utilisé le PHANTOM pour enquêter quant à la perception de la texture d'un papier de verre sans support visuel et à notifié des différences entre la texture attendue et la texture perçue.

Beaucoup de chercheurs ont enquêté sur l'usage d'appareils haptiques pour étudier les environnements VRML par les aveugles. Magnusson et coll. ont testé la capacité de sujets

aveugles à explorer des modèles d'objets en utilisant le PHANTOM et ont conclu que «les utilisateurs pourraient identifier et comprendre des objets plutôt complexes». De manière similaire, Hardwick et coll. ont utilisé l'Impulse 3000 Engine afin d'explorer les environnements décrits en VRML. Colwell et coll. ont aussi observé que les propriétés d'objets virtuels (taille, texture, etc.) ne correspondent pas nécessairement aux propriétés physiques programmées dans les simulations.

Sjöström a expérimenté les environnements virtuels pour les aveugles en utilisant le PHANTOM et la souris Logitech WingMan Force Feedback. Se basant sur cela, il a proposé un ensemble de lignes directrices pour la conception d'interfaces haptiques qui compensent l'interaction ponctuelle de la plupart des appareils. Par exemple, un outil de recherche (tel qu'une croix ou un aimant) peut être utilisé dans le but de faciliter la recherche d'objets éparpillés. L'importance de points de référence bien définis et faciles à trouver est également un point sur lequel il faut insister. La forme des objets a aussi un effet quant à la facilité d'utilisation d'une interface. Un rebord tranchant, par exemple, est difficile à suivre à partir de l'extérieur.

De nombreux chercheurs ont tenté d'utiliser les environnements virtuels non-visuels pour fournir de l'information spatiale aux aveugles et les préparer à se déplacer de manière indépendante. Schneider et Strothotte, par exemple, ont mis en place une méthode d'orientation appelée exploration constructive dans laquelle les usagers apprennent les routes en construisant physiquement un modèle. Dans une première version de ce système, les utilisateurs construisent le modèle en assemblant des objets physiques au-dessus d'un réseau suivant le récepteur audio donné par un ordinateur. Dans une deuxième version, l'interaction a été fournie par un appareil haptique PHANTOM avec une carte gravée et des objets virtuels. De même, Lahav et Mioduser ont utilisé un environnement virtuel avec un retour de force

fournit par un joystick Microsoft Force Feedback afin d'entraîner le sujet aveugle en naviguant et en explorant une pièce. Après entraînement, le sujet était capable de bâtir un schéma de la pièce et de se déplacer dans la pièce réelle. Magnusson et coll. ont mis en place un environnement de trafic virtuel avec le PHANTOM. On a demandé aux usagers de se déplacer de maison en maison en cherchant à trouver le chemin le plus court.

2.1.6 L'INTERACTION HUMAIN-ORDINATEUR

Les premières interfaces informatiques fournissaient aux aveugles le même niveau d'accès qu'aux voyants. L'interface de Microsoft DOS, par exemple, était largement de nature séquentielle et pouvait facilement y communiquer à travers une voix de synthèse ou des afficheurs braille dynamiques. Dans les dernières années, cependant, le «Graphical User Interface» (GUI) est devenu le paradigme dominant pour l'interaction avec l'ordinateur. Alors que le GUI rend l'ordinateur plus intuitif et plus facile à utiliser pour les usagers qui n'ont pas des connaissances techniques en informatique, sa grande dépendance dans les métaphores visuelles et les graphiques le rend pratiquement impossible d'utilisation pour les aveugles. Le retour d'information séquentiel donné par le braille et la voix de synthèse ne peut pas fournir facilement une image générale du bureau et de la relation spatiale entre les objets. De même, une souris est inutilisable sans retour visuel. Bien que cela n'aille pas aussi loin pour le GUI, son paradigme est susceptible de se répandre aux autres appareils tels les appareils électroménagers.

On estime que 196,000 Américains avec des troubles sévères de la vue ont accès à Internet et que 102,000 utilisent un ordinateur sur une base régulière. Les utilisateurs aveugles d'ordinateur misent sur des liseurs d'écrans tels que JAWS combiné avec soit un afficheur braille dynamique ou une voix de synthèse afin d'assurer l'accès aux environnements visuels

tels que Windows de Microsoft. Linux est aussi une alternative viable pour les aveugles avec de nombreux lecteurs d'écrans gratuits disponibles pour des applications variées. Bien que ces solutions permettent aux aveugles d'utiliser un ordinateur, l'expérience est moins satisfaisante que pour les voyants. La voix de synthèse, par exemple, n'est pas suffisamment avancée pour prononcer correctement chaque mot et pour fournir des voix qui sonnent naturelles.

Le problème du navigateur web mérite une attention toute particulière. Internet offre aux aveugles l'accès à une mine d'information qui était préalablement inaccessible ou qui avait besoin d'être adapté pour leur usage spécifique. Bien que des guides pour l'accessibilité à Internet existent, beaucoup de sites Internet sont difficiles d'accès, frustrants et inefficaces pour les aveugles. La plupart des pages web, par exemple, ne fournissent pas de texte alternatif pour les images. Les têtes de page qui sont répétées par les lecteurs d'écran à chaque page peuvent aussi devenir irritantes. L'un des principaux problèmes toutefois est que les navigateurs aveugles éprouvent de la difficulté à obtenir une image globale de la page et doivent trier à travers beaucoup d'information non-pertinente. L'utilisation de voix contextuelles et l'extraction du clavier ont été proposées comme des solutions partielles pour ces problèmes.

Les solutions proposées par les chercheurs afin de fournir un meilleur accès aux GUI peuvent être divisées en deux catégories : la réinterprétation du bureau et les interfaces personnalisées. Alors que la première catégorie tente de proposer la même expérience que celle donnée aux voyants, la seconde va plus loin et modélise un logiciel personnalisé et des interfaces destinées aux aveugles. Ces deux catégories sont ici explorées.

1 La réinterprétation du bureau

Beaucoup de projets de recherche ambitieux œuvrent pour réinterpréter l'interface usager de Windows de Microsoft par le biais de l'utilisation de voix synthétiques, de sons et de retours haptiques. D'après une étude sur la littérature, Christian propose, entre autres, les règles suivantes pour le retour d'information tactile :

- Le retour d'information tactile doit être utilisé pour guider le mouvement du curseur, pas pour le contrôler.
- La loi de Fitt ne doit pas s'appliquer au retour d'information tactile. Cette loi stipule que le temps requis pour un usager d'atteindre une cible diminue avec le logarithme de la distance et augmente avec le logarithme de la taille de la cible.
- Le retour d'information non-visuel doit transmettre l'interface au GUI, pas le contenu de l'écran.
- Les usagers aveugles d'ordinateur doivent être capables de collaborer avec leurs collègues voyants. «L'interface doit tenter de transmettre aux utilisateurs aveugles un modèle mental du système similaire à celui des usagers voyants».

Les travaux d'O'Modhain et Gillespie sur les interfaces informatiques haptiques étaient à l'origine motivées par le studio digital de son. Comme les ordinateurs ont été introduits dans le studio de son, les ingénieurs du son aveugles se sont sentis exclus de cet environnement traditionnellement accessible. Le problème est particulièrement intéressant depuis que le retour audio interfère avec les tâches de montage de son. O'Modhain et Gillespie ont alors conçu un appareil haptique planaire appelé le Moose. L'espoir était de réintroduire l'interaction tactile et kinesthésique avec l'équipement audio pour le bénéfice des ingénieurs

du son aveugles et voyants. Le Moose a été combiné avec un logiciel qui cartographie les widgets sur l'écran avec des sensations tactiles, fournissant ainsi un accès non-visuel au bureau de Windows. Le rebord d'une fenêtre, par exemple, était représenté par une cavité. Une boîte de contrôle était représentée comme attrayante ou repoussante dépendamment de son état. Les objets peuvent littéralement être traînés ou laissés tomber, avec le poids de l'objet qui se ressentait à travers l'appareil. Le but était de créer une bibliothèque des effets haptiques nécessaires pour le développement d'une interface haptique pour les usagers (HUI).

De même, le projet PC-Access propose l'utilisation d'un retour d'information multimodal. Le système utilise des pointeurs de position absolue afin de restaurer la position du retour d'information; aussi bien une tablette de dessin standard ou un appareil haptique en 2D appelé le Pantograph. Le stimulus haptique a été utilisé pour fournir de l'information spatiale au bureau (les distances, l'objet, les tailles). Les sons non-verbaux et le retour textuel (la parole ou le braille) ont été employés pour fournir l'information restante à propos du bureau. Le modèle haptique incluait les boîtes physiques pour la taille des objets et les rigoles physiques comme frontières. Les forces dynamiques, tels que les bandes de caoutchouc, furent utilisées afin de donner l'information à propos de la distance lorsque les icônes bougent, les fenêtres se redimensionnent, etc.

2 Les interfaces personnalisées

Les chercheurs ont aussi tenté de fournir aux ordinateurs des interfaces mieux adaptés aux aveugles. Hampel et coll. ont conçu un client avec une «discussion relayée par Internet» (IRC) qui corrige quelques problèmes trouvés avec les clients traditionnels IRC lorsqu'ils sont combinés avec un afficheur braille dynamique. Au lieu de passer automatiquement au dernier message, par exemple, le client donne le contrôle à l'utilisateur. De tels changements apparemment petits peuvent faire une différence significative dans l'accessibilité du logiciel.

D'autres chercheurs ont conçu des interfaces clients multimodales pour des applications spécifiques. Petrie et coll. ont utilisé une tablette à écran tactile couverte par un revêtement tactile afin de fournir une interface utilisateur pour la navigation à travers des applications hypermédia. La voix de synthèse était utilisée pour donner de l'information recherchée par l'utilisateur. De même, Bellik et Burger ont conçu un éditeur de texte accessible utilisant la reconnaissance vocale, la voix de synthèse et un terminal braille.

Sjöström a expérimenté les interfaces informatiques haptiques et les jeux haptiques pour les aveugles. Il a introduit l'idée de menus haptiques radiaux qui sont plus faciles à utiliser avec la souris FEELit qu'avec les menus conventionnels. Il a aussi expérimenté des outils de recherche (tels qu'une croix ou un aimant) qui facilitent la recherche d'objets dispersés comme les icônes de bureau. Il a aussi conçu des jeux haptiques impliquant l'exploration d'environnements virtuels avec un PHANTOM. Dans la «Maison de la mémoire», le joueur doit explorer un environnement 3D et accorder des boutons deux par deux. «Sous-marins» est une version haptique du jeu de table «bataille navale» dans lequel le robot manipulateur devient un hélicoptère lâchant des bombes sur les sous-marins. L'état des carrés du plateau est représenté par des sensations tactiles semblables à des vagues.

Bien que ces interfaces personnalisées et ces applications soient susceptibles d'être davantage utilisables par les aveugles qu'une réinterprétation simple de l'interface utilisateur graphique, elles sont moins flexibles, requièrent plus de travail pour leur mise en œuvre et ne peuvent être acceptées par les utilisateurs qui désirent non seulement l'accès à l'ordinateur, mais aussi celui aux GUI des voyants.

2.1.7 SUBSTITUTION À LA VUE ET RESTITUTION

Redonner la vue chez les aveugles a longtemps été le rêve des chercheurs. Dans cette section, nous allons voir comment les interventions médicales et les implants expérimentaux peuvent partiellement ou totalement redonner la vue à quelques aveugles. Nous allons ensuite nous pencher sur la recherche à propos de la substitution de sens qui a longtemps cherché à donner aux aveugles de l'information équivalente à celle obtenue par la vision à travers leurs sens intacts.

1 La restitution de la vue

Les interventions médicales sont parfois capables de redonner la vue aux aveugles. Tel qu'il a été brièvement mentionné dans la section 3.1, les résultats sont grandement dépendants de l'âge de la perte de la vue. Par exemple, alors que la vue fonctionnelle d'un aveugle tardif peut être presque totalement restaurée en enlevant des cataractes, l'aveugle précoce voit «quelques améliorations de leur vue avec le temps, et l'apport d'une expérience visuelle, mais dans la plupart des cas, ils ne développent jamais quelque chose s'approchant de la vue normale». Bien qu'ayant apparemment une bonne vision, les patients sont incapables de reconnaître des formes ou des visages, ou de rendre plus fonctionnel leur usage de la vue. Abrams rapporte même qu'environ un tiers préfère la cécité, préférant les pièces obscures et marchant en fermant les yeux.

De nombreuses recherches passées et en cours ont aussi tenté de créer des appareils électroniques qui peuvent être implantés dans le cerveau ou sur la rétine des patients aveugles pour déclencher des sensations visuelles à partir de stimulus externes, tels que des images

enregistrées à partir d'une caméra incorporée dans un œil de verre. On a prouvé que la stimulation électrique du cortex visuel est capable de produire des points de perception de lumière ou des phosphènes. Les implants à basse résolution ont aussi été testés avec succès. Donnant une résolution suffisante, ces implants peuvent éventuellement fournir une vue utilisable suffisante pour se déplacer de manière indépendante ou pour reconnaître des visages et des objets. Cependant, concernant la chirurgie de la cataracte, la restauration de la vue des aveugles précoces ne peut pas être convertie en vision fonctionnelle. Voir le point [31] pour plus d'information à ce sujet.

2 La substitution à la vue

Un système de substitution sensoriel converti l'information normalement acquise par un sens à une modalité qui convient pour les autres sens. Dans le cas de systèmes de substitution à la vue, l'information acquise à partir des caméras optiques ou d'autres récepteurs spatiaux est convertie en signaux audio ou tactile. L'espoir est, comme Bach-y-Rita le mentionne, que «nous voyions avec le cerveau, pas avec les yeux». Après un entraînement intensif, on espère que les aveugles puissent développer des capacités perceptuelles similaires à celles fournies par la vue. Il peut être possible, par exemple, non seulement de localiser un obstacle, mais aussi de l'identifier. Ces appareils ont rencontré un succès considérable en laboratoire, mais ne sont pas encore largement utilisés par la communauté des aveugles.

De nombreux systèmes convertissent l'information spatial ou visuelle en son. Le SonicGuide, présenté dans la section 5.1, peut être vu non seulement comme une AED, mais aussi comme un système de substitution à la vue. Plus récemment, un système similaire appelé le vOICe a été créé par Meijer. Le vOICe balaye à travers des images vidéo et crée un signal audio 3D. Comme Meijer explique, «le maîtriser complètement demande beaucoup d'efforts et de pratique, peut-être autant qu'apprendre une langue étrangère».

L'étude la plus approfondie sur la substitution à la vue à travers le toucher est Tactile-Video Substitution System (TVSS) par Bach-y-Rita qui est en cours depuis 1963. Bach-y-Rita a expérimenté la conversion d'images vidéo en simulation tactile sous la forme de vibrations ou de stimulation électrique directe. La stimulation était appliquée sur l'abdomen, le dos ou les cuisses avec une gamme de 100 à 1032 points. Les dernières démarches de Bach-y-Rita et ses collègues impliquaient une stimulation électrique directe sur la langue. Le TVSS est commercialisé sous le nom de VideoTact et coûte environ 40,000\$.

Des résultats impressionnants furent obtenus avec ces appareils. Bien qu'un entraînement intensif soit requis, il a été montré que les sujets peuvent «apprendre à effectuer des jugements perpétuels en utilisant des moyens visuels d'analyse, comme la perspective, la parallaxe, le zoom et l'estimation des profondeurs». De plus, les sujets ont parfois «extériorisé» les sensations et ne les sentaient plus appliquées contre leur peau. En fait, «les sujets apprennent la compression à tel point qu'ils dessinent involontairement leurs têtes quand l'image tactile est subitement magnifiée par un zoom de la caméra». Ces habiletés perceptuelles, toutefois, émanent seulement quand on donne à l'utilisateur le contrôle de la caméra. Cela conduit Lenay et coll. à proposer l'utilisation de «dispositif d'accouplement sensorimoteur» comme terme plus approprié pour de tels appareils. Il est aussi intéressant de noter que ces sujets peuvent facilement s'adapter à un déplacement des stimulateurs d'une région du corps à une autre. En dépit de ces résultats, le concept a été estimé d'un intérêt pratique limité. Testé dans des lieux extérieurs et complexes, le stimulus est impossible à interpréter. En outre, «le degré de concentration nécessaire à l'utilisateur est trop grand pour être soutenu pendant de longues périodes; seul, l'utilisateur peut effectuer d'autres tâches en même temps».

La question des attentes de l'utilisateur est aussi intéressante. Malgré son nom, un système de vue de substitution ne permet pas aux aveugles d'expérimenter la vue ou de la rendre, menant ainsi souvent à des déceptions. Bach-y-Rita mentionne, par exemple, que la «vue» d'un être cher ne déclenche pas d'émotions. Des observations similaires ont été faites à propos du recouvrement de la vue de personnes devenues aveugles de manière congénitale. Bach-y-Rita note cependant qu'«un nourrisson aveugle utilisant un système de substitution à la vue sourit quand il reconnaît un objet et tend les bras pour l'attraper».

Utilisant une configuration tactile plus intuitive, Di Stefano et coll. ont créé un système portable qui convertit «les images de vision stéréo en surfaces virtuelles à bas-relief». La surface a été explorée avec un appareil haptique utilisant des fils activateurs.

2.1.8 DISCUSSION

Cette section analyse la revue de la littérature présentée dans les parties précédentes dans le but d'extraire l'information utile aux futurs projets de recherche consacrés aux aveugles, en particulier ceux impliquant l'utilisation de la technologie haptique. Cela sera suivi d'un examen des tendances actuelles dans la technologie et leur signification pour l'avenir de la technologie fonctionnelle. Pour finir, cette section se conclura par un survol des opportunités pour l'haptique dans la conception des supports technologiques pour les aveugles.

Le marché des technologies adaptatives

Bien que la technologie soit omniprésente dans la vie de nombreuses personnes aveugles, la plupart des aides les plus évoluées ont rencontré peu de succès commerciaux. Cela est

particulièrement vrai pour les AED : aucune d'entre elle n'a «atteint quelque degré significatif de pénétration du marché potentiel». Il est estimé qu'environ seulement 3,000 à 3,500 AED ont été vendue depuis 1985.

Il est ainsi important de demander si les appareils d'assistance remplissent un besoin. Il est généralement agréé, par exemple, que «de nombreux aveugles acquièrent un haut niveau de mobilité sans aide électronique». D'autre part, il est concevable que de nombreux aveugles «choisissent l'assistance d'un donneur de soins s'ils ont le choix entre faire les tâches nécessaires avec un appareil d'assistance ou avoir un donneur de soins qui fait les mêmes tâches pour eux». En fait, Brabyn ne considère que le «développement des aides électroniques au déplacement pour les aveugles a largement précédé notre compréhension des besoins pour les piétons aveugles mobiles».

Bien qu'il y soit clairement une demande pour les appareils d'assistance par une part de la population aveugle, il est important de se rappeler que les aveugles n'en veulent pas à tout prix et qu'ils ne vont pas adopter ces appareils à n'importe quel coût. Cela est particulièrement vrai pour les appareils de substitution des sens. La vue «ne manque pas» aux personnes aveugles de manière congénitale; ils savent que cette faculté existe, que la vie dans un monde où la plupart des gens peuvent voir serait plus facile s'ils le pouvaient eux aussi, mais ils ne s'attendent pas à voir un coucher de soleil avant longtemps». De même, la vue peut manquer aux aveugles tardifs, mais «le monde visuel est de moins en moins éclatant avec le passage du temps».

Les développeurs des technologies d'assistance ne doivent pas être encouragés outre mesure par les statistiques listées dans la section 2. Le marché potentiel pour les appareils d'aide est

loin d'atteindre les 40 millions d'aveugles à travers le monde, la plupart d'entre eux vivant dans le tiers monde et ne peuvent pas se les permettre. La communauté des aveugles restant varie en termes de pouvoir d'achat (dépendamment du niveau de support gouvernemental ou d'assurance, par exemple) et en sa réceptivité pour les nouvelles technologies. Les personnes âgées, qui composent une grande partie des aveugles, ne peuvent généralement pas apprendre comment fonctionne un appareil complexe tel le SonicGuide. Même dans la minorité restante des aveugles qui sont intéressés par ces dispositifs, il existe des différences significatives dans leur capacité à apprendre à s'en servir. Les usagers qui réussissent à apprendre et à faire un usage efficace de ces aides complexes demeurent une exception plutôt que la norme.

Considérant les efforts requis pour apprendre l'utilisation de quelques-uns de ces appareils, il est aussi important de considérer si la communauté des aveugles croit ou doit croire aux affirmations faites par les chercheurs et les fabricants de ces appareils. Baldwin écrit que «il y a beaucoup de scepticisme dans la communauté des aveugles et les inventeurs bien intentionnés ne sont pas toujours accueillis à bras ouverts». De même, Lauer affirme : «Les grands espoirs et les déclarations exagérées ont été faites dans les années 1970 ont laissé derrière eux des gens qui ont été déçus à propos de la longueur de la formation nécessaire pour utiliser l'Optacon, des difficultés pour l'utiliser et du coût. La communauté aveugle s'est désillusionnée et a oublié combien pouvait être utile cet instrument pour plusieurs milliers d'entre eux».

En l'absence de mesures de performance pour les AED, les aveugles doivent se rabattre sur les informations fournies par les manufacturiers et le bouche-à-oreille. Le marketing de ces appareils a souvent exagéré leurs avantages, augmentant ainsi les attentes envers eux et menant finalement à de la déception de la part des acheteurs. Les médias grand-public sont

aussi rapides pour accepter et disséminer ces déclarations, vendant chaque nouvelle technologie comme une avancée révolutionnaire. Dans un tel contexte, il est facile de comprendre pourquoi la communauté des aveugles est lasse d'adopter de nouvelles technologies et devient même parfois cynique.

Une autre question sérieuse est celle de la stabilité des manufacturiers et des lignes de produits. De nombreux dispositifs, particulièrement les aides au déplacement, ont arrêté d'être produites par leurs fabricants car elles n'étaient plus viables commercialement. Cela cause des problèmes sérieux pour ceux qui ont investi du temps, de l'argent et des efforts pour maîtriser lesdits appareils, et étant devenus parfois dépendants d'eux. Quand l'Optacon a été retiré du marché en 1996, nombre de ses fervents utilisateurs furent extrêmement déçus et craignirent d'être privés de leur appareil si celui-ci venait à se briser. Prenant en compte l'histoire de la commercialisation des aides électroniques à la mobilité, il est difficile de convaincre un acheteur potentiel que le dernier appareil sera mis en service et soutenu pendant des années.

Recommandations

De nombreuses recommandations et lignes de conduite ont été mises de l'avant afin d'aider les concepteurs à rencontrer les attentes de la communauté des aveugles. Cela est particulièrement vrai pour les appareils portatifs, tels les AED. Un dispositif portable «doit être confortable, ergonomique au niveau du son, pratique à utiliser et à «stationner» lorsqu'on ne s'en sert pas». Lenay et coll. établissent la liste des exigences : autonome, léger, robuste, visible (afin d'informer les autres quant à la condition de la personne si cela est nécessaire), mais aussi discret (permettant à la personne de se fondre parmi les autres), peu onéreux et démontable. Une aide au déplacement doit idéalement ne pas interférer avec l'usage normal des sens, tel l'usage des gants. Quelques utilisateurs, cependant, soutiennent que cela peut être

acceptable. Downie, par exemple, mentionne que le fait de couvrir les sons de l'environnement est acceptable pour certaines tâches si le SonicGuide fournit des informations appropriées.

L'importance de facteurs sociaux est aussi souvent sous-estimée par les concepteurs d'appareils. Comme pour les autres produits de consommation, il existe un facteur émotionnel rattaché à l'achat et à l'utilisation d'un dispositif d'aide. Le but d'avoir une plus grande mobilité, par exemple, peut entrer en conflit avec le but d'intégration dans la société. La plupart des aveugles ne va pas accepter de porter des appareils qui vont les marginaliser, même si leur utilité est prouvée. Cela est compréhensible, considérant que les voyants fassent involontairement preuve d'une attitude différente lorsqu'ils interagissent avec les aveugles.

En définitive, la collaboration entre les aveugles, la réhabilitation ainsi que les communautés de recherche sont cruciales. Un processus de conception collaboratif est le meilleur espoir pour les appareils fonctionnels d'utilisation pratique. Les concepteurs de dispositifs innovants doivent être prêts à faire face à une opposition naturelle aux changements qui vont à l'encontre de la sagesse conventionnelle. Bien que le point de vue des aveugles et des organismes de réadaptation est très important, il n'en demeure pas moins qu'aller à l'encontre des idées reçues peut conduire à des résultats intéressants et combien précieux. L'Institut for Innovative Blind Navigation mentionne avec humour que Louis Braille se verrait sans doute refuser la validation de son invention, s'il proposait le Braille aujourd'hui [24]. En effet, l'acceptation de la méthode braille à l'époque ne s'est produit pas du jour au lendemain et ne fut pas sans controverse. En outre, il faut se rappeler qu'une personne aveugle ne peut se prononcer au nom de l'ensemble de la communauté. Les opinions et les besoins varient entre les individus. Il ne faut pas non plus présumer qu'une personne aveugle, comme tout autre

consommateur, est consciente de tous ses besoins de manière précise et de la meilleure façon de les combler.

Tendances et développements futurs

Les tendances actuelles en technologie nous permettent de spéculer sur l'avenir de l'assistance technologique pour les aveugles. Le domaine des implants neuronaux et rétiniens, par exemple, est susceptible de gagner du terrain à l'avenir. Bien que ces implants n'offrent actuellement qu'une faible résolution de vision, des améliorations technologiques pourraient bientôt permettre une résolution plus élevée et accorder aux personnes aveugles un certain degré de vision fonctionnelle. Il convient cependant de rappeler que la restauration de la vue ne restaure pas nécessairement les capacités visuelles de perception des aveugles de naissance.

On projette une grande expansion quant à l'utilisation des ordinateurs dont on se servira plus que jamais en réseau à l'avenir. Cette technologie bénéficiera certainement aux personnes aveugles. Les progrès de la maison intelligente, par exemple, pourraient faciliter le contrôle des appareils ménagers ou fournir des informations d'une manière qui est à la fois intuitive pour les voyants et les aveugles. Un tel système pourrait exécuter des commandes verbales et répondre avec la synthèse vocale. De même, les étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID) actuellement testées pour les magasins pourraient permettre aux aveugles d'identifier et de localiser les objets par leur signature radio. De plus, il nous faut considérer les ordinateurs qui sont de plus en plus portables et désormais même intégrés dans les vêtements. Toutes ces avancées peuvent être exploitées pour les aveugles et s'avérer utiles à de nombreuses fins telles que l'assistance à la navigation. Les systèmes utilisant le GPS et d'autres méthodes de positionnement risquent de proliférer dans le futur. Ces progrès

technologiques se basent en grande partie sur la technologie générique et bénéficient donc d'économies d'échelle.

Bien que bon nombre des tendances décrites jusqu'ici bénéficient les aveugles, d'autres pourraient empêcher l'accès aux aveugles à certains progrès destinés aux personnes voyantes. Nous citons en exemple l'utilisation croissante des interfaces graphiques et des métaphores visuelles en informatique. Étant donné la puissance croissante des ordinateurs, les avancées en informatique permettront fort probablement au consommateur une utilisation plus intuitive. La vision jouant un rôle majeur dans la perception des personnes voyantes, il existe donc un risque que les personnes aveugles soient laissées pour compte. Cela est particulièrement problématique puisque plusieurs des appareils électroménagers traditionnellement accessibles et des produits de base se tournent maintenant vers des interfaces visuelles.

Des efforts prometteurs sont actuellement déployés pour répondre à cette situation afin de satisfaire les besoins de tous les consommateurs et de permettre aux personnes avec ou sans handicap de bénéficier des produits sur le marché. Des normes sont élaborées afin de fournir une interface alternative de protocole d'accès (AIAP) à une variété de consommateurs des dispositifs électroniques [6, 58]. L'objectif est de permettre à ces dispositifs d'être exploités par des télécommandes universelles (URC). Une URC sera en mesure de découvrir les fonctionnalités d'un appareil et de fournir une interface d'utilisateur bidirectionnelle permettant à la fois des commandes et des évaluations. Cela permettrait à une personne aveugle de faire usage d'un URC adapté utilisant l'audition ou le toucher sans nécessiter une personnalisation de l'appareil par le fabricant.

9.4 Opportunités pour les technologies haptiques

Conformément à ce que nous avons vu dans les sections différentes, de nombreux appareils de réhabilitation reposent sur le sens haptique afin de fournir l'information à l'utilisateur. Parmi ceux-là, nous avons vu l'utilisation de la stimulation vibrotactile simple (UltraCane) et celui de gammes complexes en 2D de stimulateurs tactiles (TVSS). De nombreux projets de recherche utilisent aussi l'utilisation d'appareils haptiques tel que le PHANTOM, le Pantograph ou de souris, joysticks et boules de commande meilleurs marché et destinés au grand public. L'utilisation de l'haptique semble avoir été bien reçue par les aveugles en dépit des nombreux avantages de la voix de synthèse ou des solutions audio. Dans ce contexte, il est intéressant de regarder les opportunités toujours disponibles pour la recherche haptique avec un bénéfice potentiel pour les aveugles.

Cibler les aveugles en tant qu'utilisateurs potentiels de la technologie haptique signifie en essence utilisé l'haptique en l'absence de retour d'information visuelle. Une grande partie de ces recherches est ainsi applicable aux aveugles. On doit prendre soin, toutefois, de ne pas se baser sur la vision pour soutenir l'haptique et être conscient des changements que cela peut causer à la sensation délivrée avec un dispositif haptique. Quelques considérations pratiques doivent également intervenir dans la conception et l'interface haptique finale. Un utilisateur aveugle, par exemple, doit être capable de trouver facilement comment se servir de l'appareil.

L'une des orientations de recherche prometteuse est l'utilisation d'affichages tactiles. L'absence de technologie abordable, fiable et robuste en ce qui concerne les écrans tactiles sur le marché est souvent citée comme un problème pour la présentation de matériel graphique dynamique tel que les cartes. Alors que la demande pour les cartes et les dessins tactiles peut être limitée, des versions statiques sont présentement en usage avec divers degrés de succès.

Il existe aussi des opportunités pour propager les appareils d'assistance existants avec des mécanismes haptiques simples et à bas prix, qui fournissent un retour d'information intuitif à l'utilisateur. Les poignées haptiques telles que celles proposées par Immersion Corp. peuvent être également idéales pour les aveugles.

2.2 CANNES INTERACTIVES

Généralement, les aveugles souffrent de leur mal dès la naissance ou à cause d'un accident, faisant en sorte qu'ils vivent dans l'obscurité pour la vie. Cependant, l'utilisation d'outils de communication tels que la canne pour le déplacement dans la noirceur peut être importante. Plusieurs travaux de chercheurs ont permis de développer la canne permettant de réaliser le déplacement en aveugle grâce à plusieurs aspects. Toutefois, quand la canne intelligente est utilisée, notamment avec le réseau sans infrastructure, de nombreuses activités peuvent être réalisées.

Khlaikhayai et *al*, proposent un nouveau concept de cannes pour personnes âgées et aveugles pouvant être utilisées pour la sécurité et le déplacement. Un système consistant en un récepteur sans-fil est incorporé au réseau sans infrastructure (réseau ad hoc) qui peut être exécuté à l'intérieur de la canne, pouvant établir une communication entre les groupes qui peuvent fournir le réseau et la communication. L'avantage du système proposé est que la sécurité des aînés et des aveugles peut être assurée; de plus, lors d'événements spéciaux comme des rassemblements d'aveugles, il est possible d'établir des liens entre les handicapés [51].

Le système consiste en une zone de détection, une alerte sonore, une unité de contrôle et une source d'alimentation. Le télémètre fonctionne en utilisant le porteur de fréquence radio avec une fréquence de 27,6 MHz. Lorsqu'elle fonctionne, la plage de détection est identifiée comme étant la zone de sûreté, d'où toutes les données requises sont contrôlées par l'unité de commande. La transmission radio est générée par le récepteur et envoyée vers la cible, sur laquelle le signal peut être détecté par le receveur, d'où la distance peut être calculée et comparée à la base de données par l'unité de commande. Il n'y a pas d'alarme vocale dans des conditions de sûreté. Toutefois, le système d'alerte sonore fonctionne même si la distance est en-dehors de la zone de sûreté.

L'utilisation d'un nano-dispositif peut être fournie avec la canne, avec laquelle davantage d'applications peuvent être réalisées, comme les récepteurs multifonctions ou le réseau aveugle. Le dessin 3 montre le fonctionnement de la canne : nous voyons que celle-ci peut être utilisée à une courte portée dans un réseau appelé réseau ad hoc (réseau sans infrastructure). En utilisant ce réseau pour les aveugles, nous pouvons obtenir des applications telles que le GPS, et organiser des rassemblements de marcheurs ou des visites de la ville. L'avantage du réseau ad hoc pour les aveugles est qu'un seul individu aveugle peut guider tout un groupe en formant une connexion liant les autres ensembles. Cela peut également être utilisé pour suivre et contrôler le mouvement des aveugles tout en assurant leur sécurité.

Walking Stick Sensor System

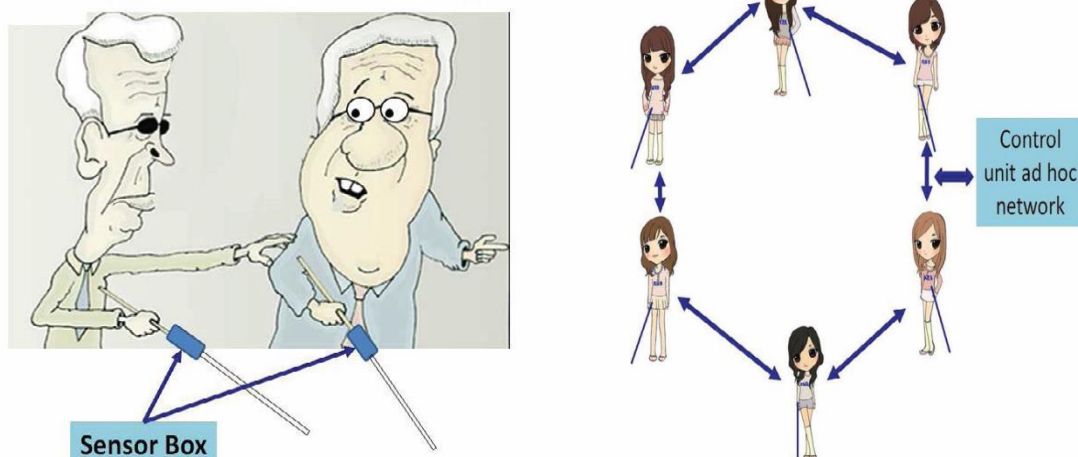


Figure 1: Canne intelligente avec le réseau ad hoc

La canne blanche

La canne blanche a été introduite dans les années 1940 et est l'aide à la mobilité la plus commune pour les personnes à déficience visuelle, avec environ 130,000 utilisateurs aux États-Unis [42]. Elle permet la détection d'obstacles en face de l'utilisateur dans un rayon d'un mètre. Les utilisateurs tapotent habituellement la canne dans un arc de cercle de la gauche vers la droite aussi loin que le permet la longueur de la canne. Ce tapotement fournit des informations importantes à propos de la surface et de l'inclinaison du sol de l'environnement de l'utilisateur [16]. Cependant, il y a plusieurs problèmes reliés à la canne blanche, notamment ceux en termes de détection et de facilité d'utilisation.

Tout d'abord, nous avons examiné le problème de la portée, qui est réduit à moins de deux pas [57] et permet généralement la détection d'obstacles uniquement à une distance égale à la longueur de la canne [60]. Cette courte portée interagit dans la vitesse du marcheur, car elle ne lui permet pas de s'approcher en toute confiance des obstacles situés au-delà de la portée de la

canne. Ainsi, les utilisateurs doivent se concentrer et vérifier les obstacles, car ils ne sont pas capables de les anticiper à plus de deux pas. Le fait de se soucier de cela réduit donc la vitesse de marche [63]. En outre, Clark-Carter indique que la vitesse de marche peut être affectée par l'ampleur de l'information précédente [17]. En effet, une étude sur la vitesse de marche des personnes à déficience visuelle [17] montre que le fait d'utiliser une canne Sonic Pathsounder (3,5m) augmente leur vitesse de marche de 18% par rapport à l'allure avec une canne blanche. Cela permet donc un niveau de confiance plus élevé; plus celle-ci est élevée, plus les utilisateurs marchent à leur allure préférée. Manduchi *et al.* Soutiennent l'idée que la vitesse de la marche dépend de la confiance qu'éprouve un marcheur. Ainsi, l'allure de la marche peut être utilisée comme un indicateur de la confiance de l'utilisateur [17,61].

Le fait de diminuer le nombre de contacts non-intentionnels avec des obstacles a aussi été associé à la vitesse de marche. Un manque de cette donnée avec peu d'avertissement (c'est-à-dire une portée de détection limitée) réduit l'allure de la marche et mène également à des dangers potentiels de collisions et de chutes [17] à cause du contact non-intentionnel avec des obstacles. Généralement, on détermine le nombre d'incidents de mobilité par le nombre de contacts avec des obstacles [6,5] rapportent que plus de 50% des 289 aveugles participant à une étude ont subi des chutes au moins une fois dans l'année, et que 36% des répondants ont mentionné que ces accidents ont nécessité des soins médicaux. De plus, les situations les plus dangereuses pour les personnes à déficience visuelle impliquent des obstacles se mouvant rapidement [12]. Une portée de seulement 1 mètre est trop courte pour détecter des objets bougeant rapidement, car elle ne laisse pas à l'utilisateur un temps de réaction suffisant [9] [51]. Les utilisateurs des cannes doivent donc avoir un temps de réaction rapide en raison de cette portée limitée [6,51].

Ensuite, les zones de détection couvertes lors de l'utilisation d'une canne blanche peuvent poser un autre problème dans la perspective de l'utilisateur. En raison du fait qu'une canne blanche ne détecte pas les obstacles au niveau du haut du corps, les utilisateurs sont sujets aux dangers impliquant un risque accru de chute et de collisions. À la lumière de ces circonstances, tel qu'il a été préalablement noté, les personnes à déficience visuelle utilisant une canne blanche ont souvent des accidents impliquant des objets au niveau de la tête [5].

Il est crucial pour leur sécurité de fournir des moyens pour détecter des obstacles au-dessus du genou et dans une portée plus importante [14].

En particulier, la majorité des personnes âgées présentant une déficience visuelle montrent que leur jugement relatif aux obstacles mobiles a subi une détérioration graduelle du fait de leur âge [8], ce qui mène à des performances en baisse avec l'âge [15]. Sur la base de cette évidence, les utilisateurs âgés présentant une déficience visuelle peuvent trouver difficile de vérifier scrupuleusement les obstacles en tapotant le sol. D'autre part, cela requiert un tapotement continu et ils peuvent facilement se fatiguer de ces mouvements de bras répétitifs [16] fatigue qui interviennent bien plus vite que chez les utilisateurs plus jeunes [12]. Enfin, la vitesse de réaction est corrélée négativement avec l'âge [22,51]. Ainsi, il est plus difficile pour les aînés d'éviter les obstacles se mouvant rapidement car cela demande un temps de réaction rapide. En somme, une canne blanche peut mener à un danger accru de collision et à une grande dépense d'énergie et de temps.

2.3 JEUX POUR LES AVEUGLES

Le développement de jeux pour aveugles, sous toutes ses formes, avance plus rapidement qu'avant. Le jeu informatisé est un assurément le domaine de jeu avec l'évolution la plus rapide pour ce qui est du développement de jeu pour malvoyant. En effet, depuis quelques années, les législations américaines et européennes stimulent les industries de logiciels informatiques à créer et adapter des logiciels et programmes spécialement destinés aux personnes souffrantes d'handicaps de toutes sortes, dont évidemment les malvoyants. Cela a pour effet d'améliorer grandement l'accès à de telles technologies pour les aveugles. Par contre, l'industrie du jeu vidéo, ne voyant pas la nécessité et la demande en de tels jeux, et stimulée par aucun palier de gouvernement, est restée très lente dans l'élaboration de jeux vidéo spécialisés pour les aveugles, et seules quelques petites entreprises indépendantes développent de tels programmes. Avec la croissance exponentielle du jeu vidéo en société, l'exclusion des non-voyants devient en enjeu de plus en plus préoccupant.

Dans cette optique, la présentation des technologies de jeu déjà existantes ainsi que des tous nouveaux développements s'avère essentielle.

2.3.1 HISTORIQUE

L'historique de l'adaptation des jeux vidéo et informatique pour les aveugles commence surement en 1997, par la simple modification du logiciel Quake 1, logiciel de jeu informatique, par la firme ZForm. Ces simples modifications des codes sources permirent de faciliter l'interface utilisateur audio et la fourniture de signaux audio pour la navigation du joueur. Les efforts de ZForm se sont concentrés sur des moyens classiques d'accès aux systèmes informatiques en utilisant des lecteurs d'écrans, alertes sonores et les technologies de grossissement d'écrans, sans faire appel aux stimulations tactiles. Le projet TIM (Tactile

Interactive Multimedia), lui, se servit de tableaux tactiles et de détecteurs de mouvements dans le cadre d'une interface de jeu flexible destiné aux enfants aveugles et malvoyants. Son approche consistait à adapter des jeux et programmes éducatifs déjà existants en fournissant une description du logiciel dans un langage développé qui sera ensuite interprété par le TIM qui facilite l'accès au jeu grâce à son interface. Une panoplie d'autres jeu informatique sont apparus chez de petites compagnies telle Accessible Games, avant-gardistes dans la création de synthétiseurs de parole directement dans leur jeux, les rendant autonome au niveau des dialogues et diminuant la dépendance des joueurs malvoyants à des logiciels intermédiaires comme JAWS de Windows. Accessibles Games commença par convertir certains jeux traditionnels comme Free Cell et Battleships, mais se concentrent actuellement à des jeux en ligne permettant au joueur d'interagir avec d'autres joueurs.

Malgré ses petites avancés, l'écart persiste entre le matériel de jeu informatique et vidéo disponible pour le public général et les malvoyants. Plusieurs projets et concepts prometteurs sont donc présentement en développement, ainsi que de nombreuses recherches révélatrices démystifiant le pourquoi et comment du jeu vidéo pour les aveugles. Nous ferons donc un survol des projets et recherches les plus prometteurs.

2.3.2 PROJET ET CONCEPTS

GRAB

Le projet GRAB concerne le développement d'un environnement audio virtuel tactile qui permet aux utilisateurs de localiser et d'interagir avec un objet généré par ordinateur en utilisant leur sens du touché ainsi qu'une aide audio. Bien que le projet GRAB soit utilisée spécifiquement pour les aveugles et malvoyants, son utilisation est beaucoup plus vaste et ne se limite pas à un seul domaine [12]. Le projet est fondé par le programme de technologies

d'information de société chaperonné par l'union européenne et implique un consortium multinational de 6 partenaires majeurs dont le Royal National Institute for the Blind et Haptica Ltd. Le système GRAB consiste en une nouvelle interface tactile commandé par deux doigts spécialement développé par PERCRO pour simuler le touché d'objets virtuels 3D avec un degré de force très élevé et résolution de position. Il s'agit en fait de deux bras coordonnés possédant chacun trois axes de liberté, trois axes de mobilité et un espace de mobilité vaste. Grâce à ces propriétés mécaniques, le système GRAB peut simuler plusieurs propriétés d'objets virtuels comme la dureté, la texture ou l'épaisseur. Il simule aussi les différentes trajectoires et frontières d'un objet précis et les forces de répulsion et d'attraction de celui-ci. L'idée d'utiliser un tel système dans un jeu vidéo conçu pour aveugles a été amené par plusieurs concertations ayant pour but de trouver différentes applications à GRAB. Plusieurs idées de jeu furent émises avant d'arriver au concept final de jeu de recherche et aventure en 3D. Ce type de jeu possède l'avantage que toutes les sortes d'interactions possibles avec l'interface tactile de GRAB pouvaient être incorporées au jeu [10]. Après plusieurs mois de programmation et d'ajustements, certains tests furent administrés à un public malvoyant pour tester le potentiel de ce nouveau jeu et mirent en évidence sa simplicité et son caractère immersif particulièrement apprécié. Beaucoup d'ajustements sont de mise avant un possible mis en marché, mais le concept reste très prometteur.

Braille Play

Le jeu Braille Play est un jeu pour téléphone intelligent destiné aux enfants aveugles et a pour but d'enseigner les caractères de braille pour promouvoir la littérature en braille. Il est basé sur VBraille, une méthode de disposition de caractère en Braille sur les téléphones intelligents. IL comporte 4 jeux avec chacun leur niveau de difficulté : le VBReader et le VBWriter qui simulent des fiches en braille et le VBHangman et VBGhost qui incorpore

l'identification de caractère et la mémoire de manière plus amusante. Les téléphones intelligents offrent une plateforme très intéressante et de plus en plus populaire pour le jeu éducatifs, surtout grâce à leur mobilité et leur capteurs additionnels (écrans tactiles, vibrations, etc.)[13]. Leur omniprésence parmi les jeunes en fait aussi un intermédiaire de choix. Des tests furent entrepris sur plusieurs enfants de 5 à 8 ans pour tester l'efficacité du jeu. Les concepteurs constatèrent que la grande majorité des enfants étaient capable de jouer avec un entrainement minimal et que ceux-ci apprécié jouer et désirait même y jouer sur une longue période de temps. L'apprentissage du braille était lui aussi très efficace et perceptible [53].



Figure 2: Jeu Braille Play

Sudoku tactile

Pour les personnes aveugles, l'information est souvent présentée par des média remplaçants. Le nouveau concept de sudoku tactile explore la possibilité d'imiter la perception visuelle par la perception tactile en utilisant uniquement une nouvelle exposition tactile et en utilisant les jeux comme paradigme. Il s'agit d'un sudoku au principe traditionnel, mais utilisant des stimulations tactile au contact des cases pour informer le joueur [52]. Le seul élément non tactile serait des alertes sonores pour signaler une action. L'interface consisterait en une plaque 2 dimensions sur laquelle les malvoyants balayeraient ses doigts et recevrait des stimulations tactiles et audio en lien avec les informations de son sudoku. Le fonctionnement du jeu est très simple et assez instinctive et surpasse les autres modèles de jeu sudoku pour aveugles pour son avancement psychologique.

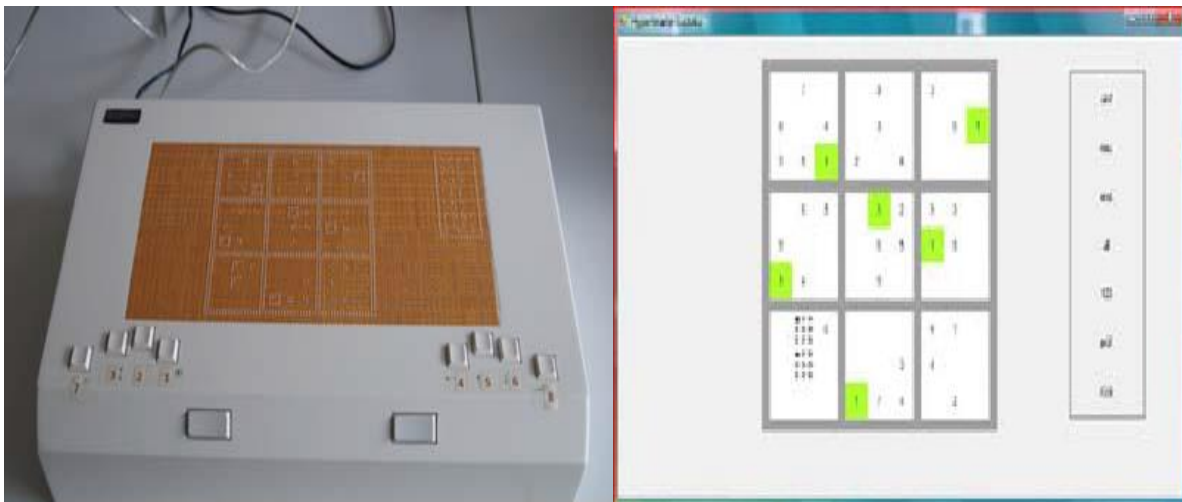


Figure 3: Projet Sudoku tactile

Eyes Free Yoga

Les personnes aveugles ont souvent de la misère à participer à des exercices physique ou des classes de conditionnement à cause des nombreux problèmes que cause leur handicap, que ce soit la difficulté de se déplacer, leur manque d'expérience ou tout simplement leur incapacité à suivre une activité qui nécessite la vision comme élément d'apprentissage. Les jeux vidéo basés sur le mouvement, comme la Kinect ou la Wii, [54] sont une bonne manière de contrer ce fâcheux handicap en favorisant les activités physique chez soi, limitant les déplacements, mais ceux-ci sont eux aussi souvent basés sur la vision. Le jeu Eyes Free Yoga est un jeu vidéo basé sur le mouvement utilisant la console de jeu connue Kinect, mais se basant uniquement sur un apprentissage auditif. Le jeu agit comme instructeur et les instructions pour effectuer les positions de yoga sont exclusivement donnés sous format audio. Ce principe simple, permet aux malvoyants d'effectuer des activités physiques et de découvrir de nouveaux sports contribuant à une bonne habitude de vie, le tout de manière sécuritaire, dans le confort de son salon et avec des instructions adaptés à ses capacités. Les tests effectués sur 16 personnes aveugles montrèrent que les aveugles avaient effectivement du plaisir dans leur session de yoga et que les instructions audio aidaient grandement à la compréhension des exercices.

CHAPITRE 3

CONCEPTION DE LA CANNE INTERACTIVE

3.1 RAPPEL DU PROBLÈME

Tel mentionné plus haut, les cannes intelligentes présentent des nouveaux et sérieux problèmes de facilité d'utilisation [5, 6,51]. Un problème de taille consiste dans l'alimentation de l'appareil. Une canne électronique typique a besoin de batteries, par exemple, le sonar BAT K requiert une batterie rechargeable et le LaserCane, l'UltraCane et le Vistac Laser Long Cane nécessitent 2 piles AA rechargeables. Ces batteries, spécialement dans le Vistac Laser Long Cane, ne procurent que 4 heures d'utilisation continue. Cela pose de sérieux problèmes d'utilisation quand les utilisateurs se trouvent dans des situations demandant une utilisation prolongée de leur aide à la mobilité.

Ensuite, la vitesse des alertes peut poser un problème. Le temps pris pour envoyer un signal à l'utilisateur une fois l'obstacle détecté peut être un facteur significatif pour les utilisateurs lorsqu'ils choisissent un appareil (plus la réponse est rapide, plus sûr est l'appareil) [5]. Pour le retour d'information tactile, le récepteur peut détecter les gens ou les objets se déplaçant à des vitesses aussi basses que 5-10 km/h, tout comme des véhicules allant aussi vite que 20 km/h. Des vitesses supérieures à 20 km/h ne donnent pas à l'utilisateur assez de temps pour réagir à l'alerte, ce qui requiert 215 ms. Les objets se déplaçant à plus de 20 km/h sont trop rapides pour les récepteurs et pour prévenir l'utilisateur à temps. Bien que le récepteur puisse être ajusté pour détecter des objets allant jusqu'à 100 km/h, cela constituerait un gaspillage de la batterie, puisque l'utilisateur ne serait pas capable d'éviter l'objet en

question à temps [13]. Le temps de réaction ralentit aussi après la fin vingtaine [21] et la reconnaissance du stimulus se détériore de plus en plus avec le vieillissement [28].

Selon l'Association Nationale pour les Aveugles (NAB), l'angle entre la canne et le sol varie entre 50 et 60 degrés. En conséquence, le récepteur de détection est dirigé vers le haut et peut détecter les obstacles au-dessus du genou, les utilisateurs doivent tapoter sur le sol pour y détecter les obstacles, tout comme avec la canne blanche. En somme, les trois principaux problèmes sont les suivants :

- Problèmes de batteries
- Temps de réaction
- Détection au niveau du sol

Amélioration de la portée de détection

L'utilisateur doit balayer son environnement pour détecter les obstacles pour des raisons de sécurité. Toutefois, tel que discuté ci-haut, notre prototype de canne intelligente avait des problèmes de détection au niveau du sol. Il possède une portée de détection n'étant pas fiable. Ce problème a été soulevé par un participant ayant eu une expérience similaire avec la ceinture haptique, tel que mentionné précédemment. De plus, le SonicGuide, un système populaire, ne détecte pas les objets au niveau du sol [43]. La cause était que la couverture limitée du récepteur ou la portée de détection. Utiliser des récepteurs multiples devrait couvrir différentes directions et même un large porté indépendamment de la direction dans laquelle se dirige l'utilisateur. La tolérance à l'erreur est abordée ensuite lorsqu'on fournit une portée de détection fiable.

Rapidité de réponse

Le temps pris par une canne intelligente pour signaler un obstacle à l'utilisateur est crucial pour la sécurité des personnes à déficience visuelle. Un signal rapide – un qui soit immédiat et précis – permet non seulement aux utilisateurs d'éviter facilement les obstacles et de changer de chemin, mais leur permet aussi d'avoir davantage de temps de prendre des décisions [59]. Une canne avec un temps de réponse élevé entrave la mobilité de ses utilisateurs. Par conséquent, fournir un signal efficace aborde le principe de la CU concernant la simplicité; l'élément haptique doit être opéré avec une vitesse d'exécution élevée et une latence courte [63], ce qui engendrera un temps de réaction rapide.

Amélioration de la charge de la batterie

Alors que les dispositifs sensoriels varient en fonction de la charge, la mobilité requiert un usage continu sans recharge. Les utilisateurs seraient condamnés à utiliser une canne ordinaire si la batterie était à plat lorsqu'ils se déplacent. La canne intelligente devient ainsi une canne plus lourde que la normale sans ses avantages technologiques. Faire fonctionner la canne intelligente est un élément capital, notamment si on l'utilise comme une aide à la mobilité. Une canne avec des batteries rechargeables doit automatiquement contrôler la demande d'énergie, qu'elle soit activée ou non. Il est utile d'économiser de la consommation d'énergie afin d'assurer une utilisation plus longue [59]. En outre, lorsqu'elle est en utilisation, un indicateur du niveau de la charge de la batterie (haut/moyen/bas) devrait être fourni. Cela serait une amélioration de la conception simple et intuitive, qui permettrait aux utilisateurs de vérifier la charge de leur batterie d'une manière facile.

Assurer la portabilité

La canne intelligente doit être légère car les personnes à déficience visuelle devant l'utiliser à longueur de journée. De ce fait, la réduction de son poids et sa portabilité sont des facteurs cruciaux. La canne intelligente actuelle avec un module de réception, incluant les piles, pèse 320g plus lourde qu'une canne blanche. De plus, les utilisateurs qui en ont besoin durant toute la journée doivent transporter un chargeur de batteries. Cependant, le fait de réduire la taille des fils et de concevoir un circuit intégré pouvant contenir toute l'électronique à l'intérieur de la canne devrait pouvoir réduire le poids de la canne. D'autre part, un métal très léger avec un diamètre relativement faible – comparable en poids à celui des cannes traditionnelles – serait aussi utile pour la réduction du poids. En résolvant la question de la taille et l'espace pour l'utilisation de l'appareil, les utilisateurs doivent être capables d'utiliser la canne pour des périodes plus longues.

Toutes les cannes intelligentes sont conçue pour améliorer la détection des obstacles, la rapidité de réponse et la durée de la batterie. Mais pas comme un moyen de loisir par exemple un joystick pour que l'aveugle puisse jouer des jeux n'importe où.

3.2 CONSTITUTION DE L'OUTIL

Le produit que nous présentons est ce que nous appelons une manette intelligente pour personne non-voyante. Il s'agit d'une canne blanche à laquelle on joint les éléments suivants : un détecteur ultrason, un accéléromètre, une batterie un clavier et le tout est piloté par une carte Arduino. La figure 3 schématise le système. Ce qui suit présente le rôle de chaque composant.

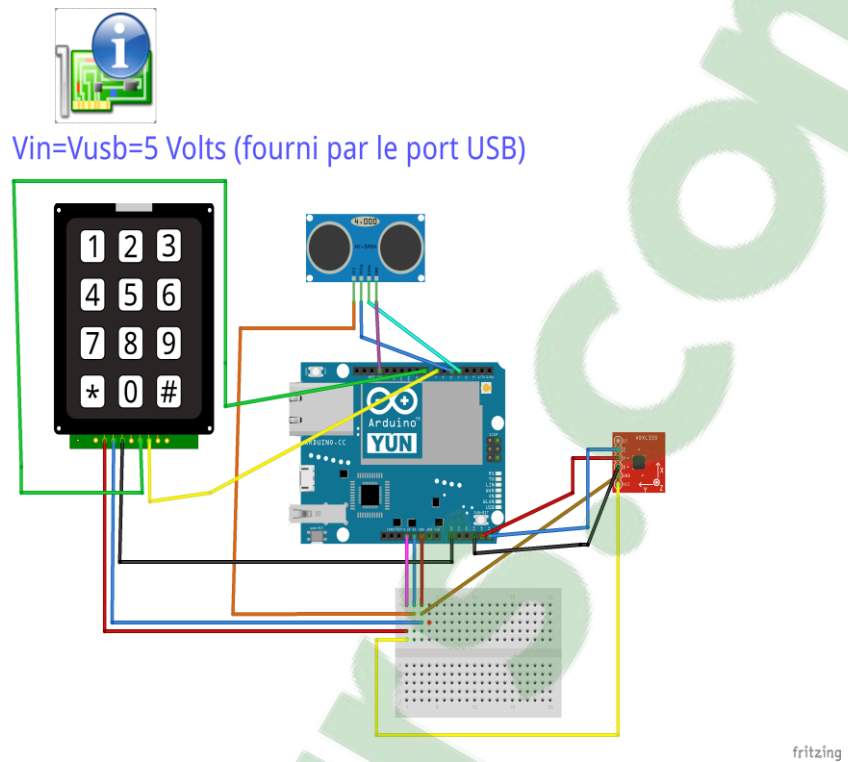


Figure 4: Schémas électronique du système

Détecteur ultrason :

Le HC-SR04 (Figure 4) est un module ultrason permettant l'évaluation d'une distance de 2cm à 400cm. La mesure est réalisée "sans contact" et dispose d'une précision de 3mm dans les conditions optimales. Le module inclus un émetteur et un récepteur ultrason ainsi qu'une électronique de contrôle. Le fonctionnement de ce module s'apparente à celui d'un sonar de sous-marin et sa mise en œuvre est relativement simple [67].



Figure 5: Senseur Ultrason (HC-SR04)

Accéléromètre :

L'ADXL377 est un petit, mince, de faible puissance, complète accéléromètre 3 axes avec signal conditionné sorties de tension analogique qui a une plage pleine échelle de ± 200 g pour mesurer les changements les plus extrêmes en mouvement, choc ou de vibration. Il a été éclaté en deux broches pour obtenir les données nécessaires à partir des accéléromètres [67]. La cassure est parfaite pour les applications telles que la détection de commotion cérébrale et un traumatisme crânien ou de détection d'un événement de force élevée (Figure 5).

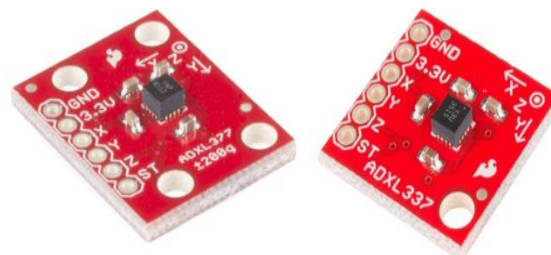


Figure 6: Accéléromètre (ADXL377)

Pour Obtenir le ADXL377 Breakout set-up est facile. Il suffit de fournir l'accéléromètre avec une puissance (3,3 V et GND), puis raccordement des X, Y, et Z lignes du capteur aux broches de l'ADC sur la carte Arduino. La bandes passantes peuvent même être sélectionnées en fonction de l'application nécessaire, avec une gamme de 0,5 Hz à 1600 Hz pour les axes X et Y et une gamme de 0,5 Hz à 550 Hz pour l'axe Z.

Carte Arduino Yun :

Yún signifie “nuage” en Chinois faisant ainsi référence au monde en ligne que nous connaissons sous le nom de "cloud" (Figure 6). Cette carte permet à l'écosystème Arduino de se connecter facilement sur des WebServices complexes et application Web/Cloud. Arduino Yún est une combinaison d'un Arduino classique (basé sur un processeur Atmega32U4) et d'un système WIFI embarqué (system-on-a-chip) fonctionnant sous Linino (un OS GNU/Linux MIPS basé sur OpenWRT, une distribution Linux pour système embarqué sans-fil) [68].



Figure 7: Carte Arduino Yun

Conçue en collaboration avec Hunter, une société disposant d'une vaste expérience Linux, la carte utilise la distribution *linino* qui fournit des paquets (package) signés assurant ainsi

l'authenticité des logiciels installés sur le système embarqué. La machine Linux est directement incorporée sur la carte d'un Arduino Leonardo et les deux systèmes sont interconnectés. Il est donc très facile pour Arduino d'exécuter une commande sur la "partie Linux" et d'utiliser le système embarqué comme interface Ethernet et Wifi.

Batterie :

C'est une batterie externe (Power Bank) de capacité 3000mA. Après avoir fait des tests sur la consommation de la batterie, elle peut durer cinq heures successives dans le mode canne sachant que ce mode utilise l'accéléromètre et le capteur ultrason. Par contre, en utilisant la canne comme une manette pour jouer avec un téléphone intelligent, la durée passe à six heures (Figure 7).



Figure 8: Batterie

Clavier :

Le clavier est composé de douze boutons. Il contient quatre trous de montage lui permettant d'être utilisé comme un système d'entrée à la place de boutons traditionnels. Ce clavier émet logique de 3,3V (Figure 8). Les six touches du clavier permettant de faire différentes actions. Ainsi, 0 : permet d'activer le mode canne. Ce mode permet de compter le nombre de pas et de mesurer la distance entre la canne et l'obstacle. 1 : permet de mettre le téléphone intelligent en mode silencieux. 2 : permet de mettre le téléphone intelligent en mode vibreur. 3 : cette option nous indique l'heure en message sonore. 4 : permet d'appeler un numéro préenregistrer du téléphone. 5 : permet de jouer de la musique en arrière-plan. 6 : permet de lancer des jeux non-visuels.

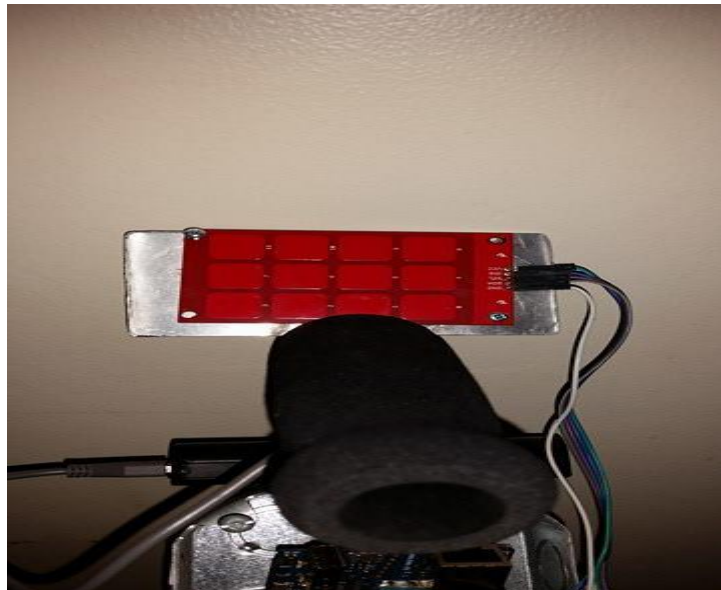


Figure 9: Clavier

3.3 CONCLUSION

Dans ce chapitre, il a été présenté les problèmes d'utilisation des cannes intelligentes pour que nous puissions l'améliorer. Aussi nous avons présenté la constitution d'une canne qui est un joystick pour aveugles (Figure 9). Le prochain chapitre discutera des résultats obtenus en utilisant notre outil comme manette dans un jeu ne comportant aucun retour visuel.

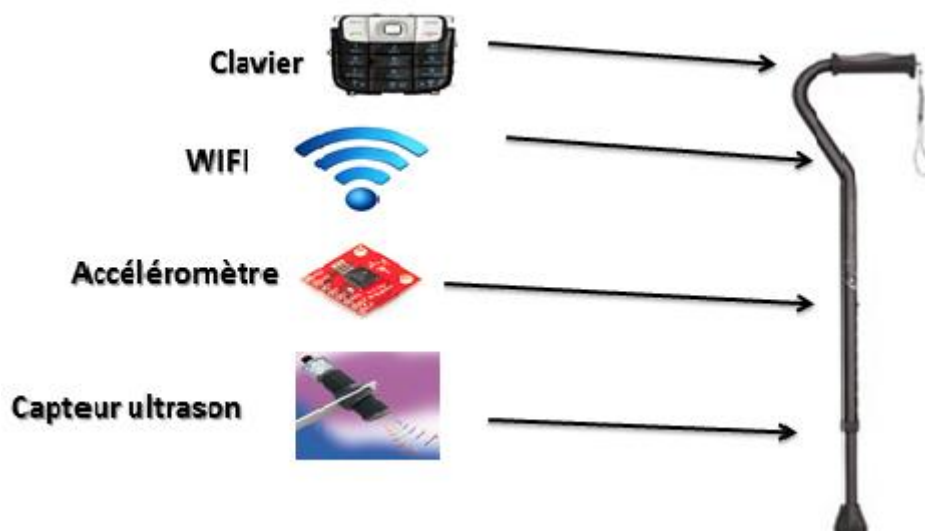


Figure 10: Les composants de la canne intelligente

CHAPITRE 4

ÉTUDE DE CAS ET RESULTATS OBTENUS

4.1 EVALUATION

Sachant que la canne blanche reste l'outil le plus utilisée par les personnes souffrant de déficience visuelle, nous avons intégré plusieurs senseurs (capteurs de position, accéléromètre etc.) dans une canne blanche afin de la transformer en ce que nous appelons une manette pour aveugle. Cet outil permet essentiellement de détecter les gestes que l'on fait avec la canne et aussi de communiquer avec un téléphone intelligent. Dans ce chapitre, nous relatons une expérience qui a été menée afin d'évaluer l'usage de cet outil dans un jeu. Le jeu que nous utilisons ne comporte aucun retour visuel, seuls des retours sonores sont exploités.

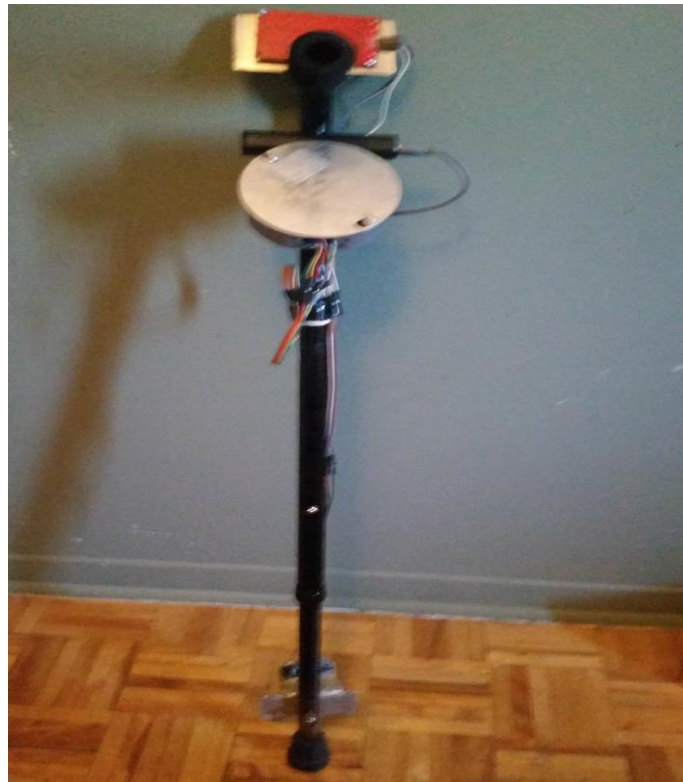


Figure 11: Canne Intelligente

Le jeu non-visuel se matérialise à travers le trajet d'un petit labyrinthe. Le principe est simple; il s'agit de la recherche d'une princesse par un prince à travers un parcours de type labyrinthe parsemé d'obstacles. Chaque obstacle doit être évitée et dépassée pour avancer et celles-ci seront signifiées à l'utilisateur par un avertissement sonore. Pour atteindre la sortie, le joueur sera guidé par un retour sonore binaural. Par retour sonore binaural, on entend un son qui permet de déceler la direction de provenance (nord-sud, est-ouest). Pour avancer, le joueur devra simplement bouger la manette dans la direction de provenance du son (avant-arrière, gauche-droite). Afin de valider la fonctionnalité de la canne, nous effectuerons une évaluation de la manette et de son fonctionnement. Pour ce faire, nous évaluerons les performances de personnes voyantes (travaillant sans le retour visuel) avec ce jeu. Nous avons pour cela de recruter 20 personnes en bonne santé pour ces tests. Ce groupe test formé de personnes ne présentant aucune déficience au niveau de la vision ou de l'audition.

L'objectif est de s'échapper d'un labyrinthe au seul moyen de retours sonores. Pour chaque essai, nous enregistrerons un résultat en fonction de la complexité du labyrinthe et du temps mis pour localiser la sortie.

Il y a aucune limite de temps pour la localisation de la sortie, néanmoins il sera possible pour un participant d'abandonner un essai au besoin et d'y revenir ultérieurement. A la fin des essais un formulaire sera utilisé afin de recueillir le sentiment des utilisateurs sur le jeu et la facilité à utiliser la manette.



Figure 12: Zone de jeux

Le but de ce jeu est d'améliorer le reflex de l'aveugle et aussi de lui faire oublier son handicap vu qu'il va jouer contre un concurrent voyant et il va avoir la même chance de gagner contre lui.

4.2 PARTICIPANTS ET MESURES

Après avoir obtenu un certificat d'éthique. Une expérimentation a été conduite avec un prototype du jeu. Vingt étudiants de différentes disciplines telles que l'informatique, le génie civil, le sport, etc ont pris part à cette expérience. Ces personnes, dont 6 femmes, étaient âgées de 19 à 45 ans. L'expérience revient à s'échapper d'un labyrinthe par l'usage de messages sonores sans utiliser aucun retour visuel.

Pour cette expérience, nous avons retenu le temps total mis pour sortir du labyrinthe. Et à la suite du test qui a été effectué, les participants ont eu à répondre aux onze questions reportées ci-dessous :

1. À quel point le jeu a-t-il retenu votre attention?
2. À quel point vous sentiez-vous concentrer sur le jeu?
3. Quel point avez-vous mis des efforts pour jouer au jeu?
4. Sentiez-vous que vous faisiez de votre mieux?
5. À quel point avez-vous perdu le fil du temps?
6. À quel point vous sentiez-vous conscient que vous étiez dans le monde réel alors que vous étiez en train de jouer?
7. À quel point avez-vous oublié vos préoccupations quotidiennes?
8. À quel point étiez-vous conscient de vous-même et de votre entourage?
9. À quel point avez-vous remarqué les événements qui ont pris place autour de vous?
10. À quel point avez-vous trouvé le jeu difficile à compléter?
11. À quel point pensez-vous que ce jeu peut être intéressant pour un non-voyant ?

4.3 RÉSULTATS ET ANALYSES

Tous les participants sont parvenus à compléter le labyrinthe. Le temps mis pour la complétion est reporté à la dernière colonne du Tableau 1. Les réponses aux onze questions constituent les onze premières colonnes de ce même tableau.

On constate que le temps varie de 1 à 30 minutes avec une moyenne de 9.6 mn. Toutefois, il est à noter que les deux personnes ayant eu le temps de complétion le plus élevé ont grandement apprécié l'expérience menée dans le cadre de cette étude. En effet, comme on peut le voir sur le Tableau 1, les deux participants (P6 et P17) ayant mis 30 minutes pour la complétion, ont attribué des notes au dessus de la moyenne pour les onze questions du formulaire de post-évaluation. Cela laisse penser que ces participants ont mis du temps mais

ils ont pu vivre une belle expérience de jeu. En particulier, si on se réfère aux cinq premières questions, il est clair que ces participants ont été bien immergés dans le jeu proposé. De plus, à la question où ils sont amenés à s'exprimer sur combien ils trouvent intéressant le jeu, ces deux participants ont clairement exprimé que le jeu était très intéressant (avec 4 et 5 sur 5).

D'une manière, beaucoup plus général, à la question 11, les participants ont trouvé le jeu très intéressant avec un pourcentage de 87%. Concernant les questions 8, 6 et 2, nous remarquons que les participants ont été très concentrés. Cela s'explique par le fait qu'ils devaient utiliser juste un seul sens en jouant. Dans un autre registre, nous avons aussi constaté que les gens ont trouvé le jeu un peu difficile. Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils n'ont pas l'habitude de jouer à des jeux purement sonores.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Temps
P1	5	4	5	3	4	5	5	3	2	3	5	10
P2	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	2
P3	4	3	2	4	2	4	3	5	3	5	5	5
P4	4	4	3	5	2	4	3	4	4	2	4	10
P5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	15
P6	4	4	5	4	4	5	4	5	3	3	5	30
P7	5	5	5	4	5	2	5	3	1	3	5	20
P8	3	2	4	4	2	4	3	4	2	2	5	8
P9	4	4	5	5	2	4	2	4	4	2	4	10

P10	5	5	4	2	4	2	5	3	2	3	5	10
P11	4	5	2	4	1	3	4	4	4	1	5	10
P12	3	2	2	5	2	3	2	5	4	1	2	10
P13	3	3	2	4	4	3	4	4	2	3	3	5
P14	4	3	2	3	2	3	4	2	1	2	5	5
P15	4	4	5	4	2	3	4	3	2	2	4	2
P16	3	3	2	3	3	3	4	3	2	3	4	1
P17	3	4	3	4	4	4	5	4	3	4	4	30
P18	3	3	3	4	4	3	3	3	4	2	5	2
P19	2	3	3	3	1	5	1	4	4	3	4	2
P20	3	2	3	3	1	4	1	3	4	3	4	5
Moy	3.7	3.6	3.4	3.65	2.95	3.65	3.55	3.75	3	2.7	4.35	9.6
%	74%	72%	68%	73%	57%	73%	71%	75%	60%	54%	87%	

Tableau 1 : Evaluation du jeu

Il y a quelques critiques quant à la réalisation du test. Notamment, l'un des participants a pris 30 minutes puisqu'il n'avait pas bien compris l'expérimentation. De même, certains participants ont stipulé n'avoir compris l'expérimentation qu'après les premières secondes de la phase de test. En conséquence, nous remarquons que le faible taux de reconnaissance peut

également être lié à une faille dans l'explication du test de validation. Ainsi, pour améliorer la procédure expérimentale, une phase d'exercice devrait être ajoutée avant le test afin que les participants comprennent bien les instructions.

Aussi nous remarquons que les participants ne sont pas assez concentrés pendant le test, peut-être à cause des messages sonores. Donc il faut choisir des messages sonores plus explicatifs pour attirer le joueur.

CHAPITRE 5

CONCLUSION

Les travaux présentés dans ce mémoire ont pour but d'améliorer la canne intelligente en ne limitant pas seulement son utilisation. En plus d'être un outil d'aide pour le déplacement, elle sera aussi utilisée comme outil de loisirs. En d'autres termes, nous avons voulu l'utiliser comme une manette de jeu. À cet effet, nous avons étudié comment intégrer différentes technologies pour concevoir une canne blanche qui serait aussi une manette de jeu.

Cette problématique a été abordée sous deux volets : la réalisation de la canne et le développement d'un jeu sérieux pour expérimenter cette nouvelle forme de manette.

Phase 1 C'est la réalisation de la canne intelligente, la canne est composée d'un accéléromètre, d'un clavier et d'un détecteur à ultra son. La fonction de base de celle-ci est de permettre une détection des obstacles se trouvant sur le chemin de l'utilisateur, et ce, à l'aide d'un détecteur ultra son. Celui-ci, relié à un téléphone intelligent, avertira l'aveugle de la distance exacte entre lui et l'obstacle. Cette option sera activable selon le bon vouloir de l'utilisateur pour ne pas offrir un surplus d'information inutilisable. De plus, le clavier installé sur le manche de la canne permet un contrôle simplifié et commode d'un téléphone intelligent associé. En effet, l'utilisateur se servira de son clavier pour contrôler les multiples options de son téléphone intelligent telle la composition de numéro pour des appels téléphoniques, l'accès à la discothèque, le changement de mode de sonnerie, l'heure et la date, etc. Le tout est alimenté par une batterie de format USB d'une durée de plus de 12 heures et rechargeable sur son ordinateur ou n'importe quel appareil électronique offrant une prise USB.

Phase 2 : La conception d'un jeu spécialisé pertinent et sérieux, directement relié à la canne, représente le vrai défi du projet. Le but est d'élaborer un jeu intéressant, pouvant se jouer de n'importe où et directement à l'aide de la canne. L'utilisation du clavier comme interface est donc évidemment nécessaire. La connexion déjà établie avec le téléphone intelligent offre de nombreuses possibilités quant à la nature du jeu. L'objectif est de créer un jeu stimulant pour rejoindre l'intérêt de l'utilisateur, mais tout de même assez simple dans son fonctionnement pour pouvoir être joué uniquement sur le clavier de 6 cases. L'absence de possibilité de stimulation tactile, comme l'offrent beaucoup de jeu pour aveugles et malvoyants, et la limitation dans les stimulations sonores compliquent grandement les tâches et ne laissent que très peu de possibilités de jeu. Après réflexion, c'est le concept de parcours à obstacle qui s'est avéré le plus approprié. Le principe est simple; il s'agit de la recherche d'une princesse par un prince à travers un parcours de type labyrinthe parsemé d'obstacles. Chaque obstacle doit être évitée et dépassée pour avancer et celles-ci seront signifiées à l'utilisateur par un avertissement sonore. Ce concept permet une utilisation optimale du clavier de la canne et reste assez simple et intéressant pour être potentiellement vendu.

De plus, cet outil pourrait réduire la difficulté d'intégration des aveugles dans la société avec des jeux multi-joueurs. La canne peut réduire le dépense de l'État sur les jeunes aveugles vus que ils besoin de beaucoup de matériels et des personnels spécialistes dans ce domaine.

Ce mémoire contribue à améliorer notre compréhension de la notion de jeu sérieux et de son utilisation dans un cas concret. Le fait que nous ayons étudié les aspects (jeu sérieux, personnes aveugles, canne intelligente) simultanément dans le cadre d'une application réelle et critique nous permet de mieux comprendre les liens qui existent entre la richesse de la conception de la canne, l'infrastructure computationnelle nécessaire pour la supporter, et les

mécanismes logiciels pour sa mise en œuvre. D'autres retombées importantes de cette recherche se manifestent, en offrant un milieu interdisciplinaire de formation dans la société.

Du point de vue personnel, les travaux effectués dans le cadre de cette maîtrise ont permis d'acquérir différentes compétences à ce qui à trait, notamment, à la programmation des cartes arduino, à la programmation Android et aussi à la connexion des senseurs avec la carte arduino.

D'un point de vue matériel, l'ajout d'un vibreur et un haut-parleur est très important pour l'amélioration du retour sonore, mais ça rend la canne plus lourde et consomme plus d'énergie.

Soulignons que cet outil a besoin d'être testé sur des aveugles et expérimenté dans plusieurs cas d'études afin d'améliorer la canne et d'avoir des résultats plus concrets.

Recherche Future

Vu que la canne contient une carte wifi, un bon nombre de fonctionnalités logicielles pourraient être ajoutées. Par exemple, une application de rencontre pour tous les aveugles qui ont une canne intelligente. Aussi, l'intégration de la canne dans la ville intelligente va aider les aveugles dans leur vie quotidienne puisque les routeurs wifi sont installés par tout. De plus, un test sur des aveugles pourra améliorer la canne.

RÉFÉRENCE

- [1] American Diabetes Association, <http://www.diabetes.org/diabetes-statistics/eye-complications.jsp>.
- [2] BrailleNote GPS, The Sendero Group LLC. <http://www.senderogroup.com>.
- [3] Canadian statistics on vision impairment. <http://www.accessdome.com/com-general/can-stats.asp>.
- [4] Digital Accessible Information SYstem. <http://www.daisy.org>.
- [5] JAWS R, Freedom Scientific. <http://www.freedomscientific.com>.
- [6] MiniGuide, GDP Research. <http://www.gdp-research.com.au>.
- [7] B. Ando. Electronic sensory systems for the visually impaired. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 6(2):62–67, 2003.
- [8] P. Bach-y-Rita, M. Tyler, and K. Kaczmarek. Seeing with the brain. *International journal of human-computer-interaction*, 15(2):285–295, 2003.
- [9] P. Bach-y-Rita. *Brain mechanisms in sensory substitution*. Academic Press, New York, 1972.
- [10] D. Baldwin. Inventing the future of wayfinding technology. <http://www.wayfinding.net/>.
- [11] Al-Qudah, Z., Doush, I. A., Alkhateeb, F., Al Maghayreh, E. and Al-Khalelle, O. 2014. Utilizing Mobile Devices' Tactile Feedback for Presenting Braille Characters: An Optimized Approach for Fast Reading and Long Battery Life. *Interacting with Computers* 26, 1, 63-74.
- [12] American Foundation for the Blind, “Refreshable Braille Display.” <http://www.afb.org/ProdBrowseCatResults.asp?CatID=43>
- [13] Andresen, G. 2002. Playing by ear: Creating blind-accessible games. *Gamasutra Article*.
- [14] Android. 2014. Accessibility. <http://developer.android.com/design/patterns/accessibility.html> Accessed May 8, 2014

- [15] D. Archambault, R. Ossmann, K. Miesenberger: Towards generalised accessibility of computer games: Introduction to the special thematic session. In Miesenberger et al. [20], 542–544.
- [16] Clark-Carter, D. (1985). Factors affecting blind mobility (Doctoral Thesis). Nottinghamshire, UK: University of Nottingham.
- [17] 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.
- [18] Collins. C. (1984). On mobility aids for the blind. In D. H. D. Warren, & E. R. Strelow (Eds.), *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Visual Spatial Prostheses for the Blind*. Boston, MA: Martinus Nijhoff Publishers.
- [19] Colwell, C., Petrie, H., Kornbrot, D., Hardwick, A., & Furner, S. (1998). Haptic virtual reality for blind computer users. In *Proceedings of the 3rd International ACM Conference on Assistive Technologies* (pp. 92-99). New York, NY: ACM Press.
- [20] Czaja, S. J., & Sharit, J. (1998). Ability-performance relationships as a function of age and task experience for a data entry task. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(4), 332-351.
- [21] Damaschini, R., Legras, R., Leroux, R., & Farcy, R. (2005). Electronic travel aid for blind people. *Assistive Technology: From Virtuality to Reality*, 16(1), 251-255.
- [22] Dowling, J. (2007). Mobility enhancement using simulated artificial human vision (Doctoral Thesis). Brisbane, Australia: Queensland University of Technology.
- [23] Dowling, J., Boles, W., & Maeder, A. (2005). Mobility assessment using simulated artificial human vision. In *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (vol. 3, p. 32). San Diego, CA: IEEE Computer Society.
- [24] Eric, T. (2008). Infrared vs. ultrasonic – What you should know. Retrieved April 20, 2012, from http://www.societyofrobots.com/member_tutorials/node/71
- [25] Farcy, R., Leroux, R., Damaschini, R., Legras, R., Bellik, Y., Jacquet, C., ... Pardo, P. (2003). Laser telemetry to improve the mobility of blind people: Report of the 6 month training course. In *Proceedings of the 1st International Conference on Smart Homes and*

Health Telematics (vol. 12, pp. 113-115). Paris, France: los Press Inc. Available at http://www.lac.upsud.fr/teletact/publications/report_training.htm

[26] Farcy, R., Leroux, R., Jucha, A., Damaschini, R., Gregoire, C., & Zogaghi, A. (2006). Electronic travel aids and electronic orientation aids for blind people: Technical, rehabilitation and everyday life points of view. In M. A. Hersh (Ed.), *Proceedings of the 4th Conference and Workshop on Assistive Technology for Vision and Hearing Impairment* (p. 18). Kufstein, Austria: Euro Assist VHI-4.

[27] Garg, A., Balakrishnan, M., Paul, K., Paul, R., Mehra, D., Singh, V., Manocha, D. (2007). Cane mounted knee-above obstacle detection and warning system for the visually impaired. In *Proceedings of the 11th International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 143-151). New York, NY: American Society of Mechanical Engineers.

[28] C. Cornoldi and T. Vecchi. *Toucher pour Connaître, chapter Cécité précoce et images mentales spatiales*. Presses Universitaires de France, 2000.

[29] J. Craig. Vibrotactile pattern perception: Extraordinary observers. *Science*, 195:450–452, 1977.

[30] L. di Stefano, C. Melchiorri, and G. Vassura. Haptic interfaces as aids for visually impaired persons. In *Proc. 8th IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction (RO-MAN '99)*, 1999.

[31] W. Dobbelle. Artificial vision for the blind by connecting a television camera to the visual cortex. *ASAIO Journal*, 46:3–9, 2000.

[32] J. Dobbree and E. Boulter. *Blindness and visual handicap: the facts*. Oxford University Press, 1982.

[33] A. Downie. A consumers view of electronic navigational technology. <http://www.wayfinding.net/consumerview.htm>, 2000.

[34] T. Ebina, S. Igi, T. Miyake, and H. Takahashi. Graph access system for the visually impaired. In *Proc. of the Third Asian Pacific Computer and Human Interaction*, 1998.

- [35] K. Edwards, E. Mynatt, and K. Stockton. Access to graphical interfaces for blind users. *Interactions*, 2(1), 1995.
- [36] S. Ertan, C. Lee, A. Willets, H. Tan, and A. Pentland. A wearable haptic navigation guidance system. In *Digest of Papers. Second International Symposium on Wearable Computers*, pages 164–165, 1998.
- [37] J. Fritz and K. Barner. Design of a haptic data visualization system for people with visual impairments. *IEEE Trans. on Rehabilitation Engineering*, 7(3), 1999.
- [38] E. Gentaz and M. Badan. *Toucher pour Connaître, chapter Organisation anatomique fonctionnelle de la perception tactile: apports de la neurophysiologie et de l'imagerie cérébrale.* Presses Universitaires de France, 2000.
- [49] E. Gerber. Surfing by ear: Usability concerns of computer users who are blind or visually impaired. *AccessWorld*, 3(1), 2002.
- [40] S. J. Gilbert and V. Walsh. Vision: The versatile 'visual' cortex. *Current Biology*, 14:R1056–R1057, 2004.
- [41] J. Gill. Technological developments for blind people: The next ten years. *The British Journal of Healthcare Computing & Information Management*, 20(9), 2003.
- [42] B. Gillespie and S. O'Modhrain. The moose: A haptic user interface for blind persons with application to the digital sound studio. Stanford University Department of Music Technical Report STAN-M-95, 1995.
- [43] D. Goldreich and I. M. Kanics. Tactile acuity is enhanced in blindness. *The Journal of Neuroscience*, 23(8):3439–3445, 2003.
- [44] D. Grant. Two new commercial haptic rotary controllers. In *Proc. of EuroHaptics 2004*, pages 451–455, 2004.
- [45] T. Hampel, R. Keil-Slawik, B. G. Claassen, F. Plohmann, and C. Reimann. Pragmatic solutions for better integration of the visually impaired in virtual communities. In *Proceedings of the international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work*, pages 258–266, 1999.

- [46] A. Hardwick, S. Furner, and J. Rush. Tactile access for blind people to virtual reality on the world wide web. In IEE Digest No. 96/012 (Developments in Tactile Displays Colloquium), pages 9/1–9/3, 1997.
- [47] S. Harper. Standardising electronic travel aid interaction for visually impaired people. M.Phil. in Software Engineering Thesis, Univ. Manchester Inst. Science and Technology (UMIST), 1998.
- [48] Y. Hatwell and F. Martinez-Sarocchi. Toucher pour Connaître, chapter La lecture tactile des cartes et dessins et l'accès des aveugles aux œuvres d'art. Presses Universitaires de France, 2000.
- [49] Kim, S. Y., & Cho, K. Usability and design guidelines of smart canes for users with visual impairments. In international Journal of Design, 7(1), 99-110, 2013.
- [50] Vincent Levesque. Blindness, Technology and Haptics. In Haptics Laboratory Centre for Intelligent Machines McGill University, 2008.
- [51] Romteera Khlaikhayai, Chavana Pavaganun, Benja Mangalabruk and Preecha Yupapin. An Intelligent Walking Stick for Elderly and Blind Safety Protection. In 2nd International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference 2010: Engineering Science and Management, 2010.
- [52] Lauren R. Milne, Cynthia L. Bennett, Shiri Azenkot and Richard E. Ladner. BraillePlay: Educational Smartphone Games for Blind Children. In ASSETS '14, October 20–22, 2014, Rochester, NY, USA, 2014.
- [53] René Gutschmidt, Maria Schiewe, Francis Zinke and Helmut Jürgensen Haptic Emulation of Games: Haptic Sudoku for the Blind. In PETRA'10, June 23–25, 2010, Samos, Greece, 2010.
- [54] Tony Morelli and Eelke Folmer. Real-time Sensory Substitution to Enable Players who are Blind to Play Video games using Whole Body Gestures. In FDG'11, June 29-July 1, Bordeaux, France, 2011.
- [55] Mau, S., Melchior, N. A., Makatchev, M., & Steinfeld, A. (2008). BlindAid: An electronic travel aid for the blind (Technical Report, No. CMU-RI-TR-07-39). Pittsburgh, PA: The Robotics Institute at Carnegie Mellon University.
- [56] McAdams, D. A., & Kostovich, V. (2011). A framework and representation for universal product design. International Journal of Design, 5(1), 29-42.

- [57] Miller, T., & Zeleznik, R. (1999). The design of 3D haptic widgets. In J. Rossignac, J. K. Hodgins, & J. D. Foley (Eds.), *Proceedings of the 1999 Symposium on Interactive 3D Graphics* (pp. 97-102). New York, NY: ACM Press.
- [58] Mooy, S. C., & Robben, H. S. J. (1998). How consumers learn from and about products: The impact of direct experience. *Advances in Consumer Research*, 25(1), 318-323.
- [59] Muhammad, A., Khan, M. U. A., Azhar, H., Masood, A., & Bakhshi, M. S. (2010). Analytical study of intelligent assistants to help blind people in avoiding dangerous obstacles. *Journal of American Science*, 7(8), 480-485.
- [60] Nielsen, J. (2004). Why consumer products have inferior user experience. Retrieved April 20, 2012 from <http://www.nngroup.com/articles/why-consumer-products-have-bad-ux/>
- [61] Pelli, D. G. (1986). The visual requirements of mobility. In G. C. Woo (Ed.), *Low vision: Principles and applications* (pp. 134-146). New York, NY: Springer-Verlag.
- [62] Roentgen, U. R., Gelderblom, G. J., Soede, M., & de Witte, L. (2008). Inventory of electronic mobility aids for persons with visual impairments: A literature review. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 102(11), 702-724.
- [63] Rose D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- [64] Rubin G. S., & Salive M. E. (1995). Vision and hearing. In J. M. Guralnik, L. P. Fried, E. M. Simonsick, J. D. Kasper, & M. E. Lafferty (Eds.), *The women's health and ageing study: Health and social characteristics of older women with disability* (No. 95-4009). Bethesda, MD: National Institute on Ageing.
- [65] Sander, M. S., Lelievre, M. C. B. F., & Tallec, D. A. (2005). *Les personnes en situation de handicap visuel. Apports de l'enquete handicaps-incapacities-d'ependances [The people with visual impairment. Contributions of the survey handicap-incapacities-dependencies]*. Rapport d'enquete du Ministere Francais de la Sant'e et des Solidarities. Paris, France: Institut de Veille Sanitaire.
- [66] Senseur ultrason HC-SR04, <http://wiki.mchobby.be/index.php?title=MicroPython-HC-SR04>.
- [67] Accéléromètre ADXL377, <https://abra-electronics.com/sensors/sensors-accelerometers-en/sen-12803-adxl377-breakout-sen-12803.html?sl=fr>.
- [68] Carte Arduino Yun , http://wiki.mchobby.be/index.php?title=Arduino_Yun.
- [69] Pye, J. D., & Langbauer Jr, W. R. (1998). Ultrasound and infrasound. In *Animal acoustic communication* (p. 221-250). Springer Berlin Heidelberg.

- [70] J. Roberts, O. Slattery, D. Kardos, and B. Swope. New technology enables many-fold reduction in the cost of refreshable braille displays. In Proc. of the fourth international ACM conference on Assistive technologies, pages 42–49, 2000.
- [71] D. Ross. Implementing assistive technology on wearable computers. *IEEE Intelligent Systems*, 16(3), 2001.
- [72] D. Ross and B. Blasch. Wearable interfaces for orientation and wayfinding. In *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies*, pages 193–200, 2000.
- [73] J. Sajka. The open source course: An overview of linux. *AccessWorld*, 4(2), 2003.
- [74] J. Schneider and T. Strothotte. Constructive exploration of spatial information by blind users. In *Proceedings of the fourth international ACM conference on Assistive technologies*, pages 188–192, 2000.

ANNEXE

Code Arduino Détection des obstacles :

```
void distan(){
if((v % 23)==0){
long duration, distance;

// send the pulse

digitalWrite(trigPin, LOW);

delayMicroseconds(2); // low for 2 microseconds

digitalWrite(trigPin, HIGH);

delayMicroseconds(10); // high for 10 microseconds

digitalWrite(trigPin, LOW);

duration = pulseIn(echoPin, HIGH); // measure the time to the echo

distance = (duration/2) / 29.1; // calculate the distance in cm

if (distance >= 200 || distance <= 0){

// Serial.println("Out of range; reading invalid");

}

else {

// Serial.print(distance);

// Serial.println(" cm");

String question = String (distance)+"\n";

//Serial.println(question);

if(client.connected()){

client.write((uint8_t*)&question[0], question.length());

}

}
```

Code Arduino : Envoie la position de la canne via Wifi:

```
void accel(){
  int rawX = analogRead(A0);
  int rawY = analogRead(A1);
  int rawZ = analogRead(A2);
  float scaledX, scaledY, scaledZ;
  if (micro_is5V) // Microcontroller runs off 5V
  {
    scaledX = mapf(rawX, 0, 675, -scale, scale); // 3.3/5 * 1023 =~ 675
    scaledY = mapf(rawY, 0, 675, -scale, scale);
    scaledZ = mapf(rawZ, 0, 675, -scale, scale);
  }
  else
  {
    scaledX = mapf(rawX, 0, 1023, -scale, scale);
    scaledY = mapf(rawY, 0, 1023, -scale, scale);
    scaledZ = mapf(rawZ, 0, 1023, -scale, scale);
  }
  if(scaledX <-0.25 ){

    if(client.connected()){
      //Serial.println("CLIENT CONNECTED!");
      String question = "UP\n";
      client.write((uint8_t*)&question[0], question.length());
    }
  }
}
```

```

}
if(scaledX >0.20 ){
    if(client.connected()){
        //Serial.println("CLIENT CONNECTED!");
        String questionn = "DOWN\n";
        client.write((uint8_t*)&questionn[0], questionn.length());
    }
}

```

```

if(scaledZ <-0.18 ){
    if(client.connected()){
        //Serial.println("CLIENT CONNECTED!");
        String questionn = "RIGHT\n";
        client.write((uint8_t*)&questionn[0], questionn.length());
    }
}

```

```

}else if(scaledZ >0.23 ){
    if(client.connected()){
        //Serial.println("CLIENT CONNECTED!");
        String questionn = "LEFT\n";
        client.write((uint8_t*)&questionn[0], questionn.length());
    }
}

```

```

}else{

```

```

    if(client.connected()){
        //Serial.println("CLIENT CONNECTED!");
        String questionn = "N\n";
    }
}

```

```

client.write((uint8_t*)&questionn[0], questionn.length());

}

}

```

Code Android Base de données :

```

import java.util.ArrayList;

import android.content.ContentValues;
import android.content.Context;
import android.database.Cursor;
import android.database.SQLException;
import android.database.sqlite.SQLiteDatabase;

import android.database.sqlite.SQLiteOpenHelper;
public class Cannebd {
    private static final String DATABASE_NAME = "trsp";
    private static final int DATABASE_VERSION =1;

    private DBHelper ourhelper ;
    private final Context ourContext ;
    private SQLiteDatabase ourDatabase ;

    private static class DBHelper extends SQLiteOpenHelper{

        public DBHelper(Context context)
        {
            super(context,DATABASE_NAME, null,DATABASE_VERSION);
        }

        @Override
        public void onCreate(SQLiteDatabase db) {
            db.execSQL("CREATE TABLE canne (iduser INTEGER PRIMARY KEY
AUTOINCREMENT,nomuser TEXT,nbrp INTEGER,score INTEGER);");
        }

        @Override
        public void onUpgrade(SQLiteDatabase db, int oldVersion, int
newVersion) {
            db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTSregion" );
            //onCreate(db);
            db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTScoutreg" );
            //onCreate(db);
            db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTSdestination" );
            //onCreate(db);
            db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTSmodetrsp" );
            //onCreate(db);
        }
    }
}

```

```

        db.execSQL("DROP TABLE IF EXISTS Scoutdes" );
        onCreate(db);
    }
}
public Cannebd (Context c){
    ourContext=c;
}
public Cannebd open() throws SQLException {
    ourhelper = new DbHelper(ourContext);
    ourDatabase= ourhelper.getWritableDatabase();
    return this;
}
public Cannebd close(){
    ourhelper = new DbHelper(ourContext);
    ourDatabase= ourhelper.getWritableDatabase();
    return this;
}

public void inser(String nom) {
    ContentValues cv = new ContentValues();
    cv.put("nomreg",nom);
    ourDatabase.insert("region", null,cv);
}

public void inser(String nom,String nbrpa,String score) {
    ContentValues cv = new ContentValues();
    cv.put("nomuser",nom);
    cv.put("nbrp",nbrpa);
    cv.put("score",score);
    ourDatabase.insert("canne", null,cv);
}
public void supp ()throws SQLException {
    ourDatabase.delete("conne", null, null);
}

public String getscore(String id) {
    String colon[] = new String[]{"iduser","score"};
    Cursor c =
ourDatabase.query("canne",colon,"iduser='"+id+"' ",null,null,null,null);
    if(c!= null){
        c.moveToFirst();
        String name1 = c.getString(1);
        return name1;
    }

    return null;
}

public String getnbrp(String id) {
    String colon[] = new String[]{"iduser","nbrp"};

```

```

        Cursor c =
ourDatabase.query("canne",colon,"iduser='"+id+"'",null,null,null,null);
        if(c!= null){
        c.moveToFirst();
        String name1 = c.getString(1);
        return name1;
        }

        return null;
}

public void modifierscore(int score)throws SQLException {
    ContentValues cvupdate = new ContentValues();
    cvupdate.put("score", score);

    ourDatabase.update("canne", cvupdate,"iduser="+1, null);
}

public void modiernbrp(int nbrp)throws SQLException {
    ContentValues cvupdate = new ContentValues();
    cvupdate.put("nbrp", nbrp);

    ourDatabase.update("canne", cvupdate,"iduser="+1, null);
}
}
}

```

Certificat d'éthique :



Comité d'éthique de la recherche
Université du Québec à Chicoutimi

APPROBATION ETHIQUE

Dans le cadre de l'Énoncé de politique des trois conseils : éthique de la recherche avec des êtres humains 2 (2014) et conformément au mandat qui lui a été confié par la résolution CAD-7163 du Conseil d'administration de l'Université du Québec à Chicoutimi, approuvant la Politique d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAC, le Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Chicoutimi, à l'unanimité, délivre la présente approbation éthique puisque le projet de recherche mentionné ci-dessous rencontre les exigences en matière éthique et remplit les conditions d'approbation dudit Comité.

Les membres jugent que ce projet rencontre les critères d'une recherche à risque minimal.

Responsable(s) du projet de recherche :	Monsieur Messoudi Mohamed Dhiseddine, Étudiant, Maîtrise en informatique
Direction de recherche :	Monsieur Hamid Mécheik, Professeur, Département d'informatique et de mathématiques
Codirection de recherche :	Monsieur Bob-Antoine Jerry Ménelas, Professeur, Département d'informatique et de mathématiques
Projet de recherche intitulé :	Évaluation d'un jeu sérieux exploitant un joystick permettant des interactions non-visuelles
No référence du certificat :	002.492.01
Financement :	le projet fait partie prenante d'une subvention du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) avec le programme de subvention à la découverte obtenue par Monsieur Bob-Antoine Jerry Ménelas

La présente est valide jusqu'au 30 juin 2016.

Rapport de statut attendu pour le **31 mai 2016 (rapport final)**.

N.B. le rapport de statut est disponible à partir du lien suivant : <http://www1.uqac.ca/retour-de-statut/>

Date d'émission initiale de l'approbation : 16 mars 2016
Date(s) de renouvellement de l'approbation :

Nicole Bouchard,
Professeure et présidente