

La stimulation tactile pour les personnes présentant une incapacité visuelle

Revue de la littérature et des technologies

Cette revue de littérature a été réalisée dans le cadre du projet de recherche appliquée « ACCESSPACE » mis en œuvre par l'Université de Rouen. La réalisation de ce travail a été confiée à Edwige Pissaloux.



Une recherche portée part :



L'Université de Rouen Normandie est une université multidisciplinaire, créée en 1966. Elle regroupe 6 UFR, 2 IUT, 2 instituts (IAE, IPAG) et 1 école du professorat (ÉSPÉ) et une école d'ingénieurs (ESITech). Outre ses locaux basés à Rouen et son agglomération, elle possède plusieurs antennes universitaires à Évreux et Elbeuf. Sa population estudiantine est d'environ 25 000 étudiants⁴.

Le Laboratoire d'informatique, de traitement de l'information et des systèmes (LITIS) de l'U. de Rouen Normandie, est membre de la Fédération de Recherche du CNRS (FR CNRS 3638) ; il est implanté sur les 3 sites principaux d'enseignement supérieur de Normandie. Le LITIS est impliqué dans la recherche fondamentale et appliquée multidisciplinaire réalisée en collaboration avec l'industrie et les usagers. Le « Traitement de l'information en biologie et santé » et les « Systèmes de transport intelligents » figurent parmi les axes de recherches du LITIS.

Le LITIS travaille depuis plusieurs années sur la conception de systèmes intelligents pour le handicap en collaboration avec l'association des usagers (Normandie-Lorraine, FAF, Visibility Scotland). Le groupe d'E. Pissaloux, qui comprend des chercheurs-déficients visuels, apporte des compétences en modélisation de la mobilité, en sciences cognitives, en conception des algorithmes de vision, de l'odométrie visuo-tactile ainsi qu'en conception des systèmes embarquables. Aussi, l'accès à l'espace (cf. projet ACCESSPACE soutenu par la FIRAH et par le CCAH) et aux objets d'art par les déficients visuels est au centre de recherche de ce groupe. En savoir plus : <http://accesspace.univ-rouen.fr/>

Et menée en partenariat avec :





La FIRAH est une Fondation reconnue d'utilité publique, qui souhaite mettre la recherche au service des acteurs de terrain¹. Elle a été créée par Axel Kahn (Président), APF France handicap, la Fédération des APAJH et Nexem. C'est pour répondre aux besoins et attentes des personnes handicapées que la FIRAH a été fondée et qu'elle se développe aujourd'hui autour de ces activités :

- Soutenir des projets de recherche appliquée sur le handicap,
- Dynamiser la valorisation des résultats de ces recherches en particulier auprès des acteurs de terrain,
- Animer la diffusion des connaissances sur le handicap, produites à travers le monde.

En savoir plus : www.firah.org

¹ **Acteurs de terrain**

Les personnes handicapées, leurs familles et les organisations qui les représentent. Les organisations de défense des personnes. Les prestataires de services et autres organisations travaillant dans le domaine du handicap. Services et autres organisations intervenant en milieu ordinaire et devant prendre en compte dans leurs activités les personnes handicapées comme les enseignants, architectes, entreprises, industries, etc. Les décideurs politiques aux niveaux local, national et international.

Le présent document a été réalisé dans le cadre de la recherche appliquée « ACCESSPACE » menée par l'Université de Rouen, en partenariat l'Université de Paris 8, l'Université de Glasgow (Royaume-Uni) et l'Université Panamericana (Mexique), ainsi qu'avec le Centre Normandie Lorraine (centre de ressources pour les déficients visuels), et l'association Visibility (association écossaise pour les déficients visuels) et la société InsideVision. La réalisation de ce travail a été confiée à Edwige Pissaloux.

L'objectif de cette revue de littérature est de rendre compte des connaissances actuelles en recherche appliquée sur la manière d'assister les déplacements autonomes des personnes présentant une incapacité visuelle (PPIV). Elle a abouti à la sélection de recherches pertinentes au regard de la thématique, chacune classées au moyen d'un ensemble de critères prédéterminés. Parmi ces recherches, 14 ont été sélectionnées comme particulièrement pertinentes et intéressantes au regard de leur capacité à être applicables, particulièrement pour les personnes handicapées et les organisations qui les représentent.

La sélection des recherches a été réalisée en fonction des points suivants, qui précisent ce que la FIRAH entend par les termes de recherche appliquée sur le handicap :

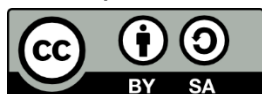
- C'est d'abord un travail de recherche proprement dit, obéissant à ses règles de méthode et de rigueur, permettant la mise en œuvre d'une démarche scientifique, et impliquant des équipes d'un ou plusieurs chercheurs ou enseignants-chercheurs dont la recherche est l'une des missions statutaires.
- La recherche appliquée est différente de la recherche fondamentale. Son objectif est d'accroître la participation sociale et l'autonomie des personnes handicapées. Elle ne vise pas seulement la production de savoirs théoriques, mais également la résolution de problèmes pratiques en lien avec les besoins et les préoccupations des personnes handicapées et de leurs familles. La collaboration entre les personnes handicapées et leurs familles, les professionnels et les chercheurs est donc une donnée fondamentale dans la réalisation de ce type de recherche.
- En ce sens, ce type de recherche est destiné à produire des résultats directement applicables. En plus des publications classiques (articles, rapports de recherches), les recherches appliquées sont destinées à produire d'autres publications, appelées « supports d'applications », qui peuvent prendre différentes formes : développement de bonnes pratiques, guides méthodologiques, supports de formation, etc., et sont destinées à différents acteurs (personnes handicapées, professionnels, institutions).

Ce travail ne vise pas l'exhaustivité mais l'identification de résultats et de connaissances produits par des travaux de recherche pouvant être utiles aux acteurs de terrain pour améliorer la qualité de vie et la participation sociale des personnes handicapées.

Chaque titre de la bibliographie commentée contient un lien donnant accès à la recherche (en accès libre ou payant), et chacune des fiches de lecture contient un lien renvoyant vers la notice de la base documentaire du Centre Ressources.

Ce document peut être diffusé librement en indiquant sa source, et en mentionnant l’auteur et les organisations impliquées.

FIRAH | 2019



[Ce document peut être diffusé librement en indiquant sa source, et en mentionnant l’auteur et les organisations impliquées.](#)

Sommaire

Edito	7
Note de synthèse sur la conception et le prototypage d'une assistance pour la mobilité d'une personne présentant une incapacité visuelle.....	10
Modèle de mobilité	10
Méthodologie	11
Spécifications fonctionnelles et techniques	12
Mise en œuvre technologique : approche fondée sur des cartes (mentale (cognitive) et géographiques)	15
Synthèse sur les technologies non invasives pour les personnes présentant une déficience visuelle	18
1. Technologies pour la lecture	18
1.1. Transcription tactile	18
1.2. Transcription audio	23
1.3. Transcription automatique d'un document écrit	24
2. Technologies numériques pour l'accès aux images affichées sur une surface	26
2.1. Surfaces déformables fixes	27
2.2. Surfaces déformables dynamiques	29
2.3. Surfaces déformables à taille réduite	32
2.4. Surfaces à stimulation tactile	33
2.5. Conclusion	34
3. Accès au contenu web	35
4. Technologies de substitution sensorielle pour l'accès à l'information.	38
5. Technologies pour la navigation	40
5.1. Détection d'obstacles	40
5.2. Orientation	42
5.3. Prototypes universitaires : assistance de la mobilité holistique	43
6. Conclusions sur les cannes électroniques	46
RÉFÉRENCES	47
Liste des principaux constructeurs de tablettes Braille	48
FICHES DE LECTURE	51
FICHE 1. Des spécifications des utilisateurs aux spécifications techniques : vers une aide basée vision pour des interactions des déficients moteur	52
FICHE 2. Designing Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays: Possibilities and Pitfalls.	54

FICHE 3. Sensory Substitution and the Neural Correlates of Navigation in Blindness).....	56
FICHE 4. EyeRing: A finger-worn input device for seamless interactions with our surroundings.....	58
FICHE 5. Haptimap (projet européen de FP7) (2008-2012)	60
FICHE 6. PocketNavigator: vibro-tactile waypoint navigation for everyday mobile devices	62
FICHE 7. Techniques d'interactions sur dispositifs mobiles pour l'aide à l'orientation chez les non-voyants.	64
FICHE 8. Touch the map ! Designing Interactive Maps for visually Impaired People.	66
FICHE 9. MathInBraille Online Converter	67
FICHE 10. Mobility of Visually Impaired People: Fundamentals and ICT Assistive Technologies	69
FICHE 11. Accessible Maps for the Visually Impaired	72
FICHE 12. BrailleIO - a Tactile Display Abstraction Framework.....	74
FICHE 13. Blind User Requirements to Support Tactile Mobility	75
FICHE 14. Exploiting a graphical Braille display for art masterpieces	77
FICHE 15. Conception d'un environnement d'apprentissage pour le développement d'un accès tactile au contenu numérique à destination des personnes aveugles et malvoyantes.....	78
Bibliographie commentée.....	80
Bibliographie complémentaire sur les technologies pour les personnes présentant une incapacité visuelle	87

Le projet ACCESSPACE est réalisé au LITIS (Laboratoire d'Informatique, de Traitement d'Information et des Systèmes) de l'Université de Rouen Normandie en collaboration avec l'Université de Paris 8, l'Université de Glasgow (Royaume-Uni) et l'Université Panamericana (Mexique), ainsi qu'avec le Centre Normandie Lorraine (centre de ressources pour les déficients visuels), et l'association Visibility (association écossaise pour les déficients visuels) et la société InsideVision.

Le but final du projet est de réaliser un GPS nommé ACCESSPACE, GPS spécifique pour assister les déplacements autonomes des personnes présentant une incapacité visuelle (PPIV). Par ailleurs, ce GPS assistera les PPIV dans l'acquisition des connaissances sur l'organisation spatio-urbaine de l'espace qui les entoure avant et pendant leurs déplacements. Grâce à un suivi continu du déplacement, ce GPS leur permettra de retrouver la géométrie d'un carrefour ou le chemin (s'ils se sentent perdus).

Cette revue de littérature est indispensable, et constitue une base de données des différents éléments techniques intervenant dans le processus de médiation entre une PPIV (personne présentant une incapacité visuelle) et l'espace. La conception et la réalisation d'une nouvelle aide technologique doit se faire avec la participation des PPIV à toutes les étapes de la vie d'un projet, dès les spécifications jusqu'aux évaluations. La méthodologie mise en œuvre doit être participative, pour tous, et adaptative.

Cette revue s'adresse donc à toutes les parties prenantes intéressées par « l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » (loi du 11 février 2005).

Il est bien entendu que cette revue s'adresse avant tout aux usagers, les PPIV et à leur famille, aux professionnels, aux éducateurs spécialisés (e.g. les instructeurs de locomotion, aux enseignants des institutions spécialisées, aux ergothérapeutes et aux ergonomes), aux établissements sanitaires et médico-sociaux, aux établissements éducatifs, mais aussi aux chercheurs des sciences du handicap.

Cette revue pourra être utile aux décideurs financiers qui établissent de nouveaux axes de recherche et aux décideurs politiques qui définissent de nouvelles règles de prises en charge des technologies pour la santé. Elle pourra être aussi utile pour établir de nouveaux programmes tant dans les écoles spécialisées que dans les établissements d'enseignement supérieur afin de donner la place aux sciences du handicap. Il est en effet impératif que la technologie s'adapte enfin à l'homme et non que l'homme s'adapte toujours à la technologie !

Cette revue pourra être utile au législateur afin qu'il propose de nouveaux mécanismes de fonctionnement de la société.

En bref, nous espérons que ce rapport sera pertinent pour toute partie prenante qui intervient dans la chaîne complexe d'assistance des PPIV et qui vise à comprendre les nouvelles capacités de l'homme, considérées aujourd'hui comme « handicap », et à pallier les inadaptations du monde actuel à ces nouvelles capacités.

L'objectif de la recherche appliquée menée dans le cadre du projet ACCESSPACE est une meilleure intégration des PPIV dans la société actuelle, de plus en plus « numérique », l'amélioration de la qualité de leur vie et le renforcement de leur capacité d'interaction autonome et indépendante avec le monde extérieur (avec l'espace).

Nous nous intéressons surtout aux éléments permettant l'interaction avec l'espace lors d'un déplacement. La perception et la compréhension de l'espace se construisent principalement sur deux niveaux (l'un sur la base de l'autre) : l'accès à l'information (textes, images, cartes géographiques simplifiées), et l'accès à l'espace (via les aides à compréhension de l'espace environnant où l'on se déplace physiquement avec une canne).

Ce document renferme donc une bibliographie commentée des recherches appliquées sur les technologies pour les PPIV. Nous ne prétendons pas à son exhaustivité, tant le sujet est vaste et en constante évolution, surtout depuis que la technologie est plus fiable, versatile et ... de moins en moins coûteuse.

Cependant, ces facteurs ne devraient pas se traduire par l'émergence, plus ou moins chaotique, de solutions palliatives, à cause d'une part de l'urgence de la situation dans laquelle se trouvent les PPIV, et, d'autre part, de l'absence d'un cadre théorique global, surtout du fait de la variété des tâches de la vie quotidienne auxquelles nous devons faire face.

Par ailleurs, il est nécessaire de changer le regard sur les capacités inconnues, car non étudiées de l'homme et désignées par le terme 'handicaps' : ces capacités constituent une chance pour appréhender la grande variabilité des capacités de l'homme. Il nous semble enfin indispensable de renverser la tendance encore très présente dans nos cursus de formation et ce à tous les niveaux (où la conception est orientée système), et enfin d'adapter les solutions technologiques à l'homme (la conception orientée vers l'homme).

Nous espérons que la bibliographie commentée, les fiches de lecture sélectionnées, la synthèse de la bibliographie et notre revue de technologies pour les PPIV (« Bibliographie complémentaire ») constitueront une base de données dont toutes les parties prenantes intéressées par le handicap visuel, tout métier confondu, pourront s'inspirer ou pourront utiliser telle qu'elle dans leur activités

professionnelles tout en disposant de pointeurs vers un cadre théorique qui les aidera dans leurs pratiques et dans l'accomplissement de leurs missions.

Note de synthèse sur la conception et le prototypage d'une assistance pour la mobilité d'une personne présentant une incapacité visuelle

La conception et le prototypage d'une nouvelle assistance pour la mobilité d'une personne présentant une incapacité visuelle (PPIV) constituent une tâche complexe, car il est indispensable de prendre en compte des besoins spécifiques. Aussi, une méthodologie (§2) adéquate doit être mise en œuvre avant de générer des spécifications fonctionnelles et techniques (§3) de cette aide et avant de les intégrer dans une nouvelle aide technologique fondée sur l'utilisation de cartes mentales et géographiques (§4) et s'appuyant sur un modèle de mobilité (§1).

Notre note de synthèse de la littérature portera donc sur ces différents points.

Modèle de mobilité

Le problème de la mobilité indépendante et en sécurité des PPIV est étudié depuis longtemps : on cherche surtout à avoir un modèle calculatoire (computationnel) des interactions entre l'homme et son environnement.

Ainsi, en 1960, Lynch a défini un modèle (une carte cognitive) d'une ville à deux niveaux, modèle jugé pertinent pour la mobilité, et a identifié les éléments nécessaires à reconnaître dans l'environnement pour s'y déplacer. Ces deux niveaux sont les suivants : le « niveau piéton » (espace proche) avec des éléments locaux à percevoir (chemins et bords de trottoirs) et le « niveau global » (espace lointain) avec les nœuds établis par les transports publics et les repères (points d'intérêt) faciles à reconnaître (landmarks). En 1985, Brambring a proposé un modèle théorique de mobilité des PPIV (dans une ville, espace lointain). Ce modèle découle de l'analyse des similarités et des différences entre la mobilité et l'orientation des PPIV et des personnes voyantes (à partir de la description des trajets effectués). La même année, Strelow a proposé son modèle de mobilité des PPIV à partir d'observations de leurs déplacements courts (espace proche). Il a identifié les compétences spécifiques nécessaires pour se déplacer, à savoir le sens de la localisation des obstacles, la maîtrise d'une canne et l'écho localisation. En 1993, Loomis *et al.* ont proposé un modèle de mobilité composé de cinq modules pour la navigation dans les espaces proche et lointain. Ces modules sont définis en fonction de l'information préalable nécessaire pour se déplacer, à savoir : des points de repère, le trajet à effectuer (par l'intégration de chemins), une représentation de l'espace à parcourir de type carte, l'itinéraire pour atteindre la cible,

et la capacité de réaliser le déplacement physique. Ce modèle a été évalué par des déficients visuels dès la naissance. Cependant, les expériences menées par Schinazi *et al.* (2016) tentent à prouver que les PPIV ne sont pas toujours très conscients de la représentation de type carte lorsqu'ils se déplacent.

Plus récemment, Pissaloux *et al.* (2017) ont proposé un cadre général de la mobilité de l'homme. Ils décomposent la mobilité d'une PPIV (sans aucune comorbidité) en quatre parties synergétiques : la déambulation (ou la détection des obstacles), l'orientation, la perception de l'espace et le déplacement physique. Ce cadre permet donc de concevoir les aides technologiques assistant différentes étapes d'un déplacement (des PPIV) dans tous les contextes de la vie quotidienne, à l'intérieur et à l'extérieur.

À la base de cette revue des modèles de mobilité, on peut observer que ceux-ci se basent sur les cartes mentales (cognitives) et qu'ils cherchent à identifier les informations à extraire de l'environnement avec les sens toujours opérationnels (e.g. l'ouïe, l'odorat, le podotoucher, l'écholocalisation) afin de mieux s'y déplacer.

Cependant, rares sont des publications qui relatent une participation effective des PPIV tant dans la conception de ces modèles que dans leur évaluation. Par ailleurs, il semble que les instructeurs de locomotion aient été exclus tant du processus de conception que de l'évaluation des modèles proposés.

Méthodologie

Les modèles de mobilité cités ci-dessus n'ont pas été intégrés dans des aides technologiques ; la séparation intellectuelle des chercheurs de sciences sociales et humaines, d'une part, et des sciences de l'ingénieur, d'autre part, dictées par les systèmes mono- disciplinaires de recherche semble être l'une des principales raisons de cette situation.

Cependant, les travaux sur la substitution sensorielle (cf. « Bibliographie complémentaire » de cette revue) ont rapproché les deux communautés, et la nécessité d'une méthodologie de conception de nouvelles aides technologiques a alors émergé, renforcée par un taux d'échec allant jusqu'à 29 % d'abandon des nouvelles aides (Phillips & Zhao, 1993). Les raisons suivantes ont été le plus souvent mentionnées par des participants à l'enquête de Philipps : le manque de considération de l'opinion de l'utilisateur dans la sélection, l'achat facile d'appareils, les performances médiocres des périphériques et la modification des besoins ou des priorités des utilisateurs. Par ailleurs, Riemer-Reiss & Wacker (2000) ajoutent que le manque de service suivi après la vente d'une aide nouvelle contribue également à l'abandon des aides.

Cela a conduit de très nombreux chercheurs en recherche appliquée à réfléchir sur la méthodologie de conception de nouveaux systèmes destinés à l'homme.

Gulliksen, *et al.* (2003) ont proposé une définition d'une méthodologie de conception centrée utilisateur. Douze principes de cette méthodologie ont été identifiés à partir des théories existantes et des expériences de réalisation de nombreux projets logiciels (cf. Mao *et al.* (2005) pour les textes de normalisation).

Le papier de Bühler (2008) explique les définitions des différents concepts proposés par "UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities" et qui doivent sous-tendre la conception et la réalisation de nouvelles aides technologiques (e.g. la conception universelle, la conception inclusive, la conception pour tous). Dans le cadre du projet européen AsTERICS (FP7, N° 24 77 30, Deliverable D1.3, June 2010), l'échelle des symptômes positifs et négatifs (PANSS) modifiée a été proposée pour mesurer l'impact affectif des nouvelles technologies sur la qualité de vie, sur l'estime de soi et l'appropriation d'une aide technologique.

Récemment (Pissaloux & Carbone, 2011), la méthodologie, appelée adaptative, de conception des aides à l'interaction, bâtie autour de la conception participative, de la conception pour tous, de la conception évolutive, et de la conception contextuelle, a été proposée. Elle suggère d'inclure l'évolution des capacités d'une PPIV à interagir avec un outil et avec l'espace, évolution qui peut être observée grâce à l'apprentissage et l'usage prolongé, ainsi que de tenir compte de la variété des contextes d'utilisation de cet outil (sachant qu'un outil universel peut être trop complexe (Conradie *et al.*, 2014)).

La méthodologie adaptative de conception, liée à un processus itératif de validation de plusieurs prototypes intermédiaires, semble répondre aux besoins de la conception et du prototypage des nouvelles aides. Les questionnaires structurés ou semi-structurés (remplis par téléphone, par internet, etc.), les rencontres directes avec les PPIV (groupes de discussion, entrevue de suivi) pour identifier leurs besoins, des contextes d'utilisation les plus fréquents, et des solutions possibles, et pour des essais de maquettes permettent de définir les spécifications fonctionnelles du système à réaliser

Spécifications fonctionnelles et techniques

Ces spécifications dépendent donc des tâches que l'on souhaite assister, puisqu'un outil universel serait trop complexe non seulement à réaliser mais aussi à utiliser (les exemples de nombreux logiciels de nos PC confirment cela).

Cependant, la littérature permet de dégager quelques principes de conception et de réalisation de toute aide pour la mobilité des PPIV (Schinazi, 2016 ; Paredes, 2013 ; Conradie *et al.* 2014 ; Joffrais, 2014 ; Pissaloux *et al.* 2017 ; nos discussions avec les PPIV).

Avant tout, une aide doit répondre aux attentes des PPIV, c'est-à-dire expliciter clairement :

- les fonctionnalités désirées (les différents contextes d'utilisation de l'aide),
- le(s) type(s) d'assistance visé(s) : primaire (càd. pour la navigation autonome) ou secondaire (càd. pour la navigation accompagnée par une personne voyante).

Pour la mobilité en sécurité, il faut avant tout :

- détecter les obstacles en fonction du niveau de l'autonomie visé (e.g. les chiens-guides évitent les obstacles de grande taille, il est alors inutile de les détecter ; par contre, les PPIV ont besoin d'être avertis des variations de l'inclinaison de la surface ; la distance aux obstacles— proche/lointaine- doit être différenciée) ;
- détecter les obstacles localisés à différentes hauteurs (au sol, devant soi, suspendus) ;
- détecter les obstacles inattendus (e.g. une bicyclette garée à une place non prévue à cet effet) ;
- détecter les points d'intérêt pour la mobilité notamment pour la confirmation du chemin ;
- indiquer les informations qui ne peuvent pas être détectées avec l'aide habituellement utilisée (e.g. les surfaces irrégulières, les tuiles de rue lâches, les flaques d'eau, les petits trous, les petits escaliers, les objets situés sur la trajectoire et qui ne peuvent pas être détectés avec l'outil utilisé) ;
- indiquer une distance par rapport à l'obstacle (ou la cible à atteindre) proche ;
- offrir la possibilité d'étudier un chemin nouveau (inconnu) ;
- pouvoir afficher le plan de l'intérieur (d'une station de transport public, d'une bibliothèque, d'un supermarché, d'un centre commercial) ;
- pouvoir identifier les points de l'espace où la posture d'une PPIV doit changer (e.g. la fin d'un escalier ou la taille/hauteur d'une marche non normalisée) ;
- indiquer des obstacles dynamiques ne générant pas un bruit (e.g. les voitures électriques et les bicyclettes).

Quant à l'orientation dans l'espace, il faut avant tout :

- indiquer le but à atteindre tout au long du déplacement à l'extérieur ;
- préparer l'itinéraire pour atteindre le but ;

- fournir la géométrie de certains lieux lors d'un déplacement (e.g. la géométrie d'un croisement de rues ou d'un rond-point) ;
- identifier les conditions extérieures d'utilisation de l'aide (e.g. la pluie, le neige, la température) ;
- identifier les points d'intérêt de mobilité pour un déplacement à l'intérieur (e.g. un ascenseur, le guichet du service recherché, ... la longueur de la queue devant ce guichet, etc.) ;
- la possibilité de retour à la position précédente (pour essayer de retrouver « le chemin perdu »).

Les caractéristiques d'ergonomie indispensables sont les suivantes :

- les retours audios doivent être minimisés, car, actuellement, les PPIV utilisent l'écho localisation et les sons ambiants pour s'orienter dans l'espace ; aussi, les informations vitales ou importantes ne doivent pas être transmises par ce canal perceptuel ;
- une représentation tactile des obstacles, surtout inattendus, est plébiscitée ;
- le retour tactile doit être confortable (non-invasif, place de stimulations, volume de l'information fournie, occurrence de l'information, codage de l'information sur l'environnement ; indication du type de distances à/aux obstacle(s) (proche, lointaine)) ;
- les possibilités d'évaluation formative & d'apprentissage effectif ainsi que le suivi de formation ;
- le retour tactile doit être interactif à l'usage avec une main indifférenciée ;
- le service après-vente suivi (e.g. pour éviter le stress lié aux pannes éventuelles du matériel) ;
- la précision de l'information fournie par l'aide (e.g. la précision du GPS d'aujourd'hui de plusieurs dizaines de mètres ne suffit pas pour assister efficacement la mobilité des PPIV, mais elle est suffisante pour les déplacements en voiture des personnes voyantes) ;
- la fiabilité de l'information fournie par l'aide (l'information fournie doit correspondre à celle attendue) au moment opportun ou à la demande ;
- la possibilité de contact avec un guide humain distant (à défaut d'un guide proche) dans un cas critique ;
- la connaissance des états critiques du système d'aide (e.g. la fin proche d'une batterie, une panne entraînant la modification de l'assistance fournie, le degré de confiance dans l'information fournie) ;
- la possibilité de recharger les batteries (pour des systèmes portables) ;

- le système doit être portable et ne doit pas interagir avec d'autres systèmes à proximité ;
- le système doit être personnalisable (degré de déficience, taille des PPIV, préférence en interaction avec le système/l'environnement) ;
- le système doit être discret.

Ces spécifications et le modèle de mobilité in abstracto ont permis d'établir le principe qui doit présider la conception de toute aide à la mobilité (Pissaloux *et al.*, 2017) : l'aide doit assister la perception naturelle de l'espace et non la remplacer, afin de permettre à l'utilisateur de se déplacer en autonomie même si l'aide ne fonctionne pas (e.g. plus de batterie ou une panne du matériel ou une mauvaise interprétation des données acquises par le système ou simplement une modification inopinée de l'itinéraire initial, etc.). Aussi une assistance utile minimale doit permettre aux PPIV de percevoir l'espace et de s'y déplacer avec ses sens (augmentés par l'assistant technologique) et d'avoir un recours à l'aide uniquement pour compléter les informations ou si une PPIV se sent perdue. Avec ce système minimal, la PPIV se concentre sur son déplacement et sur son environnement et non sur l'info fournie par le système. L'apprentissage d'utilisation d'un tel dispositif et son appropriation devront être plus effectifs et plus fiables.

Cependant, force est de constater qu'aucune mise en œuvre existante ne vérifie l'ensemble de ces spécifications.

Mise en œuvre technologique : approche fondée sur des cartes (mentale (cognitive) et géographiques).

Les études de Tollman (1948) ont introduit le concept de cartes mentales (ou cognitives) dont la formation a été confirmée par les recherches en neurosciences (Chebat 2017 ; Pissaloux, 2017). Une carte classique (géographique) ou un plan architectural (d'intérieurs ou de l'extérieur) peut constituer un support pour améliorer la construction d'une carte mentale utilisée lors d'un déplacement. La carte classique peut également être utile à l'extraction des informations sur l'espace qui nous entoure, et, par conséquent, être utile à l'émergence de la connaissance de l'espace autorisant la liberté de mouvement et la sécurité psychologique du déplacement (ce qui réduit le stress lié à un déplacement autonome).

Pour former cette carte mentale, on utilise une carte classique présentée de différentes façons : description orale, expérience préalable avec un accompagnateur, cartes physiques (thermoformées,

thermogonflées, réalisées avec encre épais, en relief, carte interactive, etc. ; cf. la « Bibliographie complémentaire »).

Brock, Joffrais *et al.* (2015, 2014) ont trouvé qu'une PPIV peut exécuter les opérations suivantes à partir d'une carte tactile :

- extraire les éléments saillants pour comprendre comment l'environnement est organisé ;
- planifier son chemin si elle connaît la carte en toute autonomie ;
- apprendre les points d'intérêt pour la mobilité (notamment pour la confirmation du chemin) ;
- se déplacer par rapport à un ensemble de points-repères.

Simmonnet *et al.* (2013) ont démontré que les PPIV sont capables de se souvenir de la relation entre les points d'intérêt qu'ils ont identifiés lors de leur exploration d'une carte (c'est un phénomène bien connu par les praticiens de la musique).

Il est à remarquer que la connaissance a priori de l'itinéraire est un préalable au déplacement - elle permet de se former une carte mentale de l'espace autour de l'itinéraire à parcourir ; les PPIV préparent toujours leur déplacement.

Partant de ces différents faits établis scientifiquement, et du fait qu'un canal tactile semble être préféré de PPIV, les problèmes liés à la technologie (tactile ou à stimulation tactile) émergent, et parmi eux :

- la représentation du contenu de la carte,
- le codage de l'information,
- sa représentation matérielle,
- sa précision,
- la dynamique de la carte tactile (affichage fixe et modifiable).

Le contenu de la carte doit coder l'information minimale et nécessaire à représenter ; aussi, (cf. supra), l'information à coder doit être choisie en fonction du contexte de l'utilisation de l'aide et du profil de son utilisateur. Cette information doit être arrêtée conjointement (conception participative) avec tous les acteurs impliqués dans la mobilité des PPIV. (*La partie « Bibliographie complémentaire » présente différentes solutions existantes et les approches étudiées dans des projets universitaires*).

Le moment de la fourniture de ces informations à la PPIV, simple à définir (à tout instant où l'information peut être utile), est beaucoup plus difficile à mettre en pratique car il est fonction d'au moins deux facteurs humains : le profil de l'utilisateur et ses besoins en assistance lors d'un déplacement. Ces paramètres doivent être également définis avec tous les intéressés.

Actuellement, les solutions basées sur les cartes statiques (thermoformées, thermogonflées, à encre épais, plastifiées, etc. – cf. « Bibliographie complémentaire ») fournissant un aperçu de l'espace, correspondent rarement aux besoins en déplacement d'une PPIV, et se voient remplacées par des solutions basées sur le smartphone qui essaient de proposer l'information de façon continue (Zeng, 2014 ; Bornschein, 2014 ; Magnusson/Haptimap, 2012 ; Pielot, 2010 ; Hub 2008).

Cependant, ces solutions sont davantage des assistances à la mobilité (et non à l'orientation) car elles fournissent surtout l'information sur la direction à emprunter, et, en particulier, elles confirment les directions d'un itinéraire (bien mémorisé). En effet, basées sur le GPS et des logiciels de suivi d'un piéton (de tracking, de type SLAM), les informations fournies par ces systèmes peuvent se révéler peu précises (comme l'est le GPS qui offre une précision de quelques dizaines de mètres, notamment en fonction de la configuration spatiale).

Ces solutions ne permettent pas d'acquérir de nouvelles connaissances spatiales, de se repositionner dans sa carte mentale ou d'estimer les distances (ego- ou allo-centrées). Ces dispositifs, qui ne sont pas égo centrés, ne permettent pas la mise en correspondance de la carte mentale avec la carte géographique (qui est aussi allo centrée). Les PPIV signalent souvent la difficulté de se retrouver dans un lieu que leur carte n'indique pas. Finalement, ces dispositifs ne permettent pas l'anticipation de la géométrie de l'espace à atteindre dans quelques prochains pas (Dakopoulos, 2010).

Il est à remarquer qu'il existe des solutions construites autour de balises (souvent RFID) fixées dans l'environnement qui devient ainsi coopérant (système TANIA, Tactile Acoustical Navigation and Information Assistant, Hub 2008). Ces solutions permettent de se repositionner dans l'environnement (surtout à l'intérieur) mais, sans même évoquer le coût et la faible pérennité de tels dispositifs, elles restreignent totalement la liberté d'apprendre l'autonomie de déplacement.

Nous sommes donc loin d'avoir des dispositifs tactiles réellement utiles aux PPIV, et qui assistent leurs interactions avec l'espace (Lenay, 2018 ; Gyoshev , 2018 ; Pissaloux 2017 ; O'Modhrain, 2015 ; Nanayakkara, 2013 ; Zeng, 2011).

Synthèse sur les technologies non invasives pour les personnes présentant une déficience visuelle

L'objectif de cette partie est de faire un état de l'art succinct des technologies *non invasives*, c'est-à-dire ne nécessitant pas d'intervention chirurgicale ou d'interaction direct du dispositif avec le corps humain ; il s'agit de dispositifs disponibles dans le commerce, ou suffisamment mature pour une disponibilité sur le marché à court terme.

Elles peuvent être réparties en cinq classes, chacune nécessitant la résolution de contraintes spécifiques pour être utilisable au quotidien par les utilisateurs DV ; il s'agit de technologies pour assister la lecture (§1), pour assister l'accès à l'image (§2) ou pour assister l'accès au web (§3) ; les technologies d'accès à l'information fondées sur le principe de substitution sensorielle (§4), et celles pour assister le déplacement et à la navigation fondées sur le concept de canne (§5). Le but primaire de ces technologies est d'améliorer l'indépendance des personnes DV.

1. Technologies pour la lecture

Rendre accessible des documents écrits est un pas important pour l'accès à la connaissance et à la culture pour les personnes DV, et donc à l'épanouissement personnel et à l'indépendance. Cet accès peut se faire par deux principaux moyens :

- une transcription tactile des caractères,
- une transcription audio du texte.

1.1. Transcription tactile

La transcription tactile consiste à transcrire les caractères d'un texte en un équivalent reconnaissable au toucher. Deux approches sont actuellement les plus répandues : l'alphabet Braille et la représentation des lettres classiques par points.

Codage Braille

L'alphabet Braille est l'encodage tactile le plus répandu (même si seulement environ 15% de PPIV du monde sont brailistes [source : AVH]).

Un caractère Braille de base est constitué de six points (deux colonnes de trois points) permettant de définir 64 caractères (cf. figure 1).

La variante informatique du Braille ajoute deux points supplémentaires (deux colonnes de quatre

points) permettant d'encoder l'ensemble des 256 caractères définis par le standard informatique *Unicode*. Le *Braille informatique* permet ainsi de distinguer les minuscules des majuscules et les chiffres sans utiliser de caractère-balise supplémentaire. Cependant, de par la hauteur des caractères (4 lignes au lieu de 3), il est plus difficile à lire.

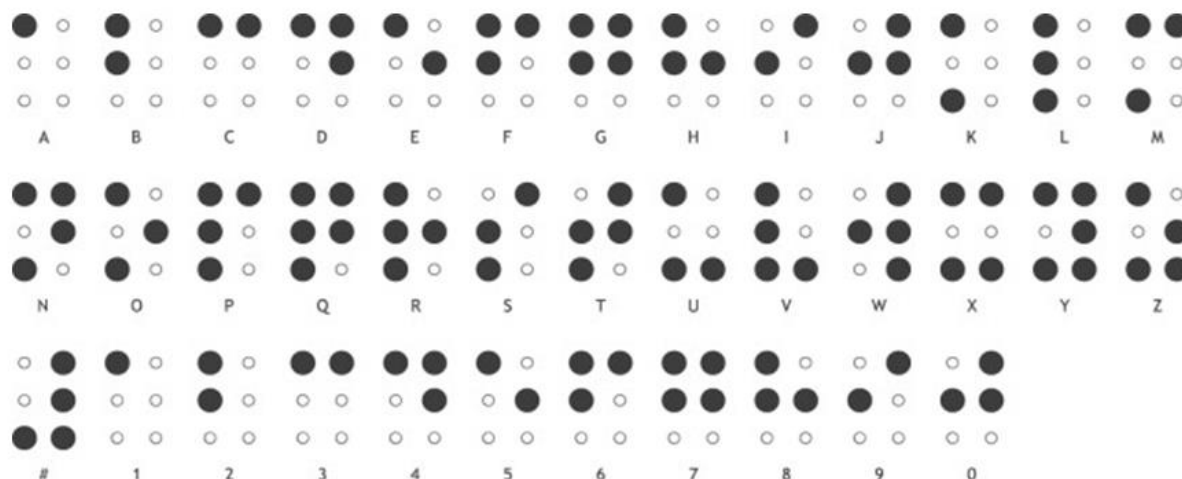


Figure 1 Alphabet Braille de base.

Différents moyens existent pour lire et écrire du braille, sur support non modifiable (par exemple du papier épais ou des panneaux indicatifs) et sur support modifiable (numérique).

La *variante informatique du Braille* est à la base de développement de nouveaux codes pour des nouvelles disciplines, ainsi que de logiciels permettant leur affichage sur un clavier braille (cf. figure 6). Par exemple, MathInBraille [fiche de lecture 9] est un logiciel de traduction de textes mathématiques en développement à l'Université de Johannes Kepler, à Linz (Autriche) et à l'Université de Paris 8 (travaux de D. Archambault). Son but est de générer les textes mathématiques qui peuvent être lus par tous, y compris les déficients visuels. Il convertit certaines formules algébriques vers Braille en une expression concise 1D. La figure 2 donne un exemple de traduction automatique d'une expression algébrique.

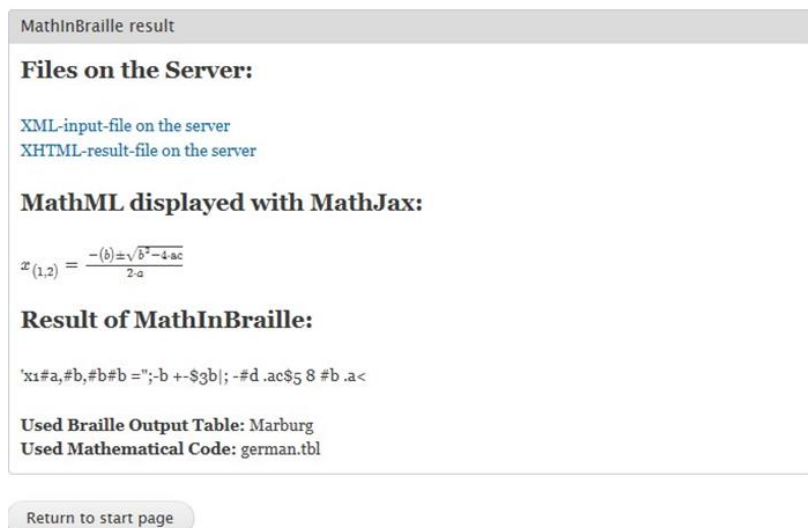


Figure 2 Exemple de traduction automatique d'expressions algébriques du logiciel MathInBraille

Écrire en Braille

Il est possible d'écrire des caractères Braille à la main sur du papier spécifique, en créant des aspérités suffisamment marquées pour être ressenties. L'écriture se fait à l'aide d'un poinçon, sur le côté verso de la page, et éventuellement d'une plaque perforée pour indiquer l'emplacement des aspérités (Figure 3).

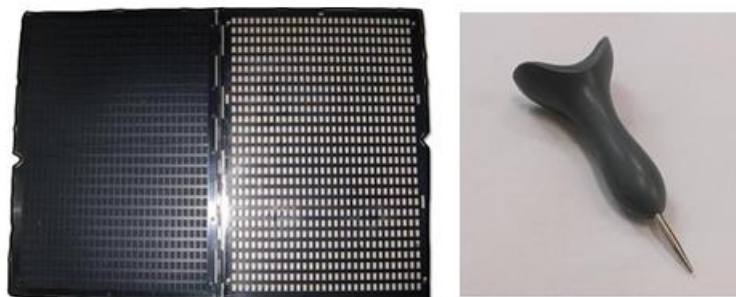


Figure 3 Tablette braille à cuvette et poinçon. La tablette dispose de trous alignés pour guider l'écriture sur une feuille de papier épais. L'écriture se fait au dos de la feuille.

Il existe également des machines à écrire dédiées aux caractères Braille dites machine à écrire Perkins (figure 4).



Figure 4 Machines à écrire Perkins

Sur les machines à écrire Perkins, les six touches principales permettent d'écrire un caractère en Braille, chaque touche correspondant à un des six points d'un caractère Braille (figure de droite). La touche centrale permet d'ajouter un espace. Les touches latérales permettent de sauter une ligne et le retour arrière. La machine à écrire Perkins SMART Brailleur ajoute les fonctionnalités d'une machine à écrire électronique et une synthèse vocale pour assister l'utilisateur.

Des imprimantes Braille, appelées embosseuses, permettent d'imprimer des textes en caractères Braille à partir d'un document numérique. Ces imprimantes, bien que coûteuses, permettent l'édition de livres accessibles aux PPIV, et l'écriture sur support rigide. Certaines embosseuses permettent également d'imprimer des graphiques et des figures simples.

La lecture et l'écriture de caractères Braille facilitent considérablement l'accès à l'informatique pour les PPIV, et de nombreux outils sont actuellement disponibles sur le marché. La conversion de caractères UniCode à lettres Braille s'effectue caractère par caractère pour retranscrire le texte.

Lecture en Braille

La lecture de documents numériques classiques traduits en Braille est permise par l'utilisation de cellules Braille électroniques.

L'entreprise Metec² est aujourd'hui le principal constructeur de cellules électroniques. Une cellule Braille est constituée de huit picots mobiles (Braille électronique), déplacés par des tiges constituées de matériaux piezo-électriques (figure 5 gauche et centre). Ces tiges se déforment lorsqu'une tension électrique leur est appliquée, permettant de soulever les picots d'environ 0,7 mm, ce qui est suffisant pour afficher une lettre Braille. De nombreux dispositifs actuellement disponibles utilisent un ensemble de cellules Braille électroniques pour afficher du texte, sur une ou plusieurs lignes. Les cellules piezo-électriques sont cependant coûteuses, ce qui rend ces dispositifs peu accessibles à large diffusion.

² <http://web.metec-ag.de/en/>

Récemment, l'entreprise indienne Innovision³ propose une nouvelle technologie (non révélée) de cellule Braille électronique réduisant significativement le coût de production de dispositifs de ce type. Ce constructeur promet ainsi de diviser par cinq le coût de réalisation d'une plage Braille.

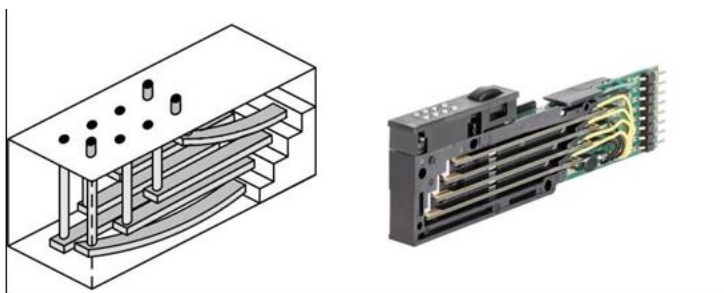


Figure 5 Gauche : cellule Braille électronique : les picots sont supportés par des tiges qui se déforment lorsqu'une tension électrique leur est appliquée, permettant de soulever le picot. Droite : une cellule Braille modèle B11 produite par Metec.

L'écriture de texte peut s'effectuer avec un clavier conventionnel, la disposition standardisée des touches permet son utilisation par une PPIV connaissant cette disposition.

Il existe cependant des claviers destinés à l'écriture du Braille, inspirés des machines à écrire Perkins. Ces claviers sont constitués de huit touches, l'appui sur une combinaison de ces huit touches permettant l'écriture d'un caractère Braille informatique. Ces claviers sont souvent complétés par de nombreuses touches supplémentaires permettant la navigation et la correction du texte.

Une large majorité des dispositifs informatiques accessibles aux PPIV intègrent simultanément un clavier et un système d'affichage Braille (une ligne Braille, cf. figure 6). Plusieurs constructeurs proposent différents modèles de tablettes, des bloc-notes portatifs à 12 cellules Brailles, jusqu'aux plages Braille professionnelles à 80 cellules.

Afin de faciliter l'interaction entre une PPIV et une personne voyante, certains constructeurs proposent désormais des tablettes tactiles intégrant des cellules Braille et un clavier Perkins tactile gravé sur l'écran ou des touches au dos de la tablette.



Figure 6. Exemples de tablette Braille (Brailiant 40 (Humanware), Focus 14 (Freedom Scientific) et Braille Sense U2 Mini (Hims)).

³ <http://innovisiontech.co/>

Ces tablettes Brailles permettent la lecture sur une ligne, et disposent d'un clavier de type Perkins à 8 touches pour l'écriture de caractères Braille informatique. Les différents constructeurs proposent des modèles disposant de lignes de 12 (modèles portatifs) à 80 (modèles professionnels)

Une liste des principaux constructeurs de tablettes Braille est fournie dans la partie de bibliographie.

Représentation de lettres (caractères) classiques par points

Le second encodage largement répandu est la représentation des lettres par points. Cette représentation consiste à tracer les contours des lettres de l'alphabet à l'aide de points. Il est à remarquer que la distance entre les points est similaire à l'espace inter-points du code Braille (2,45mm). La figure 7 donne un exemple de lettres latines (polonaises) codées en points. Ces lettres constituent la légende expliquant l'affichage (ici : un tigre, vue latérale).

Cette représentation a pour avantage de faciliter la lecture pour des personnes ayant perdu la vue tardivement et sachant lire. Cependant, cette représentation est bien moins répandue que le Braille, et, de par la complexité de ses caractères, il n'existe pas de systèmes d'affichage électroniques.



Figure 7 Plaque pédagogique obtenue par thermoformage. Le texte est écrit en Braille (en haut) et par une représentation par points en polonais (en dessous) (source : Specjalny Ośrodek Szkolno - Wychowawczy dla Dzieci Niewidomych im. Synów Pułku, - Ecole pour les enfants déficients visuels à Owinska, Pologne).

1.2.Transcription audio

D'après l'Association Valentin Haüy (AVH), seules 10 à 15 % des personnes DV maîtrisent la lecture du braille⁴. Afin de rendre le contenu de documents écrits accessibles au plus grand nombre, une transcription audio d'un document peut être envisagée. Différentes formes de transcription existent ; les plus populaires d'entre elles sont brièvement présentées ci-après.

⁴ PARIS, 2 jan 2009 (AFP)

Livres audio

Les *livres audio* sont des enregistrements d'ouvrages lus à voix haute en studio d'enregistrement. Cette méthode est coûteuse et reste donc limitée à des œuvres destinées à une large diffusion (par exemple des romans fortement populaires).

Certaines applications mobiles, telle *read for the blind*⁵ permettent de générer des livres audio de façon *participative*, afin d'augmenter le nombre d'œuvres accessibles. Ces applications permettent à quiconque de s'enregistrer pendant la lecture à voix haute de tout ou partie d'un livre, les enregistrements étant ensuite regroupés pour former des livres audio.

Synthèse vocale

Pour les documents ne pouvant faire l'objet d'un enregistrement audio, il est possible d'utiliser un logiciel de *synthèse vocale*. Ces logiciels décomposent un texte en une suite de sons élémentaires (des phonèmes) afin de générer des phrases. Les récents progrès dans ce domaine permettent aujourd'hui de générer des voix réalistes, facilitant son acceptation par les utilisateurs. De nombreuses applications pour smartphone et PC sont actuellement disponibles et régulièrement améliorées pour lire un texte affiché à l'écran.

Les logiciels capables de générer des *voix naturelles* sont des logiciels commerciaux souvent coûteux et dédiés aux professionnels. Cependant, l'activité des communautés de développements libres permet aujourd'hui une offre de logiciels de synthèses vocales libres générant des voix parfaitement compréhensibles. Une liste non-exhaustive des logiciels de synthèse vocale (gratuits et payants) est proposée dans la partie bibliographie.

1.3.Transcription automatique d'un document écrit.

Si la transcription d'un document numérique en Braille ou par synthèse vocale est aisée, la transcription d'un document écrit sur un support physique s'avère plus complexe, car nécessitant une *reconnaissance de caractères* et une *reconnaissance de la structure du document*. Les récents progrès en intelligence artificielle et vision par ordinateur, notamment dans la reconnaissance de caractères, permettent une lecture de plus en plus fiable des documents écrits, y compris de documents manuscrits. Le projet *Google Book* a permis la numérisation et la transcription en textes numériques de plusieurs millions d'ouvrages, rendant possible l'utilisation d'affichage Braille ou de synthétiseur vocal.

⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.samsung.blind>

Le dispositif *Top-Braille*⁶ (figure 8) est un outil compact permettant de transcrire un document écrit en caractères Brailles. Il dispose d'une caméra permettant de décoder les caractères du document sur lequel il est posé, et de les transcrire à l'aide d'une cellule Braille située sur le dessus de l'appareil. Des picots supplémentaires et un signal audio guident la lecture d'utilisateur.



Figure 8 Le Top-Braille permet de transcrire les caractères d'un document écrit à l'aide d'une cellule Braille.

Il existe également des dispositifs permettant de lire en direct un document qui lui est présenté. Le *Finger Reader*⁷, développé au MIT (figure 9), est une bague dotée d'une caméra et couplée à un synthétiseur vocal, capable de reconnaître et lire le texte (avec le logiciel TTS (text-to-speech) de Flite) parcouru par l'utilisateur [Shi 14]. Le dispositif guide l'alignement de doigt à la ligne lue par l'utilisateur par le biais de vibrations.

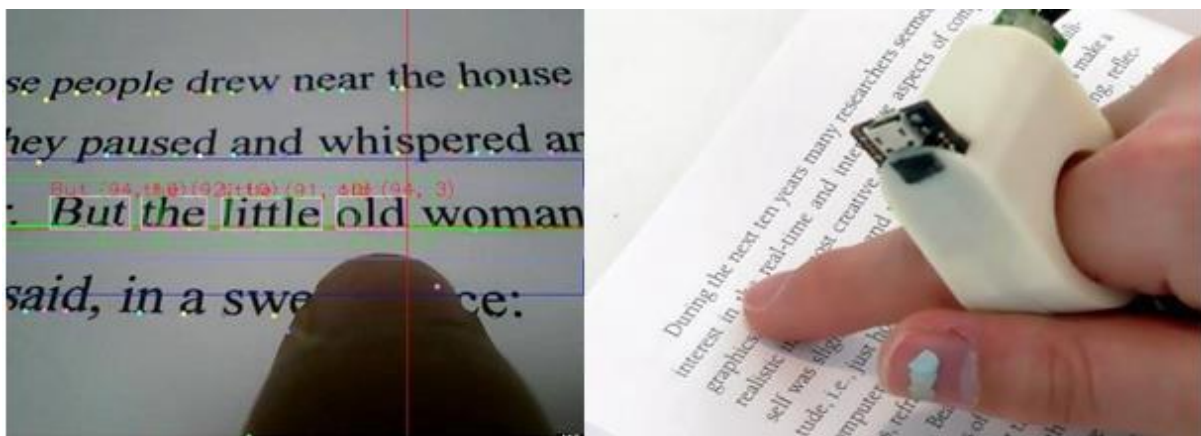


Figure 9 Le Finger Reader développé par le MIT. Une caméra analyse le texte, qui est lu par un synthétiseur vocal. Des vibrations permettent de guider l'utilisateur.

⁶ <http://www.top-braille.eu/>

⁷ <http://fluid.media.mit.edu/projects/fingerreader>

Les *principaux avantages* du système sont les suivants :

- sa portabilité ;
- l'aide à la lecture horizontale bi-directionnelle (de gauche à droite & de droite à gauche).

Les *principaux inconvénients* sont les suivants :

- le système est dédié davantage aux personnes ayant la difficulté à apprendre à lire qu'aux déficients visuels ;
- le système ne fournit aucune assistance à la lecture verticale.

Solutions fondées sur les smartphones

La démocratisation des smartphones peut également être exploitée. Ces dispositifs disposent en effet de caméras hautes définition et d'une puissance de calcul de plus en plus importante, permettant l'utilisation de logiciels de reconnaissance d'objets dans une image. Les logiciels permettant la reconnaissance de caractères sont appelés logiciels *ROC* (Reconnaissance Optique de Caractères) ou *OCR* (Optical Character Recognition). Des applications pour smartphone, tels *Text Scanner OCR*⁸ ou *CamScanner*⁹, permettent aujourd'hui de convertir les textes observés par la caméra, que ce soit un document papier (livre, journal...) ou un panneau d'affichage, en un texte numérique pouvant être lu par un synthétiseur vocal.

Certaines applications, tel *KNFB Reader*¹⁰, sont conçues spécifiquement pour l'aide aux PPIV, et intègrent directement un synthétiseur vocal pour lire les textes lus.

2. Technologies numériques pour l'accès aux images affichées sur une surface

Une image à deux dimensions contient bien plus d'informations que du texte, faisant de l'accès aux images aux PPIV un défi bien plus complexe.

En effet, afin d'interpréter le contenu d'une image, il est nécessaire de transmettre des informations visuelles, comme les contours, les textures, et la position des éléments sur l'image, informations que les dispositifs évoqués précédemment ne peuvent retranscrire.

Donner accès à une image nécessite de convertir les propriétés visuelles de l'image (contours, couleur, texture visuelle) sous forme de propriétés tactiles (reliefs, bords, textures tactiles...) afin de permettre à un PPIV d'explorer l'image par le toucher. Une assistance audio peut en outre être

⁸ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peace.TextScanner&hl=fr>

⁹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.intsig.camscanner>

¹⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sensotec.knfbreader>

proposée pour guider l'exploration et fournir des informations supplémentaires ne pouvant être retranscrites par des propriétés tactiles.

Différentes technologies existent pour retranscrire une image en une surface tactile. Cette retranscription peut s'effectuer en recréant physiquement les propriétés de l'élément à afficher sur la surface, soit en simulant les effets du toucher sur la peau de l'utilisateur. Une revue de recommandations relatives à la conception des surfaces est proposée par un groupe de chercheurs PPIV de trois universités américaines dans [Gui 15].

Les différents dispositifs existants, souvent en état du prototype académique, peuvent être répartis en quatre classes : surfaces déformables fixes (§2.1), surfaces déformables dynamiques (§2.2), surfaces déformables réduites (§2.3) et surfaces à stimulation tactile (§2.4).

2.1. Surfaces déformables fixes

Une image « tactile » peut être obtenue par différents procédés permettant de déformer la surface ou lui ajouter du relief. La surface obtenue peut être explorée librement avec les deux mains, facilitant l'appropriation de l'image. En revanche, l'image tactile est fixe et définitive : il faut générer une surface pour chaque objet à représenter. Cette méthode n'est donc utilisable que pour des applications où l'on doit présenter des images prédéfinies, comme des cartes (thermo-formation) ou des représentations tactiles d'œuvres d'art dans un musée (plaques tactiles du type bas-relief juxtaposées, [Can1 18, Can2 18]).

La méthode dite de la *feuille molle* permet de tracer des dessins tactiles (figure 10). Elle consiste en une feuille de plastique, posée sur une planche caoutchouteuse et antidérapante. À l'aide d'un poinçon, d'une roulette ou d'un stylo à pointe fine, il devient possible de déformer la feuille de plastique pour tracer des points et des lignes pouvant être sentis au toucher. Bien qu'elle permette aux PPIV de dessiner, cette méthode reste limitée au tracé de points et de lignes, et ne permet pas de définir des textures tactiles.

Le *thermoformage* est un procédé qui permet de déformer une feuille de plastique ou de papier spécifique pour lui donner la forme d'un modèle en 3D de l'objet à représenter. L'avantage de cette solution est qu'il est possible de recréer très précisément une surface tactile, avec des contours et des textures, et un relief important. Le procédé de thermoformage consiste à chauffer une feuille de plastique pour la ramollir, puis à la plaquer par aspiration sur un modèle 3D de l'image tactile à reproduire. Ce procédé d'impression nécessite donc de créer un modèle 3D de l'image à imprimer, et n'est rentable que dans le cas où plusieurs documents doivent être produits (figure 11).



Figure 10 Planche à dessin sur feuille molle : une feuille de plastique est posée sur une surface molle. À l'aide d'un stylet, d'un poinçon ou d'une roulette à dessin, il devient possible de tracer des points et des lignes pouvant être sentis au toucher



Figure 11 À gauche : une carte obtenue par thermoformage, à droite : une machine de thermoformage EZ Form Braille Tactile Brailon.

La méthode du *gaufrage* consiste à déformer une feuille de papier spécifique en la pressant entre deux plaques gravées. Initialement utilisée pour décorer des ouvrages, cette méthode permet de créer des images en reliefs. Comme pour le thermoformage, il est nécessaire de créer un modèle de la surface (en positif et en négatif). De plus, le relief doit être limité pour éviter de déchirer la feuille. Ce procédé est cependant rapide et permet de produire des documents en grandes quantités dès lors que les plaques ont été créées.

La méthode du *thermogonflage* (figure 12) utilise des feuilles de papier spécifique, qui gonfle lorsqu'elles sont chauffées. Le tracé du dessin est marqué à l'aide d'une encre noire, puis la feuille est chauffée. Les parties recouvertes d'encre noire, absorbant plus de chaleur, vont alors gonfler, produisant du relief. Ce principe est cependant limité à une seule hauteur, et le document produit n'est pas durable : les éléments en relief peuvent facilement se dégonfler sous la pression des doigts. De plus, il n'est pas possible de représenter fidèlement les textures, le procédé étant limité à l'impression de traits et de points. Ce procédé reste le plus simple pour générer des images tactiles individuelles,

car, contrairement au thermoformage et au gaufrage, il n'est pas nécessaire de produire un modèle en 3D de l'objet à représenter.

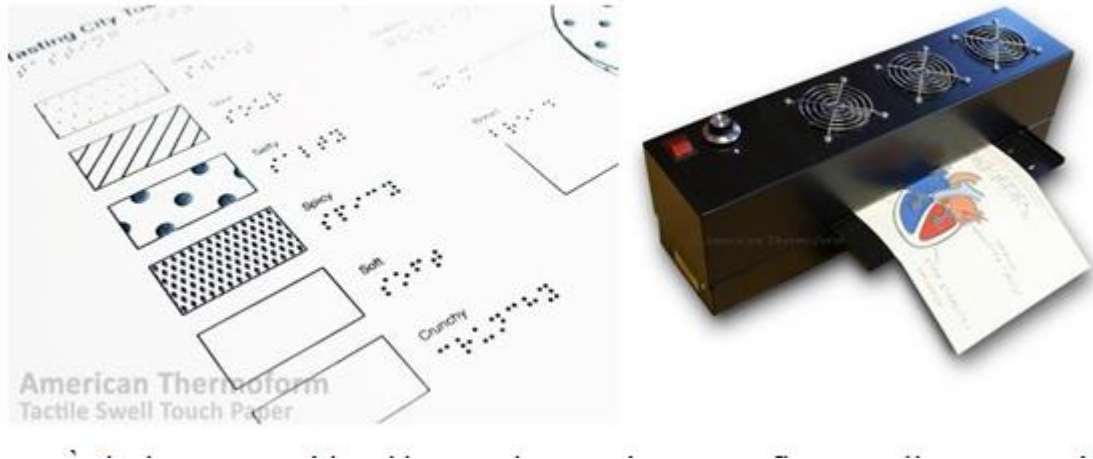


Figure 12. Droite : machine d'impression par thermogonflage Swell Form Machine, par AmericanThermoform. Gauche : détail d'une image imprimée. Impression d'images binaires (noir/blanc) constituées de traits et de points, et caractères Braille.

Une autre méthode consiste à imprimer l'image avec *une encre épaisse*, permettant de créer des reliefs (figure 13). Tout comme la technique de thermogonflage, le relief obtenu est faible (environ 1mm) et il n'est pas possible de reproduire fidèlement les textures tactiles, mais il n'est pas nécessaire de créer un modèle 3D de l'objet ou du dessin à représenter.

L'entreprise OCE travaille sur la mise au point de telles encres pour permettre l'affichage tactile de certaines œuvres d'art (musée du Quai Branly et musée du Luxembourg à Paris).

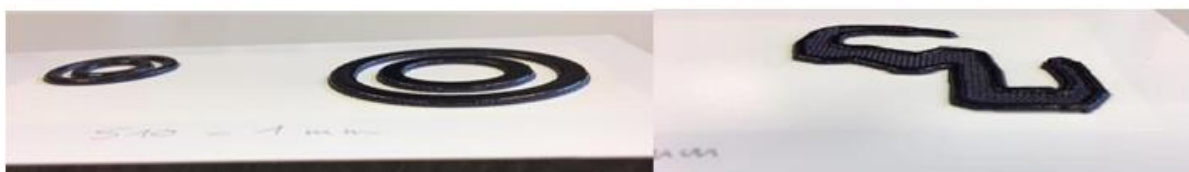


Figure 13 Méthode de l'impression par encre épaisse. L'encre, en séchant, laisse un relief suffisant pour pouvoir être senti au toucher.

2.2.Surfaces déformables dynamiques

Pour permettre la modification d'images tactiles, certains dispositifs utilisent une surface constituée de petits picots mobiles, appelés taxels (pour TActile ELelements), qui, en montant ou descendant, permettent de retranscrire une image tactile (figure 14, [Pis 08]). Ces dispositifs permettent ainsi de retranscrire les contours et l'élévation des éléments affichés. Cependant, comme chaque taxel nécessite un actionneur (un élément *piezo-électrique*, un moteur électrique,

un électro-aimant, des matériaux à mémoire de forme, etc.) pour le déplacer, ces dispositifs ont une résolution faible, ne permettant pas d'afficher des textures, peuvent être lourds et coûteux.

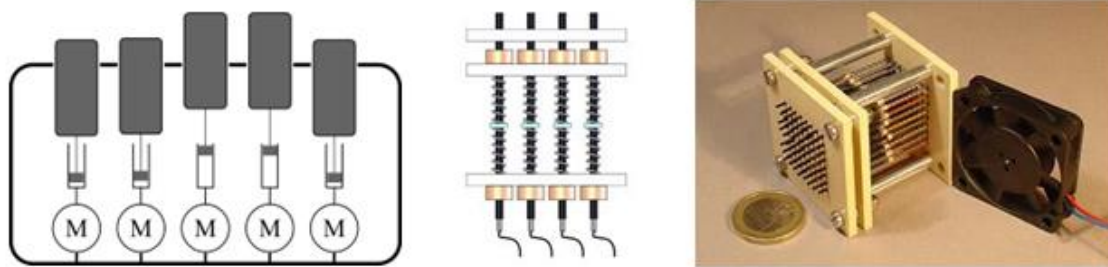


Figure 14 surfaces déformables dynamiques

Une surface déformable dynamique est constituée de picots mobiles, appelés taxels (TActile ELements) que des actionneurs (ressors) montent ou descendent pour constituer une image tactile que l'utilisateur peut explorer librement. La résolution (distance entre deux taxels) est limitée par la taille des actionneurs. La figure 14 montre à gauche le principe de fonctionnement de ces interfaces. Les figures du centre et de droite montre le TactiPad, le prototype d'une telle interface réalisée à l'Université Rouen et à la Sorbonne (Université Paris 6) [Pis 08]).

Plusieurs dispositifs sont actuellement sur le marché ou font l'objet d'une levée de fonds. Les tablettes Hyperbraille et Hyperflat¹¹ produites par Metec font figure de pionnières dans ce domaine [Pre, 2017] (figure 15). Ces tablettes sont constituées d'une surface recouverte de picots que des tiges piezo-électriques, comparables à celles utilisées dans les cellules Braille électroniques, peuvent faire monter et descendre d'environ 0.7 mm, permettant d'afficher les contours d'un objet ou une image binaire (noir ou blanc). Cependant, de par le grand nombre d'actionneurs piezo-électriques, ces tablettes sont très coûteuses (15K€ au minimum) et lourdes, les rendant peu adaptées pour des applications mobiles.



Figure 15 Deux tablettes tactiles produites par Metec : Hyperflat (à gauche) et Hyperbraille S (à droite). La surface est recouverte de picots déplacés par des lamelles piezo-électriques, permettant d'afficher une image tactile.

¹¹ <http://web.metec-ag.de/en/produkte-graphik-display.php>

La tablette Graphiti¹² (figure 16) proposée par l'Orbit Researcha et l'American Printing House for the Blind Inc. (APH) limite en partie le problème du nombre d'actionneurs en n'utilisant qu'un seul moteur par ligne et par colonne de picots, réduisant considérablement le nombre d'actionneurs nécessaires. Il est de plus possible de modifier la hauteur des picots pour afficher différentes hauteurs. Cependant, comme les picots ne peuvent pas être déplacés individuellement, la vitesse de rafraîchissement de l'image qui ne peut plus être instantanée : cette tablette est donc réservée à l'affichage de séries d'images fixes.



Figure 16. La tablette Graphiti réduit le nombre de moteurs afin de réduire l'encombrement et le coût. La hauteur des taxels est variable, permettant d'afficher différentes hauteurs.

La tablette Tactonom¹³ (figure 17) proposée par Inventivio¹⁴, fonctionne selon le principe d'une imprimante, et « imprime » une image tactile à l'aide de petites billes métalliques faisant office de taxels. Si la durée d'impression d'une image est relativement longue en comparaison des autres dispositifs (quelques secondes), l'image proposée affiche une résolution élevée pour ce type de dispositif (10500 billes). Le Tactonom permet également de prendre une photo d'une image placée sur la surface de la tablette pour la convertir en image tactile. De par sa taille et son fonctionnement, ce dispositif est plus transportable que portable.

¹² <http://www.aph.org/graphiti/>

¹³ <http://www.tactonom.com/index.html>

¹⁴ <https://www.inventivio.com/>



Figure 17. Le Système Tactonom

Le Système Tactonom fonctionne grâce à un plateau mobile qui coulisse de la partie arrière vers la partie avant, permettant l'impression d'une image à l'aide de petites billes métalliques. Une caméra, placée dans le support, permet de prendre une image en photo avant d'en imprimer une version tactile. À gauche, le système « imprime » l'image pendant que le plateau coulisse vers l'avant.

2.3. Surfaces déformables à taille réduite

Afin de réduire l'encombrement et le coût des surfaces déformables, certains dispositifs utilisent une surface de taxel réduite, que l'utilisateur peut déplacer pour explorer une surface plus grande. C'est le principe du système *OPTACTON* (OPTical to TActile CONverter) [Goldish, 1974] (figure 18 droite) : ce dispositif est constitué d'une petite matrice de vibreurs sur laquelle l'utilisateur pose un doigt. À l'aide de son autre main, l'utilisateur déplace une petite caméra sur la surface à observer. Après une période d'entraînement, l'utilisateur peut déchiffrer les caractères et interpréter les images fortement contrastées. L'*OPTACON* [Gol 74] n'est plus produit de nos jours, mais d'autres dispositifs actuellement disponibles fonctionnent sur le même principe. Le *VideoTIM3*¹⁵ (figure 18 de gauche) utilise ainsi une petite matrice de taxels que l'utilisateur explore d'une main, tandis qu'il parcourt l'image en déplaçant une petite caméra avec son autre main.

¹⁵ http://www.abtim.de/home_e_/home_e_.html



Figure 18 Gauche : OPTACON 2 : l'utilisateur pose son doigt sur une matrice de taxels et parcourt l'image à l'aide d'une caméra. L'écran montre l'image tactile transmise. Droite : le VideoTIM3, plus récent, fonctionne sur le même principe.

2.4. Surfaces à stimulation tactile

Pour contourner les problèmes des tablettes à taxels, un autre type de dispositifs propose de stimuler directement la peau de l'utilisateur pour simuler des informations tactiles, par le biais de vibrations [Bie 08] (figure 19). Il est donc possible de simuler des textures. En revanche, il n'est pas possible de simuler le contour des objets affichés, et donc de suivre ces contours. De plus, comme la stimulation est appliquée à l'ensemble de la surface, l'exploration de l'image ne peut se faire qu'avec un seul doigt, ce qui peut rendre difficile son exploration.

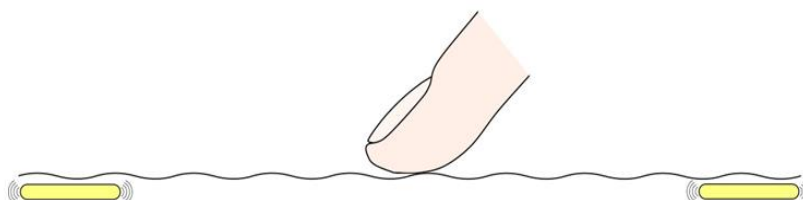


Figure 19 Fonctionnement des tablettes à stimulation haptique

Avec les tablettes à stimulation haptique, un écran tactile détecte la position du doigt, puis des vibrations sont appliquées à l'écran (stimulateurs piézo-electriques en jaune) pour simuler les sensations tactiles de la zone touchée. Il n'est possible de toucher l'écran qu'avec un seul doigt, ce qui peut rendre difficile l'exploration de la surface [Bie 08].

Un avantage de cette méthode est qu'il est possible de superposer l'écran haptique à un écran conventionnel, dans la but d'améliorer l'expérience d'un utilisateur voyant. Ceci pourrait permettre, dans les années à venir, une diffusion de cette technologie pour le grand public et donc une réduction significative des prix de ces dispositifs.

La tablette haptique proposée par HAP2U¹⁶ (figure 20) fonctionne sur ce principe de vibrations [Ber 16]. Cette tablette est basée sur un mini-ordinateur *Raspberry Pi* et un système d'exploitation Linux, et livrée avec un logiciel permettant de créer soi-même des images tactiles. Le logiciel contrôlant l'écran tactile peut générer une stimulation tactile en fonction de l'élément touché, mais également de la direction de déplacement du doigt.



Figure 20. La tablette HAP2U permet de simuler les sensations tactiles d'une image (ici, les écailles d'un poisson). Cette tablette a cependant été conçue pour augmenter l'interaction d'utilisateurs voyants.

D'autres constructeurs ont présenté leurs prototypes de tablettes haptiques (figure 21): Fujitsu et sa tablette Haptic Sensory, Bosh avec sa tablette NeoSense et Tanvas avec sa tablette Haptic Feedback System. L'image affichée peut être explorée avec un seul doigt.



Figure 21. De Gauche à droite : Haptic Sensory de Fujitsu, NeoSense de Bosh et HAptic Feedback System de Tanvas.

2.5.Conclusion

L'état de l'art des moyens d'afficher des images montrent qu'il n'existe actuellement pas de technologies permettant d'obtenir simultanément les propriétés suivantes : affichage dynamique, forte résolution, affichage des contours et des textures, exploration libre de la surface (multi-toucher), tout en étant peu coûteuse.

¹⁶ <http://www.hap2u.net/>

La table 1 propose une comparaison relative (subjective) de différentes méthodes de génération de cartes tactile (X – caractéristique non supportée ; le nombre de « o » indique une faible (1) ou grande (3) capacité de la technologie pour faire percevoir le paramètre visé) réalisée à partir de la littérature.

	Dynamique	Forte résolution	contours	textures	Exploration libre	abordable
Thermoformage/gaufrage	X	OOO	OOO	OOO	OOO	X
Thermogonflage/encre épaisse	X	OOO	OOO	X	OOO	OO
Hyperbraille /Hyperflat	OOO	O	OOO	X	OOO	X
Graphiti	O	O	OOO	X	OOO	O
Tactonom	O	O	OOO	X	OOO	O
OPTACON/VideoTim3	OOO	OO	O	X	OOO	O
HAP2U	OOO	OOO	X	OO	X	OO

Table 1. Comparaison relative (subjective) de différentes méthodes de génération de cartes tactile (X – caractéristique non supportée ; le nombre de « o » indique une faible (1) ou grande (3) capacité de la technologie pour faire percevoir le paramètre visé).

3. Accès au contenu web

L'évolution du web s'est accompagnée d'une évolution des mises en page du contenu, permettant un affichage toujours plus esthétique et plus ergonomique : séparation des en-têtes, pieds de pages, menus latéraux, affichage dynamique... (figure 22). Cependant, ces mises en pages reposent sur une répartition des éléments sur la page, nécessitant une vue globale de la page, ce qui en complique l'accès pour les PPIV.

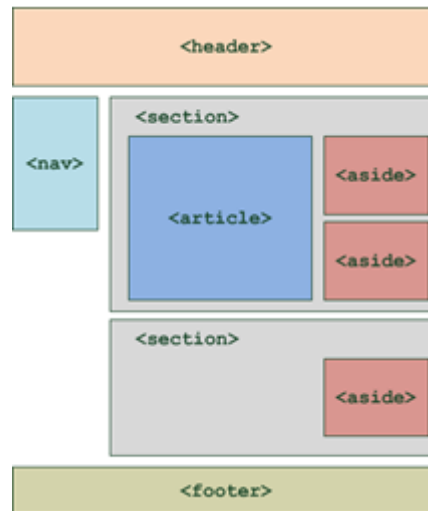


Figure 22. Exemple de mise en page du contenu web

La mise en page du contenu web s'est complexifiée avec le temps, pour permettre une répartition plus esthétique et ergonomique des informations (ici, mise en page possible par les langages HTML et CSS). Cependant, cette mise en page est plus difficile à appréhender pour les PPIV puisqu'elle répartit spatialement l'information.

À côté des navigateurs les plus populaires, il existe des navigateurs fonctionnant en mode texte. Ces navigateurs n'affichent que le contenu texte des pages web, sans utiliser de mise en page ou avec une mise en page simplifiée (figure 23). Ces navigateurs peuvent être couplés à un système de synthèse vocale ou une tablette de lecture Braille, permettant à des PPIV d'accéder au contenu web.

Une liste des navigateurs en mode texte les plus populaires actuellement disponibles est donnée dans la partie de bibliographie.

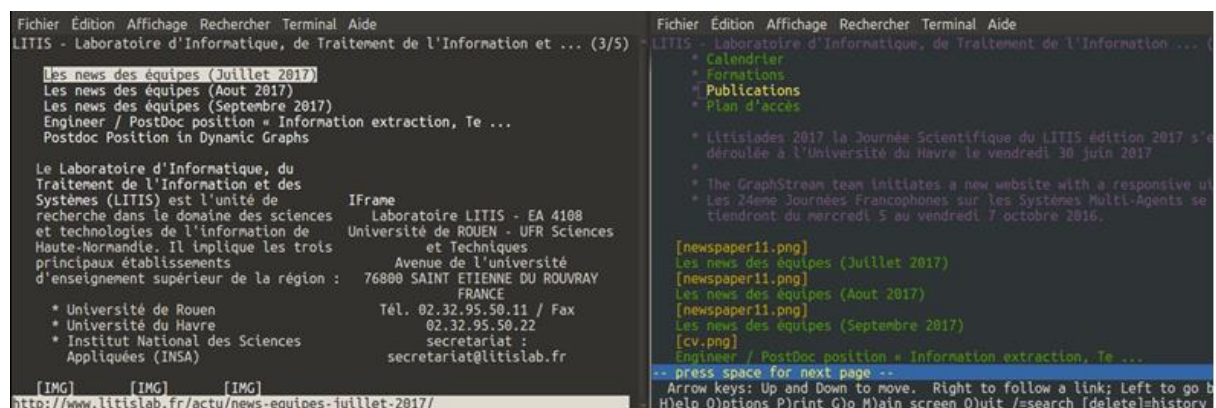


Figure 23. Affichage de la page litislab.fr par les navigateurs en ligne de commande eLinks (à droite) et Lynx (à gauche). Ces navigateurs ne tiennent pas compte de la mise en page

Cependant, ces navigateurs perdent une grande partie de l'information liée à la mise en page. Des logiciels, appelés *lecteurs d'écrans*, permettent d'analyser et de retranscrire ce qui est affiché à l'écran par synthèse vocale ou par afficheur Braille. Le lecteur d'écran peut également interagir avec l'utilisateur en lui lisant ce qu'il écrit (retour d'information) ou en lui décrivant les éléments parcourus avec le pointeur, par exemple.

Il est à noter que certaines distributions Linux sont dédiées à l'usage des PPIV, e intègrent des navigateurs en mode texte, des synthétiseurs vocaux, des lecteurs d'écrans et des logiciels pour contrôler des terminaux Braille. *AccessDV Linux*¹⁷, *Knoppix Adriane*¹⁸, *TalkingArch*¹⁹ et *Vinux*²⁰ sont les distributions les plus populaires.

¹⁷ <https://accessdvlinux.fr/>

¹⁸ <http://www.knopper.net/knoppix-adriane/index-en.html>

¹⁹ <https://talkingarch.tk/>

²⁰ <http://vinuxproject.org/>

4. Technologies de substitution sensorielle pour l'accès à l'information.

La substitution sensorielle est un principe consistant à transmettre des informations normalement issues d'une modalité sensorielle (vue, ouïe, toucher...) par une autre. Il est ainsi possible de transmettre des informations visuelles par le toucher ou par l'ouïe. La substitution sensorielle est rendue possible par le fait que le cerveau interprète les informations qui lui parviennent en fonction de leur signification et non en fonction du sens qui les a acquises : notre perception de l'environnement est dite *amodale*. La capacité du cerveau qui lui permettent de s'adapter pour interpréter les informations sensorielles ainsi transmises par d'autres sens s'appelle la plasticité cérébrale [Che 17].

Il est cependant difficile de transcrire des informations visuelles (dites à deux voire à trois dimensions) : en effet, la vue fournit une très grande quantité d'informations en comparaison des autres sens. Il est donc nécessaire de simplifier ces informations visuelles avant de les transmettre. Les sens les plus couramment utilisés pour transmettre des informations visuelles sont le toucher et l'ouïe.

Le premier dispositif de substitution sensorielle de la vue, de Bach-y-Rita, utilisait le toucher pour transmettre les informations visuelles [Bac 69]. Ce dispositif, appelé TVSS (Tactile-Vision Substitution System), était constitué d'une matrice de vibreurs mise en contact avec la peau du dos ou du ventre (figure 24). Les images issues d'une caméra sont traitées et simplifiées pour ne conserver que les contours et les contrastes. L'image ainsi obtenue est « affichée » par la matrice de vibreurs. Après un entraînement, les utilisateurs peuvent reconnaître des formes simples et éviter des obstacles. Les informations tactiles générées par les vibrations sont alors interprétées par les utilisateurs comme des informations visuelles.



Figure 24. TVSS : prototype de système de substitution sensorielle de Bach-y-Rita. Les images captées par une caméra sont simplifiées et transmises par une plaque couverte de vibreurs posée sur le ventre.

Des travaux plus récents (Université de Grenoble) utilisent une matrice d'électrodes électriques mise en contact avec la langue, dont la sensibilité permet de transmettre de plus grandes quantités d'informations [Sam 01].

Le *BrainPort*²¹ (figure 25) est un dispositif actuellement disponible fonctionnant sur ce principe: l'utilisateur porte une paire de lunettes-caméra et un boîtier permettant de traiter les images. Ces images simplifiées sont transmises à une « sucette » comportant 400 électrodes que l'utilisateur place sur sa langue. Un boîtier permet de modifier le zoom de l'image transmise. Ce dispositif permet, après entraînement, de distinguer des caractères et d'éviter des obstacles.

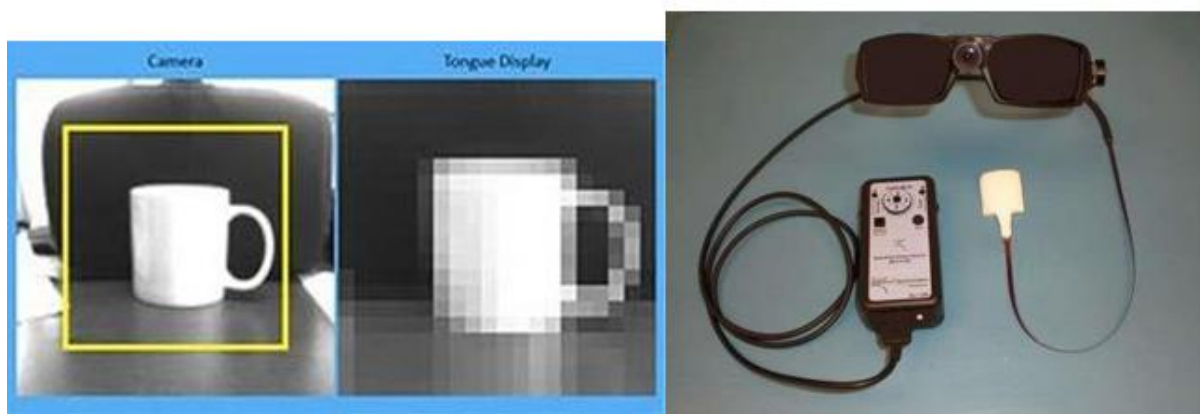


Figure 25. Système BrainPort (à droite): les images issues d'une caméra intégrée aux lunettes sont simplifiées (à gauche) et "affichées" par une matrice d'électrode que l'utilisateur place sur sa langue, lui permettant de "voir" son environnement.

L'ouïe est également utilisée pour la substitution sensorielle. L'avantage est qu'il n'est pas nécessaire d'avoir de dispositifs particuliers puisque de simples écouteurs peuvent être utilisés. En revanche, cette forme de substitution monopolise une grande partie de l'ouïe, sens déjà très sollicité par les PPIV. De plus, l'intégration d'informations visuelles par des sons nécessite un entraînement très long pouvant durer plusieurs mois, voire années. Des dispositifs de substitution par l'ouïe sont actuellement disponibles. Le projet The vOICe [Mei 92] propose les lunettes Vision-800 AR²², dispositif autonome intégrant une caméra et des écouteurs, ainsi qu'une application Android²³ permettant d'utiliser la caméra d'un smartphone. L'apprentissage de la perception de l'espace avec The vOICe dure environ 4 ans.

²¹ <https://www.wicab.com/>

²² <https://www.seeingwithsound.com/> ²²<https://play.google.com/store/apps/details?id=vOICe.vOICe>

²³ <https://play.google.com/store/apps/details?id=vOICe.vOICe>

Le logiciel EyeMusic²⁴ permet de convertir une image couleur en son [Lev12] : les couleurs sont encodées par des sons de différents instruments de musique. Ce logiciel existe également comme application Android²⁵ et iOS²⁶.

5. Technologies pour la navigation

La navigation, que ce soit en intérieur ou en extérieur, est une tâche particulièrement complexe qui mobilise de nombreuses régions de notre cerveau. La navigation de l'homme repose en grande partie sur la vue. La navigation implique d'une part la détection des obstacles alentours, permettant de naviguer librement dans l'environnement, et l'orientation, qui permet de savoir où l'on est et comment atteindre sa destination. En l'absence d'informations visuelles, comme des repères ou une perception longue portée de l'environnement, la navigation peut s'avérer très difficile pour les PPIV. De nombreux dispositifs, disponibles ou en développement, tentent d'assister la navigation des PPIV.

Les tâches suivantes sont fondamentales pour un déplacement indépendant et en sécurité : la détection d'obstacles (§5.1), l'orientation (§5.2) et la connaissance de l'espace autour de nous. Dans ce qui suit les technologies pour les deux premières tâches seront présentées, car la connaissance de l'espace est un axe de recherche très récent [Pis 17] et le projet ACCESSPACE est le seul à notre connaissance qui vise de l'intégrer dans une technologie numérique.

5.1. Détection d'obstacles

La *détection d'obstacle* est primordiale pour se déplacer en sécurité dans son environnement, puisqu'elle permet d'anticiper sur ses déplacements pour éviter de rencontrer les obstacles. Les PPIV ont une perception limitée en distance de leur environnement, limite pouvant être légèrement augmentée par l'utilisation d'une canne blanche. Cette limitation de la distance de perception ne permet pas d'anticiper ses déplacements, les PPIV devant en permanence rester concentrées pour réagir face aux obstacles.

De nombreux dispositifs existent pour améliorer la perception de distance, et de permettre ainsi d'avancer plus assurément. Certains utilisent des capteurs à ultrasons. Ces capteurs ont en effet l'avantage d'être très fiables à petites distances, puisque étant indépendant des conditions lumineuses, et pratique d'utilisation, leur champ de détection (en moyenne 30°) étant suffisamment large pour détecter rapidement les obstacles tout en étant suffisamment petit pour

²⁴ <http://brain.huji.ac.il/site/em.html>

²⁵ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.quickcode.eyemusic&hl=fr>

²⁶ <https://itunes.apple.com/fr/app/eyemusic-hearing-colored-shapes/id805461054?mt=8>

en estimer la direction.

Ces dispositifs sont soit intégrés à la canne blanche (canne intelligente), soit porté sur soi (bracelet), afin de balayer efficacement l'espace devant soi.

Le Miniguide Mobility Aid²⁷ (Figure 26) consiste en un petit boîtier tenu à la main, permettant à l'utilisateur de balayer l'espace devant lui. Ce boîtier dispose d'un capteur à ultrasons à l'avant et indique la distance des obstacles par le biais de vibrations. Le K-sonar²⁸ (Figure 26) fonctionne sur le même principe, mais transmet les informations sous forme sonore. Les fréquences permettent de caractériser non seulement la distance, mais également la hauteur et la taille de l'obstacle. Bien que ces dispositifs soient conçus pour être tenus à la main, ils peuvent être fixés à une canne blanche.

Des dispositifs similaires sont conçus pour se fixer à une canne blanche, permettant un meilleur ressenti des vibrations tout en laissant une main libre à l'utilisateur. Les cannes blanches ainsi augmentées par ce genre de dispositifs sont appelées *Smart Canes*. Les Smart Canes commercialisées par Phoenix²⁹ et par Bawa³⁰ (Figure 26) permettent ainsi à leur utilisateur de percevoir à une plus grande distance, tout en restant ergonomiques et simple d'utilisation.

Afin de laisser les mains libres, Ambutech propose les lunettes iGlasses³¹ (Figure 26). Un capteur à ultrasons et des vibreurs sont intégrés dans la monture de ces lunettes.

Le Télétact (Figure 26) est un dispositif se tenant à la main, mais utilise un laser télémétrique au lieu d'ultrasons. Le laser télémétrique permet de détecter un obstacle passant dans son rayon. De ce fait, le système est plus précis, mais nécessite un balayage plus rapide et plus long pour analyser la scène devant soi. Les Télétacts transmettent les informations de distance à l'aide de plusieurs vibreurs.



Figure 26. Exemples d'outils d'aide à la navigation (gauche à droite): K-sonar (ultrason et transmission audio), le Télétact (télémètre laser et vibrations), une canne intelligente (par Phoenix), les iGlasses de Ambutech, le Miniguide Mobility Aid (ultrasons vibrations)

La veste Eyeronman (figure 27) produite par Tactile Navigation Tools³², embarque un ensemble de capteurs (ultrasons, caméras infrarouges et caméras stéréoscopiques) permettant d'analyser

²⁷ <http://www.gdp-research.com.au/> ²⁷<https://abledata.acl.gov/product/k-sonar-model-1-07000-00>

²⁸ <https://abledata.acl.gov/product/k-sonar-model-1-07000-00>

²⁹ <https://www.phoenixmedicalsystems.com/assistive-technology/smartcane/>

³⁰ <https://www.bawa.tech/>

³¹ <https://ambutech.com/shop-online/iglasses%E2%84%A2-ultrasonic-mobility-aid>

³² <http://tactilenavigationtools.com/>

l'environnement autour de l'utilisateur et de prévenir de la présence d'un obstacle par le biais de vibreurs répartis sur la veste. L'utilisation de différents types de capteurs permet une détection fiable dans de nombreuses conditions.

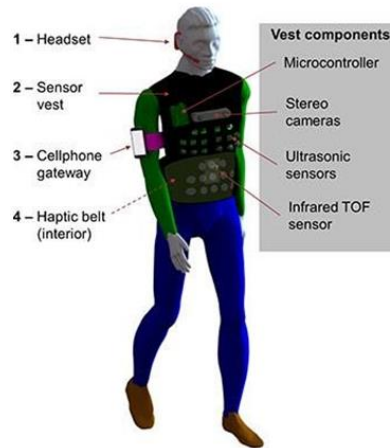


Figure 27. Veste Eyeronman : cette veste est recouverte de différents types de capteurs (ultrason, infrarouge et caméras stéréoscopiques) pour détecter les obstacles et de vibreurs pour indiquer la position des obstacles à l'utilisateur

5.2. Orientation

L'*orientation* est un défi bien plus ardu que le déplacement, puisqu'il nécessite de se localiser soi-même dans l'environnement, de localiser sa destination et de définir un chemin pour l'attendre.

En extérieur, le GPS permet d'estimer sa position à une dizaine de mètres près. Les systèmes européens Galileo promet une estimation à quelques mètres près (à 1m en version militaire et à 5 m en version commerciale).

De plus en plus de lieux publics (gares, trottoirs...) sont équipés de *balisages*, pouvant être passifs ou actifs. Le balisage passif (figure 28) consiste en des marquages en relief au sol que les PPIV peuvent repérer et suivre à l'aide de leur canne blanche. Ces marquages sont constitués de lignes pour guider la personne ou de bandes rugueuses, appelées bandes podotactiles, pour marquer l'emplacement d'un passage piéton ou d'un escalier.



Figure 28. Marquage au sol : lignes pour le guidage et bandes podotactiles pour indiquer un passage piéton

En plus de ce balisage passif, il existe des balises connectées avec lesquelles les PPIV peuvent interagir avec le dispositif adéquat. Des *balises sonores* peuvent être déclenchées sur signal radio émis par un smartphone ou une télécommande adaptée, pour diffuser des messages et des indications. Par exemple, une telle balise posée sur un feu piéton permet, à l'approche d'une personne portant un émetteur, d'indiquer la couleur du feu.

Les entreprises Okeena et Phitech proposent une gamme de balises sonores pour diffuser des informations à l'approche d'une personne porteuse d'un émetteur.

Il existe des dispositifs capables d'interagir avec les balises connectées, et d'utiliser une géolocalisation GPS pour guider l'utilisateur. La *canne connectée Handisco* [s3] est constituée d'un boîtier à fixer sur une canne blanche, et d'une oreillette bluetooth. Ce dispositif intègre un GPS pour guider l'utilisateur vers une destination et lui indiquer les emplacements alentours. L'interaction avec les balises connectées permet d'indiquer la couleur d'un feu piéton, ou d'indiquer, à l'approche d'un arrêt de bus équipé, les horaires et le temps restant.

5.3. Prototypes universitaires : assistance de la mobilité holistique

Deux prototypes sont brièvement présentés ; ils s'appuient sur le concept de mobilité holistique, et ils visent à intégrer les éléments de la stratégie de navigation par l'intégration de chemins, celle que les instructeurs de locomotion dispensent dans les classes de mobilité. Les deux cannes étant à l'état de prototype académique du niveau de maturité technologique 2, seules certaines fonctions sous-tendant l'intégration de chemins sont implantées.

Canne intelligente de l'université de Rouen.

Le projet de canne intelligente de l'université de Rouen Normandie (en collaboration avec

l'Université de Clermont Auvergne et l'Université de Pavie, Italie) associe la canne et un système numérique de portable qui percevra l'environnement, l'analysera et proposera un retour. Le système numérique sera attaché à la canne via une boîte réutilisable (figure 29).



Figure 29. Canne Intelligente de l'U. de Rouen.

Le projet vise à intégrer

- toutes les informations nécessaires à la détection des obstacles qu'un déficient visuel peut rencontrer lors de ses déplacements localisés au sol, suspendus, les escaliers de très faible hauteur mais pouvant nécessiter la modification de la posture ;
- toutes les informations nécessaires au déplacement suivant la stratégie de l'intégration de chemins, e.g. la confirmation de la bonne progression, l'indication de l'arrivée sur la cible, l'indication du changement de la direction, etc. ;
- les informations de base nécessaires à l'orientation dans l'espace (où suis-je ? quel est le nom de la rue à laquelle je fais face ? où se trouve mon but à atteindre par rapport à ma position actuelle ? , etc.) ;
- un module de correction de la dérive (ce qui survient notamment dans les espaces ouverts), avec un retour vibrant sur deux doigts pour indiquer au déficient visuel vers quelle direction il doit se réorienter.

Le retour vers l'utilisateur final sera tactile (sur la pomme de la main, grâce aux capteurs de stimulation tactile) et oral (synthèse vocale). Un langage de retour sera élaboré.

Un premier prototype de prototype a été réalisé avec les capteurs ultra-sons (pour la détection des obstacles), une caméra (pour la correction de la dérive) et les actuateurs pour générer un retour tactile. Le retour audio n'a pas encore été mis en œuvre.

Les capteurs ont été intégrés à la boîte en plastique fixée sur la canne qui englobe notamment les câbles et l'unité de calculs (acquisition, analyse et interprétation de données). Deux capteurs pour la

stimulation tactile sont fixés directement sur le poignet de la canne.

Lors de l'évaluation formative du prototype il a été suggéré que le boîtier devrait être dissocié de la canne, ou en tout cas que son poids devait absolument être drastiquement réduit.

Ce prototype a été présenté pour la première fois lors d'une journée portes ouvertes de l'Université Rouen Normandie le 27 février 2016.

Canne SEES

Le prototype SEES [Yus 13], qu'ont développé les universités de Blaise Pascal, de Rouen, de Pierre et Marie Curie (Paris-Sorbonne) et d'Indonésie (Figure 30), est un dispositif basé sur des capteurs à ultrasons, un accéléromètre, un compas et pouvant interagir avec un smartphone pour retrouver des informations grâce au GPS de celui-ci, ce qui permet de localiser le déficient visuel et de le diriger, partout dans le monde.

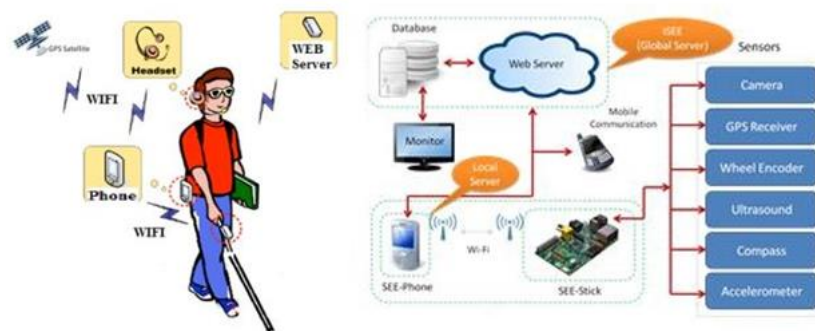


Figure 30 SEES canne (connectée)

D'une manière générale, SEES consiste à faire collaborer deux sous-systèmes : le SEE-stick, et le SEE-phone. Chaque sous-système fournit des informations indépendamment du sens de la marche et de l'orientation. La perception de l'espace par l'utilisateur final est améliorée grâce à un retour tactile et audio. Ces retours fonctionnent grâce à plusieurs capteurs et travaillent en parallèle.

SEE-stick collecte des informations sur l'environnement, tandis que SEE-phone s'occupe de l'orientation ; SEE-phone communique avec le GPS à travers un serveur web disposant d'une base de données de cartes géographiques.

- Le système SEES contient donc trois composants : le serveur web distant (iSEE), le système embarqué (SEE-phone), et la canne augmentée ou smart cane (SEE-stick).
- iSEE fournit des services tel que le traçage de l'utilisateur.
- SEE-phone est basé sur un smartphone commercialisé et permet au SEE-stick d'accéder à Internet et à iSEE, et à la direction courante. SEE-phone fournit également une interface pertinente pour l'utilisateur déficient visuel, telle que la reconnaissance vocale et le retour

vocal des informations. SEE-phone est toujours connecté à SEE-stick via Wi-Fi.

Le déficient visuel peut donc toujours accéder à sa localisation actuelle, et peut être également aidé par une personne à distance.

6. Conclusions sur les cannes électroniques

La limite essentielle des cannes électroniques est celle de toute canne : elles renvoient un retour tactile ponctuel, c'est-à-dire l'information minimale –sur un seul point de l'espace. Aussi, la canne

- ne permet que de détecter les obstacles, et pas de les percevoir sans effort cognitif soutenu ;
- ne permet pas de reconnaître un objet sans effort cognitif soutenu.

L'association d'une canne à un plan à stimulation tactile comme un outil de préparation de déplacement avec la canne semble indispensable.

Les cannes électroniques commercialisées ou commercialisables sont les suivantes : MINITACT, Télétact, Tom Pouce, UltraCane et Canne connectée Visio.

RÉFÉRENCES

- ❖ Bach-y Rita P, Collins CC, Saunders F, White B, Scadden L., *Vision substitution by tactile image projection*, *Nature*, 1969, **221**: 963–964.
- ❖ Batusic, M., Miesenberger, K., Heumader, P., *MathInBraille Online Converter*, World Congress Braille21, Leipzig, 2011, pp.1-6
- ❖ Bernard F., *Conception, fabrication et caractérisation d'une dalle haptique à base de micro- actionneurs piézoélectriques*, Thèse, Université Grenoble (2016)
- ❖ Biet, M., et al., *Discrimination of Virtual Square Gratings by Dynamic Touch on Friction Based Tactile Display*, 2008 Symp. on Haptic Interfacing for Virtual Environment and Teleoperator Systems, 41-48
- ❖ Gyoshev, A., Karastoyanov, D., Stoimenov, N., Cantoni, V., Lombardi, L., Setti, A., *Exploiting a graphical Braille display for art masterpieces*, Proc. ICCHP, Linz, 11-13 July, 2018
- ❖ Cantoni, V., Lombardi, L., Setti, A., Gyoshev, A., Karastoyanov, D., Stoimenov, N., *Art masterpieces accessibility for blind and visually impaired people*, Proc. ICCHP, Linz, 11-13 July, 2018
- ❖ Chebat, D-R., Harrar, V., Kupers.R., Maidenbaum, S., Amedi, A., Ptito, M. , *Sensory substitution and the neural correlates of Navigation in Blindness*, in Pissaloux E., Velazquez R., (éd.), *Mobility in Visually Impaired People – Fundamentals and ICT Assistive Technology*, Springer, 2017, 176- 200
- ❖ Goldish, L.H., Taylor, H.E., *The Optacon: A Valuable Device for Blind Persons*, New Outlook for the Blind, American Foundation for the Blind, Feb. 1974, pp. 49-56
- ❖ O'Modhain, S., Guidice, N., Legge, G., *Design Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays : Possibilities and Pitfalls*, IEEE Trans. on Haptics, vol.8, N° 3, July-Spet 2015, pp.248-257
- ❖ Levy-Tzedek S., Hanassy S., Abboud S., Maidenbaum s., Amedi A., *Fast, Accurate Reaching Movements with a Visual-to-Auditory Sensory Substitution Device*, Restorative Neurology and Neuroscience, 2012, 30: 4.
- ❖ Meijer PBL, *An Experimental System for Auditory Image Representations*. IEEE Trans. Biomedical Engineering, 1992, **39** (2): 112–121.
- ❖ Prescher D., Borschein J., Köhlmann W., and Weber G., *Touching graphical applications: bimanual tactile interaction on the HyperBraille pin-matrix display*, Universal Access in the Information Society, vol. 1(19) (2017)
- ❖ E. Sampaio, S. Maris and P. Bach-y-Rita, *Brain plasticity: "visual" acuity of blind persons via the tongue*, Brain Research, vol. 908, pp. 204-207, 2001.
- ❖ Velázquez, R., Pissaloux, E. E., Hafez, M., Szewczyk, J., *Tactile Rendering with Shape*

Memory Alloy Pin-Matrix, IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, Vol. 57, No. 5, 2008, 1051- 1057

- ❖ Pissaloux, E., Velazquez, R., (éd.), *Mobility in Visually Impaired People – Fundamentals and ICT Assistive Technology*, Springer, 2017
- ❖ Shilkrot, R., Maes, P., Huber, J., anyakkara, S., Liu, C.K., *FingerReader : A Wearable Device to Support Text Reading on the Go.*, Proc. CHI 2014, Toronton, 2014
- ❖ M. Yusro, K.M. Hou, E. Pissaloux, H.L. Shi, K. Ramli and D. Sudiana, SEES: Concept and Design of a Smart Environment Explorer Stick, IEEE HIS, 2013, Pologne

SITOTHEQUE

Liste des principaux constructeurs de tablettes Braille

- <http://natbraille.free.fr/>
- Canne connectée : <http://handisco.com/>
- <http://www.mag-maison-intelligente.fr/handisco-malvoyants/>
- http://www.lepoint.fr/technologie/la-canne-blanche-connectee-qui-veut-changer-la-vie-des-malvoyants-07-02-2015-1903108_58.php
- Freedom Scientific : <http://www.freedomscientific.com/>
- H andy Tech : <https://handytech.de/fr/bienvenue>
- Hims : <http://www.hims-inc.com>
- Humanware : <http://www.humanware.com>
- InsideVision : <http://www.insidevision.fr>
- Metec : <http://web.metec-ag.de/en/>
- Nippon TeleSoft : <http://www.nippontelesoft.com/english.html>
- Optelec <https://be.optelec.com/fr>
- Papenmeier : <http://www.papenmeier.de/>

Logiciels de synthèse vocale gratuits

- eSpeak (libre, Linux, Windows, MacOS)
- Festival (libre, Linux)
- FreeTTS (libre, Multi-plateforme)
- Sayz Me (libre, Windows)
- SvoxPico (libre, Linux, Android)
- Utauloid (gratuit)
- MBROLA (gratuit)
- Yread (gratuit)
- Dspeech (gratuit)
- TTSReader (gratuit)

Logiciels de synthèse vocale payants

- Vocaloid
- ReadSpeaker
- Voxygen
- Voice Reader (Windows)
- Naturally Speaking (Windows)
- Cepstral Swift (Windows Linux et Mac OS X)
- SnapVoice (Windows)
- eLite (Windows & Linux)
- Digit PC (Windows)
- Infovox Desktop (Windows)
- Infovox iVox (Mac OS X)
- Speechissimo (Mac OS X)
- Proloquo (Mac OS X)
- GhostReader (Mac OS X)
- VoiceOver (Apple)
- DECTalk software (Linux)
- Zzyne (en ligne)
- AIACA.

Une liste des navigateurs en mode texte les plus populaires actuellement disponibles

- Lynx : navigateur en mode texte minimaliste, s'utilise exclusivement au clavier (Linux, Windows)
- Links et Links2 : navigateurs supportant l'utilisation de la souris (multi-plateforme)
- Elinks : autre navigateur en mode texte très complet, basé sur Links (Linux)
- W3m : navigateur permettant un rendu proche des navigateurs graphiques (multi- plateforme)
- WebblE : navigateur en mode texte basé sur Internet Explorer (Windows)

Liste de lecteurs d'écrans actuellement disponibles parmi les plus connus

- BRLTTY (BRaille TTY) (Linux, retranscription par Braille)
- Elinks (Linux, ce navigateur intègre un lecteur d'écran)
- Emacspeak (Linux)
- eSpeak (multi-plateforme, libre)
- Festival Speech Synthesis System (Linux)
- Hal Screen Reader (Windows)
- - Jaws (Windows)
- Microsurf (multi-plateforme, utilise le navigateur Chrome)
- myReader (Windows)

- Narrateur (Windows)
- NVDA (NonVisual Desktop Access) (Windows, libre)
- Orca (Linux)
- QualiWorld (Windows)
- screader (Linux)
- speakup (Linux)
- SRCore (Screen Reader Core) du logiciel Gnopernicus (Linux)
- Talkback (Android, inclus par défaut)
- VisioVoice (Mac OS)
- VoiceOver (Mac OS et iOS, inclus par défaut)
- Window-Eyes (Windows)
- YASR (Your All-purpose Screen Reader) (Linux)

FICHES DE LECTURE

Ces 15 fiches de lecture sont extraites de la bibliographie générale. Elles ont été choisies pour leur pertinence au regard de leur capacité à apporter des pistes concrètes concernant le projet Accesspace.

Chaque fiche contient un lien vers la notice complète et les documents sur la base documentaire de la FIRAH.

FICHE 1. Des spécifications des utilisateurs aux spécifications techniques : vers une aide basée vision pour des interactions des déficients moteur

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Pissaloux, E., Carbone, A., 2e Conférence Int. Sur l'Accessibilité et les Systèmes de Suppléance aux personnes en situation de Handicap (ASSISTH), Paris, CNRS, 17-18 janvier 2011, pp. 544-551

Mots clés

Science de l'ingénieur, Méthodologie de conception des aides technologiques, Tous types d'incapacités, Europe

Résumé de l'auteur

Cette communication introduit la méthodologie appelée adaptative de conception des aides à l'interaction. Elle est bâtie autour de la conception participative, de la conception pour tous, de la conception évolutive et de la conception contextuelle. Ces deux derniers points et l'association de tous à la conception et à la spécification de nouveaux systèmes -tant matériels que logiciels- constituent les apports originaux de ce travail. La méthodologie adaptative prend ainsi en compte non seulement les besoins de toutes les parties prenantes, mais également les évolutions temporelles de ces besoins et les possibilités de la technologie actuelle pour les implanter dans des systèmes extensibles et adaptables.

La méthodologie adaptative est mise en œuvre lors de la définition des spécifications techniques d'une aide à l'interaction via le regard (SVM - Smart Vision Module) pour les personnes en situation de handicap (temporaire ou définitif), et notamment de handicap moteur des membres supérieurs. Cette aide en est au stade de la conception et du prototypage dans le cadre du projet européen AsTeRICS, FP7, <http://www.asterics.eu/>.

Commentaire

Cette communication propose une méthodologie globale (holistique) pour la conception et le prototypage (rapide) de nouvelles aides technologiques pour tout handicap. Aux exigences usuelles d'une conception participative et d'une conception pour tous, deux nouveaux éléments sont ajoutés : l'adaptabilité au degré du handicap (qui doit s'exprimer par une adéquation entre les capacités et l'intérêt individuel) et au contexte d'utilisation de l'aide, et l'évolutivité potentielle. La première

caractéristique est souvent matérialisée par « le profil » de l'utilisateur, tandis que la seconde met en œuvre les techniques d'« apprentissages par exemples » (apprentissage profond).

La méthodologie proposée a été testée dans le cadre de la conception d'une *eye tracker* à spectre visible, mais elle fixe un cadre générique, quel que soit le nouveau produit à réaliser à destination de différents publics (fragiles ou non).

Cette communication montre l'importance des assistants, des familles et du corps socio-médical dans la spécification d'une nouvelle aide.

La méthodologie proposée devrait entrer dans les programmes universitaires d'enseignement de « Sciences du handicap ».

FICHE 2. Designing Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays: Possibilities and Pitfalls.

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Sile O'Modhrain ; Nicholas A. Giudice ; John A. Gardner ; Gordon E. Legge, *EEE Trans. on Haptics*, vol.8, N°3, July-Sept. 2015, pp. 248-257

Mots clés

Sciences de l'ingénieur Incapacité visuelle Monde entier

Résumé de l'auteur

Cet article traite de questions importantes pour les concepteurs de médias pour les utilisateurs malvoyants. Le papier considère l'influence des facteurs humains sur l'efficacité de la présentation aussi bien que les forces et les faiblesses du tactile, du vibro-tactile, des méthodes haptiques et multimodales, pour représenter des cartes, des graphiques et des modèles. Les auteurs, tous chercheurs malvoyants, présentent les résultats de leur propre travail et le travail de nombreux autres qui ont contribué à la présente compréhension de la façon de représenter des images sur un support papier et sur des supports graphiques tangibles.

Commentaire

Ce papier explique comment la technologie haptique pourrait être utile pour les PPIV. Il liste les avantages et les inconvénients de technologies d'aujourd'hui afin de mettre en valeur leur potentiel pour générer le meilleur accès à l'information non-textuelle (cartes et graphiques, simulations dynamiques, modélisations 3D, tableaux statistiques, modèles interactifs, etc.). Ce papier identifie aussi certaines difficultés inhérentes aux interfaces tactiles 2D d'aujourd'hui et propose quelques pistes pour les interfaces tactiles à affichage dynamique, une caractérisation de différents groupes de PPIV, ainsi que des méthodes d'apprentissage d'affichages tactiles 2D et de représentations haptiques par les PPIV.

C'est un papier très important à au moins deux titres : d'une part, il est écrit par des chercheurs, tous déficients visuels dès la naissance ; et, d'autre part, il fournit des indications sur les spécifications fonctionnelles d'une interface dynamique à stimulation tactile idéale qui tient compte tant de l'état de la technologie que des modalités d'interaction des PPIV avec ces interfaces.

Ce papier peut constituer une excellente introduction tant aux divers cours introductifs de perception tactile chez les PPIV, qu'à la technologie tactile disponible aujourd'hui. Il peut permettre aux enseignants travaillant avec les PPIV de connaître de nouvelles méthodes d'exploration tactile pour acquérir des connaissances 2D (voire 3D), de comprendre les limites de la technologie tactile d'aujourd'hui et comment les surpasser. Il suggère comment utiliser les technologies multimodales pour faciliter la perception. Finalement, il permet aux évaluateurs de nouveaux dispositifs de savoir quels points d'une technologie tactile doivent être évalués afin de faciliter une compréhension rapide de l'information affichée tactilement.

FICHE 3. Sensory Substitution and the Neural Correlates of Navigation in Blindness)

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Chebat DR., Harrar V., Kupers R., Maidenbaum S., Amedi A., Ptito M. (2018) Sensory Substitution and the Neural Correlates of Navigation in Blindness. In: Pissaloux E., Velazquez R. (eds) Mobility of Visually Impaired People. Springer, Cham

Mots clés

Science de l'ingénieur, neurosciences, psychologie expérimental, Accessibilité (à l'espace) Incapacité visuelle, Europe, Amérique du Nord, Proche-Orient

Résumé de l'auteur

Ce chapitre passe en revue les progrès les plus récents dans la substitution sensorielle et les corrélats neuronaux de la navigation dans le cas d'une cécité congénitale. Des études utilisant des dispositifs de substitution sensorielle (SSD) ont permis d'établir la capacité supérieure des participants aveugles congénitaux (CB) de naviguer dans de nouveaux environnements et de détecter la taille et la forme des obstacles afin de les éviter.

Ces études suggèrent qu'avec l'entraînement, des CB peuvent obtenir une représentation de l'espace équivalente à celle des voyants. D'un point de vue phénoménologique, la sensation et la perception fournies par les SSD ont été assimilées à une vision réelle, mais la question reste posée quant aux sensations subjectives (qualia) ressenties par les utilisateurs.

Nous passons en revue les théories récentes sur les propriétés phénoménologiques de la substitution sensorielle ainsi que la littérature récente sur les capacités spatiales des participants utilisant des SSD. À partir de ces différentes recherches, nous concluons que les changements plastiques induits par l'entraînement permettent des activations cérébrales spécifiques à une tâche de la vie quotidienne. Ces modifications anatomiques conduisent à la compréhension d'informations non visuelles permettant aux utilisateurs de SSD d'accomplir une multitude de tâches "visuelles". Nous soulignerons ici les capacités des individus CB à naviguer dans des environnements réels et virtuels en dépit d'une importante réduction volumétrique dans le segment postérieur de l'hippocampe, zone clé impliquée dans la navigation. Finalement, la performance comportementale supérieure des CB dans une variété de tâches sensorielles et cognitives, combinée avec l'IRM anatomique et fonctionnelle, démontre la

sensibilité du cerveau à la plasticité induite par l'entraînement.

Commentaire

Ce chapitre présente un cadre théorique (neuro-cognitif) de la conception des aides pour la mobilité des déficients visuels. Il traite aussi des aspects de la conception de nouvelles aides. Il explique des raisons (technologiques) pour lesquelles les aides numériques existantes à la mobilité ne sont pas acceptées par les PPIV en citant de très nombreux témoignages recueillis au cours des évaluations des différentes cannes, évaluations menées en Israël, au Canada et actuellement aux États-Unis (Columbia University). Il met en avant l'absence d'une méthodologie standard d'apprentissage de la perception de l'espace via les cartes, les cannes et les environnements virtuels. Par ailleurs, ce papier pointe les faiblesses, voire l'inutilité, de certains prototypes d'aides à la mobilité.

Ce papier constate en outre le manque d'information des PPIV sur les aides à la mobilité existantes, sur les possibilités de nouvelles technologies (tactile, suivi d'un piéton (en intérieur et à l'extérieur)), et il déplore l'inaccessibilité de nombreux sites d'internet aux PPIV, sites qui pourraient pallier en partie au moins l'illettrisme des PPIV sur les technologies nouvelles.

Ce papier invite donc les différentes catégories de personnels (ergonomes, psychologues, éducateurs de PPIV, etc.) à communiquer sur leur façon de travailler au quotidien avec les PPIV afin de faire émerger une connaissance sur la perception de l'espace et sur ce qui est pertinent pour assister effectivement la mobilité d'une PPIV.

Finalement, ce papier sensibilise les concepteurs de sites à l'importance de les rendre accessibles aux déficients visuels.

FICHE 4. EyeRing: A finger-worn input device for seamless interactions with our surroundings

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Nanayakkara, Suranga, Roy Shilkrot, K Yeo, et Pattie Maes. EyeRing: A Finger-Worn Input Device for Seamless Interactions with Our Surroundings, 2013.

Mots clés

Accessibilité, Incapacité visuelle, Amérique du Nord, Asie

Résumé de l'auteur

Les systèmes portés aux doigts restent un espace largement inexploré dans le domaine de recherche sur les interfaces homme-machine (HCI), en dépit du fait que nos doigts et nos mains sont naturellement utilisés pour le référencement et pour l'interaction avec l'environnement. Dans cet article, nous proposons un ensemble de recommandations utiles pour la conception et la mise en œuvre d'un périphérique d'E/S porté main, l'EyeRing, qui tire parti du geste universel et naturel du pointage. Est présenté le cas d'utilisation actuelle du EyeRing pour les personnes voyantes et malvoyantes. Sont discutés les réactions initiales des malvoyants qui suggèrent que l'EyeRing peut en effet offrir une solution plus transparente pour faire face à leur environnement immédiat que les solutions qu'ils utilisent actuellement. Sont également rapportés les résultats d'utilisation qui montrent comment l'EyeRing permet de réduire l'effort et la perturbation d'un utilisateur voyant lors de l'acquisition d'une information extérieure. L'étude conclut que le facteur de forme très prometteur du dispositif offre aux deux publics une interaction transparente avec des objets dans l'environnement.

Commentaire

Cette communication propose un nouveau dispositif portable sur un doigt. Peu encombrant et de faible poids, il permet d'interagir avec l'environnement proche. Il a été initialement conçu pour assister la lecture des déficients visuels (transcodage du texte vers Braille) et des dyslexiques, ainsi que pour intégrer la fonction de reconnaissance de caractères fixés sur un support quelconque, support placé dans l'espace 3D, avec l'aide d'un synthétiseur vocal.

Cette communication est intéressante pour au moins deux raisons : elle permet aux PPIV de lire un texte classique sous forme multimodale. Les dimensions du dispositif et sa forme semblent être mieux acceptées par les déficients visuels (car elles n'induisent pas une stigmatisation).

Il s'agit d'un rare papier à soulever le problème d'esthétique d'un dispositif et à proposer une solution pour accroître son acceptabilité par les PPIV.

FICHE 5. Haptimap (projet européen de FP7) (2008-2012)

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Magnusson, Ch., & Consortium européen, « Haptimap », <http://www.haptimap.org/>

Mots clés

Science de l'ingénieur, neurosciences, psychologie expérimental, Accessibilité (à l'espace) Incapacité visuelle, Europe, Amérique du Nord, Proche-Orient

Résumé de l'auteur

Ce chapitre passe en revue les progrès les plus récents dans la substitution sensorielle et les corrélats neuronaux de la navigation dans le cas d'une cécité congénitale. Des études utilisant des dispositifs de substitution sensorielle (SSD) ont permis d'établir la capacité supérieure des participants aveugles congénitaux (CB) de naviguer dans de nouveaux environnements et de détecter la taille et la forme des obstacles afin de les éviter.

Ces études suggèrent qu'avec l'entraînement, des CB peuvent obtenir une représentation de l'espace équivalente à celle des voyants. D'un point de vue phénoménologique, la sensation et la perception fournies par les SSD ont été assimilées à une vision réelle, mais la question reste posée quant aux sensations subjectives (qualia) ressenties par les utilisateurs.

Nous passons en revue les théories récentes sur les propriétés phénoménologiques de la substitution sensorielle ainsi que la littérature récente sur les capacités spatiales des participants utilisant des SSD. À partir de ces différentes recherches, nous concluons que les changements plastiques induits par l'entraînement permettent des activations cérébrales spécifiques à une tâche de la vie quotidienne. Ces modifications anatomiques conduisent à la compréhension d'informations non visuelles permettant aux utilisateurs de SSD d'accomplir une multitude de tâches "visuelles". Nous soulignerons ici les capacités des individus CB à naviguer dans des environnements réels et virtuels en dépit d'une importante réduction volumétrique dans le segment postérieur de l'hippocampe, zone clé impliquée dans la navigation. Finalement, la performance comportementale supérieure des CB dans une variété de tâches sensorielles et cognitives, combinée avec l'IRM anatomique et fonctionnelle, démontre la sensibilité du cerveau à la plasticité induite par l'entraînement.

Commentaire

Ce projet a abouti à une aide aux déplacements des déficients visuels : un prototype matériel et un logiciel permettant d'accéder à certaines informations (services) dans la proximité du piéton. Le prototype matériel Haptimap est un dispositif portable construit à partir d'un téléphone portable qui complémente une canne blanche. Le prototype logiciel est un ensemble d'applications open-source qui s'exécute sur un téléphone portable. La solution de base (kit) effectue une transcription d'un chemin prédéfini en une série de signaux acoustiques pour indiquer comment continuer le chemin. Cependant, aucune information sur l'espace proche n'est proposée. La fonctionnalité du kit permet de définir un standard quant à l'apprentissage du déplacement dans des cas de navigation simples dans une ville, et c'est cette dimension qui peut être utile aux instructeurs de locomotion. Par ailleurs, l'évaluation du prototype a été faite avec un très grand nombre d'utilisateurs et avec des protocoles rigoureux. La conception des protocoles peut constituer un standard pour la définition de protocoles d'évaluation des aides simples à la mobilité. La difficulté d'accès aux différents documents relatifs au projet fini en 2012 constitue son inconvénient majeur.

FICHE 6. PocketNavigator: vibro-tactile waypoint navigation for everyday mobile devices

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Pielot, Martin, Benjamin Poppinga, et Susanne Boll. PocketNavigator: vibro-tactile waypoint navigation for everyday mobile devices., 2010. <https://doi.org/10.1145/1851600.1851696>.

Mots clés

Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée), Incapacité visuelle, Europe

Résumé de l'auteur

Les systèmes de navigation pour piétons sont de plus en plus populaires, mais l'interaction audiovisuelle actuellement dominante peut avoir des inconvénients. Le retour tactile est étudié en tant qu'alternative possible. Le PocketNavigator est un démonstrateur qui ajoute un retour tactile à un système de navigation utilisant une carte géographique simple et qui fonctionne sur n'importe quel téléphone (construit à partir de la technologie Android). Les utilisateurs peuvent laisser l'appareil dans la poche tout en étant guidés de manière non visuelle par des signaux de vibration. Comme une boussole, nous "pointons" sur le point de cheminement suivant en codant sa direction et la distance avec différentes vibrations. La rétroaction continue (au lieu d'instructions de changement de directions isolées) constitue l'avantage principal de ce système par rapport aux approches antérieures ; cette rétroaction peut être réalisée sans affichage tactile personnalisé. Les résultats préliminaires d'évaluation avec ses utilisateurs finaux montrent que les piétons peuvent utiliser efficacement cette boussole tactile pour atteindre une destination sans instructions données pas à pas. Le PocketNavigator peut être maintenant déployé sur le marché d'Android Market afin de l'évaluer.

Commentaire

C'est une publication issue du projet HAPTIMAP. L'aide simple à la mobilité vise à compléter une canne. Cependant, le déplacement d'une PPIV est simplement accompagné par un retour audio, et une PPIV doit faire très attention aux messages audio provenant du système et de l'environnement. Le système ne fournit aucune assistance pour apprendre la moindre information sur l'espace proche.

Cette application n'apparaît pas sur la page web d'Android (comme cela a été initialement prévu).

Cette publication montre bien qu'il est possible de compléter une canne pour assister l'orientation. Un tel dispositif pourrait être utile tant pour les PPIV que pour les instructeurs de locomotion.

FICHE 7. Techniques d'interactions sur dispositifs mobiles pour l'aide à l'orientation chez les non-voyants.

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Ducasse, Julie and Macé, Marc and Oriola, Bernard and Jouffrais, Christophe Techniques d'interactions sur dispositifs mobiles pour l'aide à l'orientation chez les non-voyants. (2014) In: HANDICAP 2014, 11 June 2014 - 13 June 2014 (Paris, France)

Mots clés

Sciences humaines et sociales (sciences cognitives), sciences de l'ingénieur, Accessibilité (TIC), information et communication adaptée). Incapacité visuelle, Europe ; CNRS

Résumée de l'auteur

Les aides électroniques à la navigation commencent à se diffuser auprès des personnes déficientes visuelles. Elles ont cependant l'inconvénient de ne fournir que des informations sur la destination à atteindre et sur l'itinéraire à suivre, et non sur les éléments présents autour de l'utilisateur tout au long du parcours. Ces dispositifs ne permettent pas aux non-voyants de construire une carte mentale de leur environnement, ce qui est pourtant très utile pour mieux comprendre un déplacement et l'environnement dans lequel il s'est déroulé. Les techniques non-visuelles d'assistance à l'orientation, développées pour le téléphone mobile dans le cadre de cette étude, visent à fournir ces indications manquantes. Elles ont pour objectif de permettre à un utilisateur de déterminer sa position en lui indiquant la position de trois points de repère prédéfinis, situés dans l'environnement proche (quelques dizaines à quelques centaines de mètres). Trois techniques de présentation des points de repère ont été conçues et développées. Des évaluations préliminaires ont permis de montrer que la connaissance des distances et des directions de ces trois points permet à un utilisateur non-voyant, ayant au préalable appris une carte de l'environnement correspondant, de se situer, de s'orienter et d'atteindre une destination dans un environnement ouvert.

Commentaire

Ce papier propose une approche originale pour s'orienter dans l'espace à partir de 3 points (par triangulation à partir des distances et/ou des directions). Cette approche a été évaluée avec des voyants aux yeux bandés. Les résultats des expériences menées avec 6 sujets (à l'intérieur et à l'extérieur) montrent que la connaissance d'une carte est nécessaire pour effectuer les tâches

proposées. Cette communication est importante, car elle prouve que les classes de mobilités pour les PPIV doivent s'appuyer sur des cartes (une carte tactile, en relief par exemple), car la connaissance a priori de l'itinéraire est primordiale. Cette connaissance permet de réduire le volume d'information à contrôler au cours du déplacement. Ce papier donne des informations de base pour la conception d'une aide aux déplacements et pour la vérification de la bonne progression du déplacement en se basant sur la perception non- locale de l'espace. Cette approche de l'apprentissage de l'orientation dans l'espace devrait être utile aux instructeurs de locomotion et aux PPIV. La méthodologie de test est décrite et elle est répétable.

FICHE 8. Touch the map ! Designing Interactive Maps for visually Impaired People.

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

(2013) ACM SIGACCESS Accessibility and Computing (n° 105). pp.9-14. ISSN 1558-2337

Mots clés

Science de l'ingénieur, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée), Incapacité visuelle, Europe, Google Anita Borg Scholarship

Résumé de l'auteur

L'orientation et la mobilité des PPIV constituent un défi pour cette population. Les cartes géographiques accessibles sont utiles pour préparer le déplacement. Historiquement, les cartes papiers à lignes surélevées ont été utilisées ; cependant, elles ont des limites importantes. Récemment, les progrès de la technologie ont permis la conception de cartes interactives accessibles afin de dépasser ces limites. Ce papier présente le développement d'un prototype d'une carte interactive en s'appuyant sur une conception participative. Les étapes de développement de chaque cycle du projet sont présentées : l'analyse du contexte et des besoins des utilisateurs, la conception du schéma, le prototype et son évaluation avec les PPIV. Cette étude confirme la grande « utilisabilité » et l'importance des cartes de ce type pour les PPIV.

Commentaire

Ce papier est très intéressant, car il permet de comprendre le concept de carte interactive (non portable) et les différentes étapes de sa conception et son prototypage. L'interaction utilise une tablette recouverte de papier tactile. Un double appui sur une zone de la carte déclenche la description sonore et le retour d'informations. Grâce à ce système, les PPIV parviennent à interpréter le contenu de la carte, même complexe, et pouvant préparer un déplacement.

Une méthodologie d'évaluation de la carte est brièvement proposée ; elle est répétable.

Cette communication montre l'importance de l'interactivité pour la compréhension de l'espace, et permet aux PPIV de préparer l'itinéraire qu'ils emprunteront. Ces cartes peuvent également être utiles aux instructeurs de locomotion et aux professeurs de géographie

FICHE 9. MathInBraille Online Converter

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Klaus Miesenberger, Mario Batusic, Peter Heumader, Bernhard Stöger , World Congress Braille21, Leipzig, 2011, pp.1-6

Mots clés

Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée)., Incapacité visuelle,Europe, monde, Internet Foundation Austria (IPA Web)

Résumé

Dans cet article, nous proposons les objectifs de notre projet actuel "MathInBraille" ainsi que la manière de les atteindre. 60 ans après l'invention de l'ordinateur et après 30 ans d'utilisation réussie de l'affichage Braille et de la synthèse vocale, les personnes aveugles et malvoyantes éprouvent toujours des difficultés à accéder aux documents scientifiques ou aux manuels scolaires contenant des formules mathématiques.

La raison principale de ces difficultés réside dans le caractère 2D visuel de la présentation mathématique qui est en conflit avec la nature linéaire du braille et de la sortie de la parole. L'existence de nombreux codes braille mathématiques liés au langage est également un obstacle à l'accès universel à la science.

Le projet MathInBraille va à l'encontre de cette fracture numérique en offrant un portail en ligne pour convertir des documents électroniques avec des contenus mathématiques en braille et en formats lisibles par la parole. Les principaux destinataires du projet sont les élèves aveugles et malvoyants, les étudiants et autres personnes intéressées par des matériels scolaires et / ou scientifiques contenant des formules mathématiques.

Le service en ligne de MathInBraille sera gratuit et aucune donnée personnelle ne sera collectée. Le projet est financé par l'Internet Foundation Austria (IPA Web) et sera réalisé par l'Institut Integriert Studieren (IIS Web) de Johannes Kepler Universität Linz, Autriche.sumé de l'auteur

Commentaire

Cette communication présente une recherche (toujours en cours, et aujourd'hui réalisée en coopération avec l'Université de Paris 8, D. Archambault) qui rend accessible le contenu de textes mathématiques à partir de support linéaire d'affichage (tel le clavier Braille).

Bien que différentes institutions dans différents pays européens aient proposé un codage braille des symboles mathématiques, ce travail a pour but de les unifier. Le code proposé a été (et est) élaboré en collaboration avec les déficients visuels et ses associations comme Federal Institute for the Blind (à Vienne). Ce code tient compte de la charge cognitive qu'un code peut entraîner (formules trop longues, trop complexes, pas de perception globale, faciles à confondre).

Le système accessible à partir de l'internet est destiné aux enseignants de mathématiques. Son extension aux autres domaines des sciences est également envisagée. Cependant, la traduction automatique de textes mathématique en braille exige des techniques évoluées en reconnaissance de caractères et des interfaces appropriées avec différents traitements de texte utilisés pour la rédaction des supports. Par ailleurs, de nouvelles fonctionnalités qui visent l'assistance de la compréhension d'une formule sont aussi à l'étude (e.g. on vise à transposer l'aide que les personnes voyantes trouvent dans la structure bi-dimensionnelle de la représentation graphique elle-même et dans les graffitis et autres schémas qu'ils dessinent autour des formules). L'apport des professionnels travaillant avec les PPIV serait très apprécié sur tous ces points.

FICHE 10. Mobility of Visually Impaired People: Fundamentals and ICT Assistive Technologies

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Springer, 2017 (<https://www.springer.com/us/book/9783319544441>)

Mots clés

Sciences de l'ingénieur, sciences humaines et sociales, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée), Incapacité visuelle, Monde, Université Rouen Normandie, University Panamericana (Mexique)

Résumé de l'auteur

Le livre vise à fournir les bases immuables pour la conception de nouveaux dispositifs d'aide à la mobilité (TIC) pour les malvoyants (PPIV, seniors, pompiers, etc.). Tout au long du livre, des éléments répondant à diverses questions en liaison avec la mobilité des PPIV sont fournis ; e.g. qu'est-ce que l'espace? Comment notre cerveau l'apprend, fait émerger la conscience de l'espace et sa maîtrise afin que l'on puisse s'y déplacer ? Qu'est-ce que la mobilité? Comment les PPIV font-ils pratiquement face à l'espace? Comment la technologie apporte le soutien à la mobilité? Quels devraient être les concepts et les technologies les plus appropriés (donc futurs) pour une mobilité autonome véritable ? Le livre est organisé en quatre parties présentées brièvement ci-après, suivies par la "Partie 5: Futur & Conclusion". La partie 1, « L'espace et sa perception consciente », propose une définition du concept d'espace, de l'interaction avec un espace pendant le déplacement et des caractéristiques spécifiques de cette interaction. Ces caractéristiques de l'environnement utiles pour la mobilité, extraites avec des capteurs TIC existants et avec des capteurs physiologiques humains, sont à la base de la création des sensations et de leur transformation en percepts et perception. Dans la partie 2, « Bases neuro-cognitives de la perception spatiale de la mobilité », différentes théories de la perception spatiale (substitution sensorielle, enactive, contingences sensorimotrices, etc.) sont présentées et tentent d'expliquer comment le cerveau « comprend et apprend » l'espace. Une définition de la mobilité (et de sa décomposition fonctionnelle) est alors proposée. Les stratégies de mobilité connues et confirmées par des expériences neurocognitives chez les animaux et les humains sains clôturent le chapitre. Dans la partie 3, « Mobilité des personnes malvoyantes - leçons des classes de mobilité », les principes de mobilité, de la macro et de la micro navigation, connus et enseignés dans les institutions

spécialisées sont fournis. La perception de l'espace d'une PPIV est caractérisée (stratégies de navigation, indices perceptifs et repères). Des recommandations pour la conception de dispositifs d'aide à la mobilité sont fournies. La partie 4, «Technologies TIC et mobilité», présente les technologies, naturelles et artificielles, les plus connues et existantes pour la perception de l'espace (cellules souches et iPS, implants, plasticité cérébrale, dispositifs de substitution sensorielle, technologies multimodales, etc.). Quelques technologies, les plus récentes pour la conception de l'aide à la mobilité, avec un retour approprié sur l'environnement transmis à l'utilisateur final, sont présentées. Quelques projets européens, récents et/ou en cours, sur la conception des aides à la mobilité sont également exposés. Les méthodes d'évaluation formative et sommative des dispositifs de mobilité sont rappelées. Enfin, l'impact de l'émotion et de l'affection dans la conception de nouveaux dispositifs d'assistance et les problèmes d'intégration des PPIV à la société numérique («être intégré dans la société des TIC, mais rester autonome et indépendant») sont discutés.

La Conclusion rappelle les idées les plus significatives présentées dans le livre et fournit les tendances futures dans la recherche et le développement technologique.

Finalement, le livre vise à fournir un cadre scientifique et holistique pour la conception d'assistance à la mobilité et propose des bases pour un nouveau domaine de recherche (et d'enseignement) : les sciences de la mobilité. La compréhension de la «mobilité», concept que nous avons appris inconsciemment dans notre enfance, devrait être redécouverte, au moment même où les technologies nouvelles nous emmènent vers de nouveaux espaces (cyber, réalité virtuelle et étoiles).

Commentaire

Le livre de 650 pages, composé de 21 chapitres écrits par 54 chercheurs internationaux dont les chercheurs déficients visuels, vise à informer un large éventail de professionnels actuels et futurs dans tous les domaines considérés par le livre et liés à la mobilité (indépendante et autonome) des PPIV:

- des chercheurs en philosophie, en neurosciences, en sciences de l'ingénieur et en sciences de la locomotion : il leur apporte plusieurs éléments utiles et pertinents sur l'état des connaissances dans des domaines adjacents à leurs propres préoccupations ; cela peut les aider à mieux comprendre leur domaine et à mieux intégrer les éléments d'autres domaines dans leur recherche ;
- les étudiants : le livre leur donne un aperçu, scientifiquement fondé, de nouveaux domaines : les sciences de la mobilité et les sciences du handicap ; il leur fournit des exemples de solutions technologiques pour concevoir de nouveaux modes d'interaction et de nouveaux dispositifs interactifs (et pas seulement pour la mobilité) ; le livre devrait stimuler leur imagination pour la conception de nouvelles technologies innovantes à fort impact sociétal ;

- les universités qui devraient adapter leurs programmes d'études en bio- médecine-ingénierie aux développements et aux besoins de la société : le livre peut servir de base à la construction de tels programmes et même être utilisé comme manuel. Les cours de locomotion, offerts seulement aujourd'hui dans des institutions spécifiques, devraient être transformés en classes régulières sur la perception de l'espace. En effet, plusieurs maladies de l'espace existent ; elles ont été découvertes grâce à des progrès cliniques récents sur le sens de l'équilibre et au développement de technologies de réalité virtuelle. Ces maladies sont souvent rééduquées aujourd'hui avec des technologies invasives (telles que FES, Système de Stimulation Fonctionnelle pour les négligences hémispatiales, ou avec TDU, Tongue Device Unit, développé par l'équipe de Bach-y-Rita par exemple) ;
- les futurs concepteurs de technologie : le livre leur expliquera quels sont les concepts philosophiques et les modèles calculatoires neuro- cognitifs qui devraient être étudiés afin de concevoir de nouveaux systèmes d'interaction (pour les PPIV et pour les autres) ; ainsi les méthodes d'évaluation devraient être améliorées et l'appropriation des nouveaux dispositifs par le public visé plus grande ;
- des fondations et des organismes publics (comme la Commission Européenne, la National Science Foundation, les National Institutes of Health, les fondations nationales et internationales qui subventionnent la recherche, etc.) : le livre leur montrera les approches les plus prometteuses pour approfondir les connaissances scientifiques et les nouvelles pistes de recherche à explorer ;
- des institutions travaillant avec les PPIV : le livre est un lieu d'échanges des connaissances enseignées et élaborées dans ces institutions ; les approches en matière d'apprentissage de la mobilité y sont présentées ainsi que les technologies les plus récentes associées ; le livre peut initier le dialogue entre les professionnels aidant les PPIV, les ingénieurs et les chercheurs, et peut conduire à de nouvelles pratiques d'enseignement de la mobilité et de la recherche participative ;
- des associations des PPIV (AFB aux Etats-Unis, RNIB au Royaume- Uni, AVH en France, ONCE en Espagne, et Blind Associations dans le monde, etc.), car le livre fournit les dernières découvertes en technologies d'assistance à la mobilité et leur donne l'opportunité d'évaluer de nouvelles solutions et de contribuer à la connaissance de la mobilité.

FICHE 11. Accessible Maps for the Visually Impaired

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Zeng, Limin & Weber, Gerhard. (2011). Accessible Maps for the Visually Impaired. CEUR Workshop Proceedings. 79

Mots clés

Sciences de l'ingénieur, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée). / Incapacité visuelle / Monde / Université de Dresden

Résumé de l'auteur

Les cartes tactiles pour les malvoyants sont utilisées lors du pré-voyage (la préparation de l'itinéraire) et pendant le déplacement. Les cartes d'intérieurs et d'extérieurs sont connues et accessibles à partir du Web. Nous discutons la conception de ces cartes et passons en revue certaines des caractéristiques manquantes, comme l'interactivité ou le partage via les réseaux sociaux, caractéristiques nécessaires pour accroître l'acceptation de tels systèmes par les PPIV.

Commentaire

Ce papier est une revue des technologies utilisées pour l'affichage des cartes géographiques accessibles.

Même s'il n'affiche pas l'ambition de servir de guide pour la conception de tablettes tactiles adaptées à l'affichage des cartes géographiques, plusieurs critères de conception de ces tablettes sont relevés, e.g. l'adaptation à la mobilité, le volume (minimal mais suffisant) de l'information à afficher, la simplicité de l'utilisation (l'utilisation intuitive), l'affichage de l'espace proche, la fourniture des instructions pour l'orientation, le dispositif Braille multi lignes à affichage dynamique, les paramètres physiologiques du toucher, etc.

Les auteurs plaident également pour l'établissement de représentations universelles des différents éléments à coder.

Cet article propose aussi quelques critères pour l'évaluation des tablettes tactiles ou à stimulation tactile.

Cet article peut être utile pour les concepteurs d'applications pour les tablettes tactiles du marché et pour leurs méthodes d'évaluation. Il peut permettre aux étudiants intéressés par les technologies d'assistance de démarrer leur conception d'outils et des applications simples ainsi que les sensibiliser à l'importance des facteurs humains (donc de la conception participative avec les PPIV).

FICHE 12. BrailleIO - a Tactile Display Abstraction Framework

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Reference

Bornschein, J. TacTT '14 (Tactile/Haptic User Interfaces for Tabletops and Tablets) ,Nov 16 2014, Dresden, Germany

Mots clés

Sciences de l'Ingénieur, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée). Incapacité visuelle, Monde, Federal Ministry of Labour and Social Affairs

Résumé de l'auteur :

Dans cette communication est présent un cadre.NET pour le développement d'applications tactiles bidimensionnelles. Ce cadre offre des fonctionnalités générales pour afficher des informations tactiles et pour l'interaction. BrailleIO inclut l'abstraction du matériel sous-jacent en fournissant une interface de visualisation ainsi que les fonctions d'interaction de base, telles que l'affichage panoramique et le zoom de contenu. La visualisation de l'information peut être organisée en plusieurs écrans indépendants qui peuvent être divisés en plusieurs zones. L'interaction peut être réalisée via les clés matérielles de l'appareil utilisé ou par des gestes de base si l'appareil est tactile.

Commentaire

L'environnement intégré BrailleIO permet une création rapide d'applications pour les PPIV qui peuvent s'exécuter sur des tablettes tactiles 2D.

L'environnement semble particulièrement bien adapté pour les tablettes à stimulation tactile utilisant les picots (pin-matrix), et en particulier la station Tangram. Sa caractéristique originale réside dans la possibilité de travail collaboratif sur le même document (graphique), y compris le travail collaboratif entre les PPIV et les voyants.

Ce logiciel est très intéressant du point de vue pédagogique : il peut être une base pour permettre de comprendre la géométrie, et un outil pour la création de nombreux jeux avec des formes géométriques.

FICHE 13. Blind User Requirements to Support Tactile Mobility

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Conradie, Peter, Tina Mioch and Jelle Saldien. "Blind User Requirements to Support Tactile Mobility." TacTT@ITS (2014).

Mots clés

Sciences de l'ingénieur, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée). Incapacité visuelle, Europe, Projet Européen Range-IT (EU FP7 projet N° 605998).

Résumé de l'auteur

Diverses innovations ont été identifiées dans la technologie d'assistance pour les malvoyants. Une de ces innovations réside dans des systèmes présentant des commentaires et des informations dans un format tactile. Ces systèmes tactiles ont le potentiel d'aider les malvoyants, mais on s'intéresse peu à la façon de les combiner avec d'autres technologies d'assistance.

Dans cette recherche, nous présentons un ensemble d'exigences des utilisateurs pour les systèmes tactiles, en se concentrant sur les besoins des malvoyants. La collecte d'informations est faite par téléphone, par discussions personnelles et en groupes. Par conséquent, nous identifions trois thèmes liés à l'utilisation des dispositifs d'assistance tactile non-visuels pour les personnes aveugles : 1) le contexte d'utilisation, 2) les problèmes de confiance, et 3) l'interaction de l'utilisateur.

Nos recommandations se centrent sur les problèmes des systèmes liés à la mobilité et à l'état spécifique du système comme l'état de la batterie, la précision de l'information fournie ou la surcharge cognitive.

Commentaire

Cette communication est intéressante à plusieurs titres. Elle étudie les conditions réelles d'utilisation des technologies numériques par les PPIV (surtout pour les déplacements à l'intérieur) et fournit plusieurs recommandations qui devraient présider à la conception de nouveaux dispositifs d'assistance.

Elle détaille la méthode participative (centrée utilisateur) des PPIV dans l'identification et la formulation des spécifications (fonctionnelles et techniques) d'un système tactile pour assister leurs déplacements à l'intérieur.

L'objet de cette communication devrait faire partie de tout cursus de l'ingénieur-technologue des interfaces hommes-machines afin d'accroître l'acceptabilité des nouveaux systèmes numériques pour les PPIV. En effet, le papier identifie différents paramètres qui doivent être pris en compte lorsqu'on veut identifier le profil d'utilisateur et adapter les fonctionnalités du système aux besoins de chaque utilisateur ainsi qu'au contexte d'utilisation d'une assistance.

FICHE 14. Exploiting a graphical Braille display for art masterpieces

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Gyoshev, Stanislav, Dimitar Karastoyanov, Nikolay Stoimenov, Virginio Cantoni, Luca Lombardi, et Alessandra Setti. « Exploiting a Graphical Braille Display for Art Masterpieces ». In *Computers Helping People with Special Needs*, édité par Klaus Miesenberger et Georgios Kouroupetroglou, 237-45. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, 2018.

Mots clés

Sciences de l'ingénieur, Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée), Incapacité visuelle Europe, Académie des Sciences de Bulgarie, Université de Pavie

Résumé de l'auteur

Une nouvelle tablette pour l'affichage graphique Braille est présentée. Son utilisation et ses avantages sont exposés. Une approche pour transformer les données visuelles (peintures) en leur équivalent tactile pour les PPIV est proposée.

Commentaire

Cette communication propose un bref état de l'art des tablettes tactiles adaptées à l'affichage des informations graphiques 2D.

Les trois principales directions de développement technologique sont listées, ainsi que les tablettes tactiles les plus représentatives.

Cette communication est très utile aux PPIV et aux professeurs, car elle explique clairement les difficultés technologiques pour réaliser une tablette tactile idéale, et liste des prototypes ou des versions commercialisées de tablettes en fonction du type d'information possible à afficher (cartes géographiques, diagrammes, dessins, diagrammes en blocs, images). L'originalité de ce papier découle également d'une proposition de la méthodologie de conception conjointe de présentation des peintures. La coopération entre les PPIV et la tablette pour créer les images/cartes est possible dans le cas de tablettes à picots, mais leur prix est très élevé. Ce papier est donc utile, car il explique quelques règles basiques de cette coopération, règles qui devraient être améliorées par toutes les parties prenantes impliquées dans l'assistance des PPIV.

FICHE 15. Conception d'un environnement d'apprentissage pour le développement d'un accès tactile au contenu numérique à destination des personnes aveugles et malvoyantes

[Accéder à la notice de cette recherche sur la base documentaire](#)

Référence

Adrien Brilhault. Vision artificielle pour les non-voyants : une approche bio-inspirée pour la reconnaissance de formes. Intelligence artificielle [cs.AI]. Université Toulouse III Paul Sabatier, 2014. Français.

Mots clés

Accessibilité (TIC ; information et communication adaptée), Incapacité visuelle, Europe

Conseil Régional de Picardie

Résumé de l'auteur

Grâce aux synthèses vocales et aux dispositifs Braille, les personnes aveugles formées peuvent désormais accéder à de nombreuses activités sur ordinateur. Cependant, les interfaces et les contenus où la dimension spatiale est essentielle à la compréhension (comme des graphiques, des images ou la majorité des jeux vidéo), restent difficilement accessibles. Les technologies Tactos et Intertact visent à dépasser ces limites en proposant une technologie efficace de suppléance perceptive, qui permet aux utilisateurs aveugles d'accéder à la dimension spatiale des contenus numériques par le toucher. Lorsqu'il s'agit de développer des technologies, l'appropriation par les utilisateurs est une étape importante. Nous présentons ici les recherches que nous menons pour permettre aux personnes aveugles un apprentissage de l'utilisation de notre système de manière indépendante, dimension qui, de notre point de vue, est la pierre angulaire du développement d'une communauté d'utilisateurs.

Commentaire

L'objectif de cette communication, qui soutient la collaboration « sciences dures et sciences molles », est la promotion de l'apprentissage autonome d'utilisation de la technologie tactile. Cette communication vise à partager l'expérience de perception du contenu numérique via Web, s'informer mutuellement de l'utilisation du système et, plus généralement, avoir des relations sociales en ligne. La possibilité de l'apprentissage collaboratif et le partage de sensations générées par ces outils sont mis en évidence. L'ergonomie et l'efficacité de tels dispositifs sont également étudiées avec 4 PPIV.

Les ateliers participatifs sont bien présentés. Les logiciels développés (systèmes : Tactos et Interact) peuvent être utilisés pour l'apprentissage de la géométrie par les élèves.

L'approche DIY (do-it-yourself) et à source ouverte est à la base du logiciel réalisé. Ce papier se propose, en collaboration avec une association locale de PPIV (APICADEV), d'accompagner le développement de la communauté de pratiques, enjeu important pour soutenir le développement de nouvelles formes d'accès aux contenus graphiques par les PPIV.

Bibliographie commentée

- ❖ Batusic, M., Miesenberger, K., Heumader, P. (2011) [MathInBraille Online Converter](#) World Congress Braille21, Leipzig, 2011, pp.1-6

Cette communication présente la conception et le développement d'un logiciel qui rend accessible le contenu de textes mathématiques affiché sur un support linéaire (tel le clavier Braille).

- ❖ Bornschein, J. (2014) [BrailleIO - a Tactile Display Abstraction Framework](#) TacTT '14 (Tactile/Haptic User Interfaces for Tabletops and Tablets), Nov 16 2014, Dresden, Germany

Cette communication présente l'environnement intégré BrailleIO qui permet une création rapide d'applications pour le PPIV et qui peut s'exécuter sur des tablettes tactiles 2D.

- ❖ Bourbakis, N. (2008) [Sensing surrounding 3-D space for navigation of the blind](#). *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 2008, pp. 49-55.

Ce papier présente un dispositif d'aide à la représentation de l'espace pour les PPIV, dispositif prototypé à l'Université de Wright (Etats-Unis).

- ❖ Brambring, M. (1985) [Mobility and orientation processes of the blind](#) *Electronic Spatial Sensing for the Blind*, in D.H. Warren and E.R. Strelow, eds., Springer NL, 1985, Vol. 99, NATO ASI Series pp. 493-508

Ce papier est l'un des premiers à proposer un modèle théorique de mobilité des PPIV (dans une ville) ; il analyse les similarités et les différences entre la mobilité et l'orientation entre les PPIV et les personnes voyantes (via la description de trajets).

- ❖ Brock, A. (2013) [Touch the map ! Designing Interactive Maps for visually Impaired People](#). *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing* (n° 105), pp. 9-14. ISSN 1558-2337

Ce papier permet de comprendre le concept de carte interactive (non portable) et les différentes étapes de sa conception et son prototypage.

- ❖ Breuneval, A., (déficient visuel de naissance) (2016) *Conception d'une aide à la mobilité d'un déficient visuel* LITIS, Univ. Rouen, Tech. Memo., 8 juillet 2016

Ce rapport technique analyse des besoins des PPIV en déplacement et les technologies associées.

- ❖ Bühler, Ch., 2008 [Design for All – from Idea to Practise](#), Proc. ICCHP 2008, 106-113

Ce papier explique des définitions des différents concepts proposés par « UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities » et qui doivent sous-tendre la conception et la réalisation de nouvelles

aides technologiques (e.g. la conception universelle, la conception inclusive, et la conception pour tous).

- ❖ Chebat, D-R., Harrar, V., Kupers, R., Maidenbaum, S., Amedi A., Ptito M. (2017) [Sensory Substitution and the Neural Correlates of Navigation in Blindness](#), (chapitre)
in E. Pissaloux & R. Velazquez (ed.), *Mobility of Visually Impaired People : Fundamentals and ICT Assistive Technologies*, Springer, 2017, pp. 167-200

Ce chapitre suggère un ensemble de règles ancrées dans les sciences neuro-cognitives pour concevoir de meilleures assistances au déplacement des PPIV, assistances fondées sur la substitution sensorielle (surtout visuo-tactile).

- ❖ Cherké, S., Girard, N., Soubaras, H. (2018) *Des malvoyants à l'industrie : une nouvelle commande gestuelle de zoom pour tablettes et smartphones* HANDICAP, 2018, 11-13 juin 2014 (Paris)

Un nouveau modèle d'interaction avec une commande gestuelle pour zoomer et naviguer dans l'image zoomée est présenté.

- ❖ Conradie, P., Mioch, T., Saldien, J., 2014 [Blind User Requirements to Support Tactile Mobility](#) TacTT '14 (Tactile/Haptic User Interfaces for Tabletops and Tablets), Nov 16 2014, Dresden, Germany

Cette communication détaille la méthode participative (centrée utilisateur PPIV) de l'identification et de formulation des spécifications d'un système tactile pour assister les déplacements des PPIV à l'intérieur. Elle fournit plusieurs recommandations qui devraient présider la conception de nouveaux dispositifs d'assistance.

- ❖ Ducasse, J., Macé, Marc, J-M., Oriola, B., Jouffrais, Ch. (2014) [Techniques d'interactions sur dispositifs mobiles pour l'aide à l'orientation chez les non-voyants.](#)
HANDICAP 2014, 11-13 juin 2014 (Paris) (Toulouse archive ouverte)

Ce papier propose une approche originale pour s'orienter dans l'espace à partir de 3 points (approche par triangulation à partir des distances et/ou des directions).

- ❖ Dakopoulos, D., Bourbakis, N., (2010) [Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: a survey](#) IEEE Trans. SMC Part C: Applications and Reviews, 40(1), January 2010, 25-35

Cette publication fait un état de l'art sur les aides aux déplacements des PPIV et propose quelques indices pour comparer différentes aides.

- ❖ Garibaldi G., Aubert D., Lenay Ch., Tixier M. (2018) [Conception d'un environnement d'apprentissage pour le développement d'un accès tactile au contenu numérique à destination des personnes aveugles et malvoyantes](#) Handicap 2018 (13-15 juin 2018) Paris

L'objectif de cette communication est la promotion de l'apprentissage autonome de l'utilisation de la technologie tactile, et le partage/l'échange de l'expérience de la perception du contenu numérique via le Web et de l'utilisation du système et, plus généralement, la promotion des relations sociales en ligne.

- ❖ Gulliksen, J., Ransson, G., B., Boivie, I., Blomkvist, S., Persson, J., Cajander, A. (2003) [Key principles for user-centred systems design](#), Behaviour & Information Technology, Nov-Dec 2003, vol. 22, N°6, 397–409

Ce papier propose une définition d'une méthodologie de conception centrée utilisateur. Douze principes de cette méthodologie sont identifiés à partir des théories existantes et des expériences de réalisation de nombreux projets logiciels.

- ❖ Gyoshev, S., Karastoyanov, Nikolay Stoimenov, D. , Cantoni, V., Lombardi, L., Setti, A. (2018) [Exploiting a graphical Braille display for art masterpieces](#) ICCHP 2018 (Int. Conf. on Computer Helping People with Special Needs), 11-13 juillet 2018, Linz (Autriche)

Cette communication propose un bref état de l'art des tablettes tactiles adaptées à l'affichage des informations graphiques 2D.

- ❖ Jouffrais, Ch., (2016) [Geoaccess : les nouvelles technologies pour l'accessibilité des données géographiques](#) FIRAH (Base documentaire)

Cette publication présente le projet Geoaccess (soutenu par la FIRAH) qui vise à proposer un ensemble de règles pertinentes pour la réalisation de supports géographiques interactifs tactiles permettant les apprentissages spatiaux par des enfants PPIV.

- ❖ Anke Brock, A., Truillet, Ph., Oriola, B., Picard, D., Jouffrais, Ch., (2015) [Interactivity Improves Usability of Geographic Maps for Visually Impaired People](#) Human Computer Interaction, Taylor & Francis Online, Vol. 30, p. 156-194, juin 2015.

Les expériences présentées confirment l'efficacité du principe « perception-action » dans le contexte de l'apprentissage de connaissances spatiales, principe énoncé par A. Berthoz pour la mobilité.

- ❖ Koch, O., Teller, S. (2008) [A vision-based navigation assistant ECCV Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired](#), Marseille, France 2008

Ce papier présente une aide robotique (fondée sur la vision) pour la navigation des PPIV.

- ❖ Loomis, J.M., Klatzky, R.L., Golledge, R.G., Cicinelli, J.G., Pellegrino, J.W, Fry, P.A. (1993) [Nonvisual navigation by blind and sighted : Assessment of path integration ability](#) *J. of Experimental Psychology, General* 122 (1):73-91, Mar. 1993.

Ce papier propose un modèle de mobilité humaine composé de cinq modules pouvant être mis en oeuvre par les PPIV lors de la navigation dans l'espace proche et dans l'espace lointain.

- ❖ Lynch, K., 1960 [The Image of the City](#), MIT Press, Cambridge, Mass, USA

Ce livre définit un modèle (carte cognitive) d'une ville à deux niveaux, modèle jugé pertinent pour la mobilité : « niveau piéton » avec des éléments locaux à percevoir (chemins et bords des trottoirs), et « niveau global » avec les nœuds établis par les transports publics et les repères (points d'intérêt) faciles à reconnaître (landmarks). Le papier propose aussi une liste des éléments nécessaires à identifier dans l'environnement pour un déplacement efficace.

- ❖ Magnusson, Ch. (coordinatrice du projet européen Haptimap FP7-ICT-224675) (2008 2012) [Haptimap](#)

Ce projet a conçu et réalisé un dispositif numérique multimodal pour assister les déplacements des déficients visuels autour d'un téléphone portable.

- ❖ Ji-Ye Mao, Karel Vredenburg, Paul W. Smith, and Tom Carey. 2005. [The state of user-centered design practice](#). Commun. ACM 48, 3 (March 2005), 105-109.

Ce papier présente l'état de l'application de la méthodologie centrée utilisateur et rappelle les documents ISO qui la normalisent (e.g. ISO 13407 and the associated technical report, ISO TR 18529).

- ❖ Nanayakkara, S., Shilkrot, R., Yeo, K.P., Maes, P. (2013) [EyeRing : A finger-worn input device for seamless interactions with our surroundings](#) Proc. 4th Augmented Human Int. Conference, Stuttgart, Allemagne, 7_8 March 2013, pp.13-20

Cette communication propose un nouveau dispositif portable sur un doigt conçu pour assister la lecture des déficients visuels (transcodage du texte vers Braille) et des dyslexiques.

- ❖ O'Modhain, S., Guidice, N. A., Gardner, J.A., Legge, G.E. (2015) [Designing Media for Visually-Impaired Users of Refreshable Touch Displays : Possibilités and Pitfalls](#), IEEE Trans. on Haptics, vol.8, N°3, July-Sept. 2015, pp. 248-257

Ecrit par trois chercheurs déficients visuels, cet article traite de questions importantes pour les concepteurs de médias (surfaces tactiles et à stimulation tactile) pour les utilisateurs malvoyants.

- ❖ Paredes, H., Fernandes, H., Martins, P., Barroso, J. (2013) [Gathering the users' needs in the development of assistive technology: a blind navigation system use case](#) U Proc. of the 7th Int. Conf. on niversal Access in Human-Computer Interaction: applications and services for quality of life - Volume Part III, July 2013

Ce papier présente un système de guidage des PPIV à l'extérieur et coopérant avec le système (via les balises RFID).

- ❖ Pielot, M., Poppinga, B., Boll, S. (2010) [PocketNavigator: vibro-tactile waypoint navigation for everyday mobile devices](#) Mobile HCI'10, September 7–10, 2010, Lisbon, Portugal.

Le PocketNavigator est un démonstrateur, issu du projet HAPTIMAP, qui ajoute un retour tactile à un système de navigation basé sur une carte simple et qui fonctionne sur n'importe quel téléphone (construit à base de la technologie Android).

- ❖ Pissaloux, E., Carbone, A. (2011), *Des spécifications des utilisateurs aux spécifications techniques : vers une aide basée vision pour des interactions des déficients moteur*, 2^{ème} Conférence Int. sur l'Accessibilité et les Systèmes de Suppléance aux personnes en situations de Handicap (ASSISTH), Paris, CNRS, 17-18 janvier 2011, pp. 544-551

Cette communication définit les caractéristiques de toute méthodologie qui devant être mise en place lorsque l'on spécifie et que l'on prototype une nouvelle assistance technologique pour des personnes handicapées (quel que soit le type de handicap).

- ❖ Pissaloux, E., Velazquez, R. (éditeurs) (2017) [Mobility of Visually Impaired People : Fundamentals and ICT Assistive Technologies](#) Springer

Ce livre de 650 pages, composé de 21 chapitres écrits par 54 chercheurs internationaux dont des chercheurs déficients visuels, présente un état de l'art de tous les domaines, de recherche et des technologies, considérés par le livre et liés à la mobilité (indépendante et autonome) des PPIV

- ❖ Pissaloux E., Velazquez, R.R., Maingreaud, F. (2017) [A New Framework for Cognitive Mobility of Visually Impaired Users and Associated Tactile Device](#), IEEE Trans. Human-Machine Systems, vol. 47 Issue 6, pp.1-12, 2017

Ce papier propose un cadre général de la mobilité de l'homme, ainsi qu'un système portable visuo-tactile qui l'intègre et qui peut assister les déplacements des PPIV.

- ❖ Phillips, B., Zhao, H., 1993 [Predictors of assistive technology abandonment](#) Assistive technology : the official journal of RESNA Volume 5, Issue 1, Pages 36-45 (Jan 1993)

Compte rendu d'une enquête sur les 4 raisons suivantes d'abandon des aides technologiques (jusqu'à 29%) : le manque de considération de l'opinion de l'utilisateur dans la sélection, l'achat

facile d'appareils, les performances médiocres des périphériques et la modification des besoins ou des priorités des utilisateurs.

- ❖ Riemer-Reiss, M., Wacker, R. (2000) [Factors associated with Assistive Technology Discontinuance Among Individuals with Disabilities](#) The Journal of Rehabilitation, 66, 2000, 1-10

Ce papier analyse des raisons d'abandon des technologies d'assistance et pointe clairement que le manque du service après-vente est l'une des raisons de cet abandon.

- ❖ Romeo, K., Pissaloux, E., Serin, F. (chercheur déficient visuel) (2018) [Accessibilité des sites web pour les personnes présentant une incapacité visuelle](#) CNRIUT'2018 (Conf. Nationales de Recherche des IUT), juin 2018, Aix-en-Provence

Ce papier analyse les difficultés d'accès à l'information sur des supports électroniques et les recommandations existantes pour la conception des sites web accessibles à tous.

- ❖ Safi, W., Maurel, F., Routoure, J., Beust, P. Dias, G. (2014) [Blind Browsing on Hand-Held Devices: Touching the Web... to Understand it Better](#) in Data Visualization Workshop (DataWiz 2014) associated to 25th ACM Conference on Hypertext and Social Media (HYPERTEXT 2014), Sep 2014, Santiago, Chile.

Cette communication présente un système vibro-tactile qui permet l'exploration spatiale du contenu web via un smartphone permettant ainsi aux utilisateurs de comprendre l'agencement d'une page web et l'organisation spatiale de son contenu.

- ❖ Schinazi, V.R. , Thrash, T., Chebat, D.-R. (2016) [Spatial navigation by congenitally blind individuals](#), WIRE Cognitive Science, vol. 7, n° 1, pp. 37–58, January/February 2016

Ce papier présente un ensemble d'expériences réalisées avec des déficients visuels dès la naissance, expériences prouvant que les PPIV ne sont pas toujours très conscients de la représentation de l'espace par une carte mentale lorsqu'ils se déplacent.

- ❖ Schmitz, B., Hub, A., 2008 [Precise Indoor and Outdoor Navigation for the Blind and Visually Impaired Using Augmented Maps and the TANIA System](#) Proc. 9th Int. Conf. on Low Vision, pp. 2-5

Le système d'aide à la navigation TANIA (Tactile Acoustical Navigation and Information Assistant) à l'intérieur et à l'extérieur utilisant les balises RFID est présenté dans cette étude.

- ❖ Simonnet, M., Bothorel, C., Maximiano, L.F. Thépaut, A. (2013) [Exploration cartographique non visuelle sur tablette tactile multitouch : "la stratégie du piano"](#) Sciences et Technologies pour le Handicap, vol. 5 (1), pp.1-20, 2013.

Cette publication propose une approche pour interpréter les contenus graphiques et qui s'appuie sur les retours audios et vibratoires de la tablette tactile elle-même afin de concevoir un environnement où les utilisateurs non-voyants peuvent explorer des cartes.

- ❖ Strelow, E.R. 1985. [What is needed for a theory of mobility: direct perception and cognitive maps—lessons from the blind. Psychological review. 92, 2 \(May 1985\), 226–48.](#)

À partir des observations des déplacements de déficients visuels, un modèle de déplacement des PPIV est défini. Les compétences spécifiques nécessaires sont identifiées, e.g. le sens de la localisation des obstacles, l'utilisation de la canne et l'écho localisation.

- ❖ Zeng, L., Weber, G. (2011) [Accessible Maps for the Visually Impaired](#) Proceedings of the IFIP INTERACT 2011 Workshop on ADDW (ADDW : Accessible Design in Digital World), vol. 792, pp. 54–60 (2011)

Ce papier est une revue des technologies utilisées pour l'affichage des cartes géographiques accessibles.

Bibliographie complémentaire sur les technologies pour les personnes présentant une incapacité visuelle

Cette bibliographie présente brièvement des prototypes d'aides technologiques déjà réalisées, voire commercialisées, les plus populaires, et des prototypes académiques en cours de réalisation.

Notre état de l'art présente différentes catégories de dispositifs d'assistance en fonction des divers aspects sous-tendant notre recherche sur les dispositifs tactiles pour la mobilité et de leur usage par les PPIV dans la vie de tous les jours. Nous considérons donc les catégories suivantes de dispositifs tactiles (ou à stimulation tactile) :

- les dispositifs pour la lecture sur des supports classiques (ou pour l'accès aux textes) ;
- les dispositifs pour l'accès aux images ;
- les dispositifs d'accès au contenu web ;
- les dispositifs de substitution sensorielle ;
- les dispositifs d'assistance à la mobilité.

Lexique des abréviations et d'expressions utilisées

Code (alphabet) Braille : Le braille est un système d'écriture tactile à points saillants, à l'usage des personnes aveugles ou fortement malvoyantes. Le système porte le nom de son inventeur, le Français Louis Braille qui avait perdu la vue à la suite d'un accident.

Cellule Braille électronique : composant constitué de six ou huit picots mobiles permettant de former une lettre en code Braille.

PDV : Personne Déficiante Visuelle

Plage Braille : un ensemble de cellules Braille arrangées soit en une ou plusieurs lignes (1D) soit en une matrice (2D)

PPIV : Personne Présentant une Incapacité Visuelle.

Substitution Sensorielle : transmission des informations normalement issues d'un certain sens par un autre sens (e.g. la substitution visuo-tactile implique la transmission des informations visuelles par la modalité tactile).

Le présent document a été réalisé dans le cadre de la recherche appliquée « ACCESSPACE » menée par l'Université de Rouen, en partenariat l'Université de Paris 8, l'Université de Glasgow (Royaume-Uni) et l'Université Panamericana (Mexique), ainsi qu'avec le Centre Normandie Lorraine (centre de ressources pour les déficients visuels), et l'association Visibility (association écossaise pour les déficients visuels) et la société InsideVision. La réalisation de ce travail a été confiée à Edwige Pissaloux.

L'objectif de cette revue de littérature est de rendre compte des connaissances actuelles en recherche appliquée sur la manière d'assister les déplacements autonomes des personnes présentant une incapacité visuelle (PPIV).

