

Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in : http://oatao.univ-toulouse.fr/
Eprints ID : 15195

The contribution was presented at HANDICAP 2014 :
http://ifrath.fr/handicap2014/

To cite this version : Jouffrais, Christophe and Griet, C. and Oriola, Bernard and Truillet, Philippe and Raynal, Mathieu and Serpa, Antonio and Macé, Marc *Les technologies d'assistance pour la qualité de vie et l'autonomie des déficients visuels (TAVIS).* (2014) In: 8eme Congres francophone HANDICAP (HANDICAP 2014), 11 June 2014 - 13 June 2014 (Paris, France).

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: staff-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE POUR LA QUALITE DE VIE ET L'AUTONOMIE DES DEFICIENTS VISUELS (TAVIS)

Structuration d'une recherche collaborative

C. Jouffrais, B. Oriola, P. Truillet, M. Raynal, A. Serpa, M. J.-M. Macé
CNRS & Univ. of Toulouse
IRIT, UMR5505
Toulouse, France
{lastname}@irit.fr

***Abstract*—Le nombre de personnes déficientes visuelles est évalué à 285 millions dans le monde. L'analyse des limitations d'activité et restrictions de participation de ces personnes montre que les nouvelles technologies interactives peuvent apporter des réponses pertinentes pour améliorer leur autonomie. Depuis une décennie, nous avons lancé un ensemble de recherches fondamentales et appliquées permettant de concevoir des dispositifs d'assistance pour les déficients visuels. Les différents domaines concernés sont l'orientation et la mobilité, l'accessibilité des documents (cartes géographiques), l'accessibilité des dispositifs mobiles (smartphones ou tablettes) ou la simulation de la vision prothétique (implant rétinien ou cortical). Afin de travailler de façon pérenne sur la conception de nouvelles technologies d'assistance avec les déficients visuels mais aussi les formateurs et enseignants spécialisés, nous avons créé un laboratoire de recherche commun avec un Centre d'Education Spécialisé pour Déficients Visuels.**

Keywords—non-voyants, malvoyants, nouvelles technologies, cognition, interaction non-visuelle, interaction homme-machine, interface cervau-machine.

I. INTRODUCTION

En 2013, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime à environ 285 millions le nombre de personnes qui présentent une déficience visuelle[1]. 39 millions d'entre elles sont aveugles et 82% de ces aveugles sont âgés de 50 ans et plus. Un rapport de l'Institut National Canadiens des Aveugles[1] montre clairement que les personnes déficientes visuelles ont des besoins d'inclusion et d'autonomie identifiés mais non contentés, et qu'ils sont disposés à utiliser des technologies d'assistance pour y parvenir. La recherche en technologies d'assistance pour les déficients visuels représente donc des enjeux sociétaux et économiques importants, qui répondent à une attente des personnes déficientes visuelles.

Depuis 2005, nous menons à Toulouse un ensemble de recherches collaboratives et pluridisciplinaires ayant pour objectif de développer les connaissances sur les technologies d'assistance pour les déficients visuels. Ces recherches impliquent bien évidemment les utilisateurs de ces technologies – les déficients visuels – mais aussi les enseignants et formateurs spécialisés, ainsi que les industriels susceptibles de transférer certaines de ces recherches sur le marché.

Le projet TAVIS, subventionné par le programme DEFISENS du CNRS avait pour objectif de consolider, de façon pérenne, le travail collaboratif entre ces différents partenaires. Dans ce papier de synthèse, nous décrivons rapidement les divers projets de recherche en cours au moment du programme DEFISENS, ainsi que la création du laboratoire commun entre l'IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse) et le CESDV-IJA (Centre d'Education Spécialisée pour les Déficients Visuels - Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse).

II. EXEMPLES DE PROJETS DE RECHERCHE COLLABORATIVE

A. *NAVIG: Navigation Assistée par VIsion embarquée et GNSS*

Le projet NAVIG (http://navig.irit.fr) est un projet multidisciplinaire, à la fois fondamental et appliqué, qui a pour objectif d'augmenter l'autonomie des non-voyants et malvoyants dans une action primordiale, identifiée comme particulièrement problématique: la navigation piétonne (atteindre une destination dans un espace lointain, en évitant les obstacles).

Ce projet a labellisé par le pôle mondial Aerospace Valley en 2008 réunissait un consortium de trois laboratoires de recherche spécialisés en interaction homme-système et technologies d'assistance pour les personnes en situation de handicap (IRIT-ELIPSE), en vision humaine (CerCo), et en perception auditive et design sonore (LIMSI) , ainsi que deux PME toulousaines actives dans les domaines de la vision artificielle (SpikeNet Technology) et de la géolocalisation (NAVOCAP). Le consortium était complété par un centre

[1] http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/fr/

d'éducation spécialisée pour déficients visuels (CESDV - Institut des Jeunes Aveugles). Ces partenaires se sont associés dans ce projet de recherche pour parvenir à plusieurs objectifs fondamentaux et appliqués complémentaires.

Le projet a abouti à la conception et l'évaluation d'un prototype de laboratoire (voir Fig. 1). Il a permis de faire des progrès significatifs dans des domaines variés appartenant aux sciences cognitives (représentations spatiales chez les déficients visuels, perception auditive 3D, modélisation de la vision), et à l'IHM (interaction non-visuelle, interaction en mobilité, technologie d'assistance) (voir [2], [3]). Ces objectifs de recherche fondamentale formulés par les laboratoires étaient accompagnés de la volonté d'augmenter l'expertise et la compétitivité des deux PME participantes, notamment en aboutissant à des innovations en vision artificielle embarquée, en géolocalisation du piéton et en technologies de guidage pour les déficients visuels. Ces innovations ont été appliquées dans les domaines des technologies d'assistance pour les déficients visuels évidemment, mais aussi dans des domaines d'activité différents (navigation autonome de véhicules intelligents, navigation pour piétons, robotique, etc.).



Fig. 1. Prototype de laboratoire du dispositif NAVIG incluant un GPS, des centrales inertielles, des caméras embarquées, ainsi qu'une interface utilisateur adaptée aux déficients visuels (reconnaisance de parole et synthèse de parole ou de sons 3D par conduction osseuse). Le guidage et la description de l'espace sont réalisés en augmentant l'environnement avec du texte et/ou des sons spatialisés.

Dans ce projet, il est apparu que la vision embarquée permettait d'améliorer l'accessibilité de l'environnement en améliorant le positionnement global du piéton mais aussi en identifiant des objets connus comme le mobilier urbain ou des distributeurs de monnaie, etc. Il est important de noter que cette fonction d'identification d'objets peut aussi être utilisée dans un contexte différent, l'identification et la localisation d'objets 'personnels'. Par exemple, nous avons demandé à des non-voyants de réaliser une tâche de classement de billets en Euro selon leur valeur. Le système de vision embarqué a permis de réaliser cette tâche très rapidement, avec une bonne précision et une grande satisfaction [4]. Cette convergence de fonctions est très appréciée par les utilisateurs puisqu'elle permet de diminuer le nombre de dispositifs emportés.

B. Les Cartes Interactives Multimodales

Comme nous l'avons précisé précédemment, l'orientation et la mobilité sont probablement les défis les plus importants pour les personnes déficientes visuelles. Même si les systèmes d'assistance à la navigation représentent des aides précieuses, nous avons observé que très peu de déficients visuels sont suffisamment confiants pour réaliser un trajet nouveau en autonomie. Les cartes géographiques accessibles sont un des moyens permettant de leur fournir des connaissances spatiales sur un environnement inconnu, réduisant ainsi l'appréhension liée à un trajet nouveau. Depuis quelques décennies, les cartes en relief réalisées avec des procédés thermiques ou mécaniques, ont été utilisées pour rendre l'information géographique accessible. Cependant ces cartes physiques sont difficiles à réaliser (il faut maîtriser les règles de transcription), peu diffusées, et présentent des limitations importantes concernant le contenu et la présentation des informations. En effet elles ne peuvent contenir que peu de figurés, les légendes en Braille prennent beaucoup de place, la zone affichée n'est pas dynamique, etc.

Les progrès technologiques récents simplifient la conception de cartes interactives accessibles qui permettraient de surmonter ces limitations. Les projets actuels reposent sur la construction de systèmes dédiés (voir par exemple le 'Perkins Talking tactile campus') ou sur l'ajout de cartes en relief sur des surfaces tactiles (voir par exemple le projet Abaplans). Dans ce dernier type de système, les reliefs de la carte permettent de discriminer les figurés et les légendes (Fig. 2A). Des informations supplémentaires peuvent être obtenues en cliquant sur la carte papier - à condition que la surface tactile soit compatible (voir [5] pour revue).

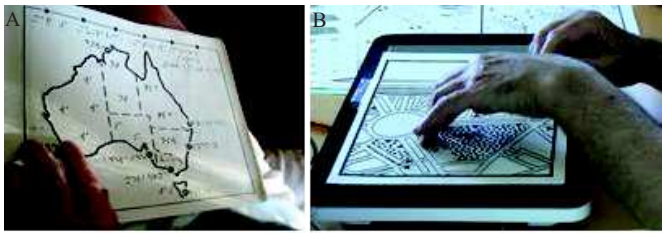


Fig. 2. A. Exemple de carte géographique en relief obtenue avec une technique de thermogonflage. Seuls quelques contours et légendes apparaissent pour assurer la lisibilité de la carte. B. Prototype de carte interactive multimodale. La carte en relief est placée sur une surface tactile multitouch. L'utilisateur peut explorer la carte et obtenir des informations supplémentaires sur les parties interactives

Nous avons conçu et évalué un prototype de cartes interactives multimodales (voir Fig. 2B et [6]). Avec ce prototype, nous avons notamment pu montrer que l'utilisabilité des cartes interactives est supérieure à l'utilisabilité des cartes en relief traditionnelles. De façon plus importante encore, nos évaluations montrent que, bien que dépendants des utilisateurs, certains types d'apprentissage spatial sont renforcés par l'utilisation de cartes interactives. Pour finir, la satisfaction liée

à l'exploration des cartes était aussi renforcée chez les utilisateurs (voir [7]). Ces résultats montrent que l'interactivité est prometteuse pour améliorer l'ergonomie et l'accessibilité des cartes géographiques pour les déficients visuels. Elle est aussi prometteuse pour renforcer les usages des cartes, voire en développer de nouveaux. Nous savons par exemple aujourd'hui qu'il est possible de concevoir des interactions gestuelles et non-visuelles qui rendent certaines tâches spatiales – comme la récupération des distances et des directions ou l'apprentissage d'itinéraire – tout à fait accessibles pour les déficients visuels. Pour conclure cette section, nous précisons que bien que ces recherches soient actuellement focalisées sur les cartes, elles peuvent s'appliquer à l'exploration de tous types de contenus graphiques. De plus, une autre thématique de recherche intéressante nous est apparue : l'exploration collaborative sur des surfaces tactiles. Nous avons d'ailleurs lancé un ensemble d'actions prospectives autour de l'usage de grandes surfaces tactiles et tangibles pour plusieurs utilisateurs.

C. *Saisie de texte sur dispositif mobile*

On peut constater depuis quelques années une forte augmentation de toutes sortes de dispositifs à écran tactile (tablettes et smartphones mais aussi montres ou lunettes connectées, etc.). Ceux-ci ont été équipés avec de nombreux capteurs et moyens de communication (WiFi, GPS, etc.) et doivent s'appuyer sur de nouvelles techniques d'interactions. Ils évoluent vers des objets connectés, destinés à échanger des messages textuels courts (SMS) mais aussi à se connecter sur l'Internet et les réseaux sociaux. En conséquence, la saisie de texte sur de tels dispositifs est devenue une tâche critique, réalisée principalement sur des écrans tactiles. Les écrans tactiles permettent une grande flexibilité pour concevoir des interfaces dynamiques telles que des claviers logiciels. Ces surfaces tactiles génèrent par contre des problèmes d'accessibilité pour les déficients visuels puisqu'elles ne présentent aucun indice tactile permettant de localiser les touches.

Nous avons entamé un travail de recherche permettant d'améliorer l'interaction des déficients visuels avec ces dispositifs tactiles. Notre première action avait pour objectif d'améliorer la saisie de texte. Nous avons conçu un clavier « déductif » reposant sur la connaissance préalable, par l'utilisateur, d'une disposition de touches (par exemple AZERTY en France, voir Fig. 3). Le clavier proposé apparaît sur la totalité de l'écran du téléphone, ce qui évite d'appeler des fonctions ou des menus par inadvertance. La fonction « déductive » du clavier consiste à calculer le mot le plus probable en fonctions du nombre et de la position des touchers sur l'écran. L'évaluation de ce clavier avec des utilisateurs non-voyants a fait apparaître une augmentation de la vitesse et de la précision de saisie, notamment pour les mots longs (supérieurs à quatre lettres, voir [8]).

Ces travaux sur l'accessibilité des dispositifs mobiles à écran tactile sont très récents au sein du laboratoire commun et méritent d'être étendus. Les déficients visuels sont de plus en plus nombreux à s'équiper de smartphones ou de tablettes. Ces équipements, remplissent un grand nombre de fonctions auparavant réparties entre plusieurs dispositifs (téléphone mais aussi agenda, détection d'une lumière, de couleurs, identification d'objets [9], de loupe, etc.) ; ce qui en fait une solution moins coûteuse et plus confortable. Les besoins en accessibilité de ces dispositifs sont donc très importants.

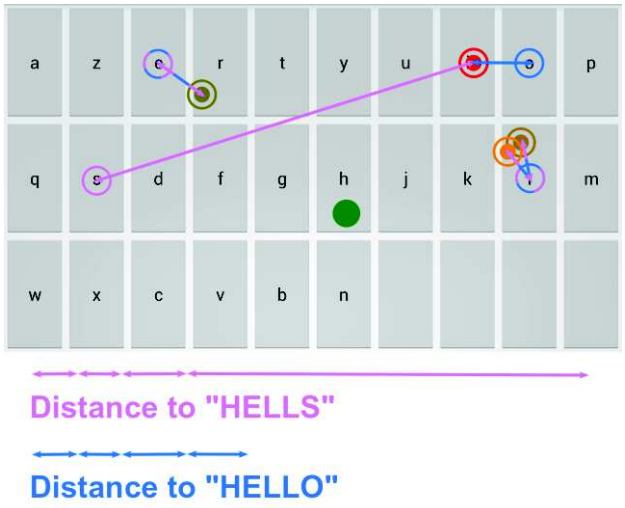


Fig. 3. : Illustration visuelle du fonctionnement du clavier DUCK (la version évaluée par les utilisateurs déficients visuels était invisible à l'écran). Une fois que l'utilisateur a tapé 5 lettres « au jugé », l'algorithme calcule des scores de proximité avec des mots du dictionnaire. Ici, il apparait que la saisie est plus proche du mot 'HELLO' que du mot 'HELLS'. Le mot 'HELLO' sera proposé en premier. L'utilisateur pourra le valider ou passer au second choix avec une interaction gestuelle simple.

D. *Simulations de neuroprothèses visuelles*

Parallèlement à ces travaux sur les technologies d'assistance à court et moyen terme, nous développons des recherches à plus long terme pour améliorer l'utilisabilité des neuroprothèses visuelles. Les premières prothèses disponibles, comme les implants rétiniens fabriqués et testés depuis quelques années par la société Second Sight [10], ont une résolution très limitée. La matrice d'électrode implantée, qui permet de percevoir une soixantaine de taches blanches, ne permet pas de restaurer les fonctions classiquement dévolues à la vision (reconnaissance d'objet, lecture, orientation, etc.) et les bienfaits pour les non-voyants implantés sont très faibles.

Pour réellement améliorer la qualité de vie des personnes implantées, nous avançons l'idée que les implants disponibles actuellement - c'est à dire à basse résolution - nécessitent d'être couplés à des systèmes de vision par machine. En s'appuyant sur des algorithmes qui permettent de reconnaitre des objets et des personnes [11], ou de détecter la présence de texte dans l'image d'une caméra [12], il est possible de simplifier à l'extrême l'information affichée via l'implant pour n'en garder que l'essentiel. Nous montrons dans des expériences de simulation de neuroprothèse visuelle qu'il est possible de restaurer des fonctions visuelles primordiales grâce à cette approche et ce malgré la résolution très faible des implants actuellement disponibles (Fig. 4).

III. CREATION D'UN LABORATOIRE COMMUN IRIT-IJA, LE LACII

Ces différents projets ont des durées de vie liées à leurs modes de financement par les agences de moyen (par exemple

l'ANR), les établissements, les collectivités locales, etc. Ces durées ne dépassent généralement pas 4-5 ans après lesquels le consortium se dissout. Les partenaires partent alors de façon isolée ou fragmentée vers de nouveaux projets. Par conséquent, certaines recherches ne sont ni poursuivies, ni transférées vers l'industrie.

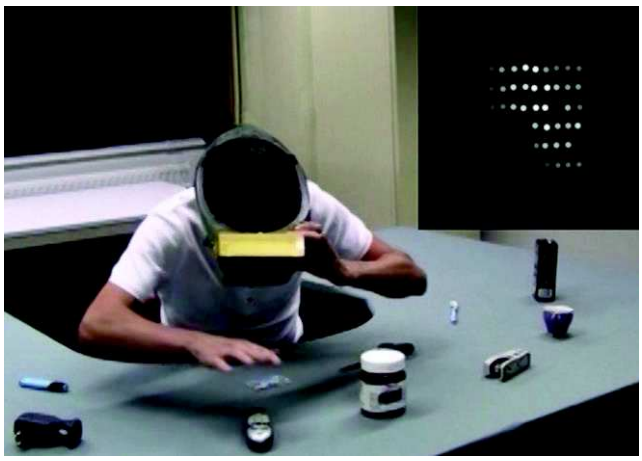


Fig. 4. : Expérience de simulation de neuroprothèse visuelle. Le casque de réalité virtuelle affiche la scène visuelle telle qu'elle serait perçue par une personne non-voyante implantée avec une neuroprothèse visuelle (image en haut à droite). La tâche à effectuer consiste ici à saisir un objet précis sur la table.

A l'IRIT, nous voulions ancrer notre recherche dans la durée, au plus près des besoins des déficients visuels et des compétences des enseignants et formateurs spécialisés. Après plusieurs réflexions, nous avons choisi de bâtir un « laboratoire de recherche commun », le LACII (Laboratoire Commun IRIT-IJA). Celui-ci existe sous la forme d'une convention passée entre les tutelles de l'IRIT (CNRS, Universités de Toulouse, INPT) et le CESDV-IJA.

Le LACII s'est donné plusieurs objectifs de recherche fondamentale et appliquée mais aussi de transfert vers l'industrie. La proximité des chercheurs et des enseignants spécialisés permet de bien comprendre les limitations d'activité et les restrictions de participations des déficients visuels, mais aussi de définir leurs besoins et ceux de leurs formateurs. Ces analyses permettent alors de sélectionner quelques grands défis en matière de technologies d'assistance. Evidemment, ces technologies doivent permettre aux utilisateurs de devenir plus autonomes dans leur vie quotidienne en facilitant des tâches spécifiques, mais aussi en leur permettant de mieux percevoir et comprendre leur environnement. Par exemple, même si l'assistance à la navigation est très utile pour faciliter les déplacements, il est aussi très utile, de notre point de vue, de comprendre l'environnement parcouru. Riche de toutes ces réflexions, le LACII est un outil permettant d'anticiper les réponses aux appels à projets régionaux, nationaux et européens de recherche et de transfert technologique.

La conception de nouvelles technologies repose sur la participation des utilisateurs finaux dans toutes les phases du processus [13]. Malheureusement les techniques classiques s'appuient en général sur des images et des vidéos, et ne sont pas adaptées à une conception avec des utilisateurs déficients visuels. Le LACII est un lieu permettant de faciliter la conception et l'expérimentation avec les déficients visuels. Progressivement, les méthodes sont adaptées [14] et plusieurs plates-formes d'expérimentation psycho-physique et d'évaluation de technologies ont été développées.

Le LACII a aussi pour objectif de réfléchir au transfert de technologie vers les industriels. La première étape consiste donc à les sensibiliser au développement et à la mise sur le marché de ces nouvelles technologies. Cependant, nous savons que ces marchés sont très spécifiques et ne tolèrent pas forcément bien les modèles économiques 'classiques'. Au sein de groupes de travail incluant des entrepreneurs, nous réfléchissons à de nouveaux modèles économiques, incluant le logiciel libre et les données ouvertes (open data), qui pourraient mieux convenir. Les collectivités locales et les pôles d'excellence sont évidemment conviés à cette réflexion.

Pour finir, il nous est apparu qu'en dehors de la création récente de l'Institut de la Vision, les initiatives en termes de recherche et développement sur la suppléance visuelle en France étaient plutôt isolées, dans le temps et sur le territoire, avec des consortiums souvent incomplets. Nous avons la volonté de participer à l'effort de structuration de la recherche française autour de la déficience et de la suppléance visuelles. Pour ce faire, nous nous sommes fixés l'objectif d'établir un état des lieux concernant les travaux de recherches mais aussi les pratiques d'enseignement, d'éducation ou de compensation incluant les nouvelles technologies. A moyen terme, nous envisageons de rassembler les différents acteurs impliqués autour d'ateliers et de conférences nationaux et internationaux.

IV. CONCLUSIONS

Il apparaît que les besoins des déficients visuels sont nombreux et que les projets collaboratifs de conception de nouvelles technologies permettent de répondre à un certain nombre d'entre eux. Pour être pertinents, ces projets doivent impliquer des chercheurs mais aussi les formateurs et enseignants spécialisés, ainsi que les déficients visuels eux-mêmes. Evidemment le transfert vers l'industrie est plus évident si les entreprises sont aussi partenaires de ces projets. Malheureusement, ces projets sont financés pour des durées courtes et non renouvelables. Ce mode de financement de la recherche favorise la dispersion des savoirs et des compétences. A Toulouse, nous avons créé un laboratoire commun autour de deux acteurs importants que sont la recherche académique et un centre de formation spécialisé pour les déficients visuels. Notre objectif est de stabiliser un pôle de recherche fondamentale et appliquée autour des technologies d'assistance pour les déficients visuels, sur lequel peuvent se greffer de nombreux partenariats académiques ou industriels.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont avant tout vers les personnels du CESDV-IJA. Leur enthousiasme et leur disponibilité sont précieux pour conduire ces recherches. Nous remercions aussi évidemment tous les déficients visuels qui ont participé aux séances de conception ou d'évaluation. Enfin nous remercions tous les partenaires académiques et industriels des projets cités

ici, ainsi que les financeurs (dont le CNRS par le programme DEFISENS).

RÉFÉRENCES

[1] H. Simson, D. Gold, and B. Zuvela, “Inégalité des chances: Rapport sur les besoins des personnes aveugles ou handicapées visuelles vivant au Canada.” p. -, 2005.

[2] B. F. G. Katz, F. Dramas, G. Parseihian, O. Gutierrez, S. Kammoun, A. Brilhault, L. Brunet, M. Gallay, B. Oriola, M. Auvray, P. Truillet, S. J. Thorpe, and C. Jouffrais, “NAVIG: Guidance system for the visually impaired using virtual augmented reality.,” *Technol. Disabil.*, vol. 24, no. 2, pp. 1–16, 2012.

[3] B. F. G. Katz, S. Kammoun, G. Parseihian, O. Gutierrez, A. Brilhault, M. Auvray, P. Truillet, M. Denis, S. Thorpe, and C. Jouffrais, “NAVIG: augmented reality guidance system for the visually impaired,” *Virtual Real.*, vol. online fir, Jun. 2012.

[4] R. Parlouar, F. Dramas, M. J.-M. Macé, and C. Jouffrais, “Assistive device for the blind based on object recognition.,” in *Proceedings of the 11th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS ’09*, 2009, pp. 227–228.

[5] A. Brock, B. Oriola, P. Truillet, C. Jouffrais, and D. Picard, “Map design for visually impaired people: past, present, and future research,” in *MEI*, vol. 36, no. Handicap et Communication, B. Darras and D. Valente, Eds. l’Harmattan, 2013, pp. 117–129.

[6] A. Brock, P. Truillet, B. Oriola, D. Picard, and C. Jouffrais, “Design and user satisfaction of interactive maps for visually impaired people.,” in *ICCHP 2012. LNCS, vol. 7383*, 2012, pp. 544–551.

[7] A. M. Brock, “Interactive Maps for Visually Impaired People: Design, Usability and Spatial Cognition,” Université Toulouse 3 Paul Sabatier, 2013.

[8] P. Roussille, M. Raynal, S. Kammoun, E. Dubois, and C. Jouffrais, “DUCK : a deDUCtive Keyboard,” in *MOBACC’13*, 2013, p. 5.

[9] J. P. Bigham, S. White, T. Yeh, C. Jayant, H. Ji, G. Little, A. Miller, R. C. Miller, R. Miller, A. Tatarowicz, and B. White, “VizWiz: Nearly real-time answers to visual questions.,” in *Proceedings of the 23nd annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST ’10*, 2010, pp. 333–342.

[10] L. Mertz, “Sight restoration comes into focus: versions of visual prostheses.,” *IEEE Pulse*, vol. 3, no. 5, pp. 10–6, Sep. 2012.

[11] G. Denis, C. Jouffrais, V. Vergnieux, and M. J.-M. Macé, “Human faces detection and localization with simulated prosthetic vision.,” in *Proceedings of the 2013 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2013)*, 2013, p. in press.

[12] C. Merino-Gracia, K. Lenc, and M. Mirmehdi, “A head-mounted device for recognizing text in natural scenes.,” in *CBDAR 2011*, 2012, pp. 29–41.

[13] D. A. Norman and S. W. Draper, *User centered system design; New perspectives on Human-Computer Interaction.* 1986.

[14] A. Brock, J.-L. Vinot, B. Oriola, S. Kammoun, P. Truillet, and C. Jouffrais, “Méthodes et outils de conception participative avec des utilisateurs non-voyants,” in *IHM’10 - Proceedings of the 22nd French-speaking conference on Human-computer interaction*, 2010, pp. 65 – 72.