Zehira Haddad
Jaime Lopez-Krahe (Eds.)

Handicap, Vieillissement, Indépendance, Technologie

Colloque "Jeunes Chercheurs, Jeunes Chercheuses"
Université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis, 13-14 juin 2013
Actes

IFRATH
Recherche sur les Aides Techniques

Éditeurs

Zehira Haddad
Laboratoire THIM
Université Paris 8
2, rue de la liberté — 93526 Saint-Denis cedex
zehira.haddad-bousseksou@univ-paris8.fr

Jaime Lopez-Krahe
Laboratoire THIM
Université Paris 8
2, rue de la liberté — 93526 Saint-Denis cedex
Jaime.Lopez-krahe@univ-paris8.fr

Mise en page
Maquette Zehira Haddad
Couverture Delphine Soriano
Logo Mohammed Zbakh
Camera-ready par les auteurs

Impression
QUICKPRINT
115, rue Tronchet
69006 Lyon

Gestion des soumissions
EasyChair conference system
http://easychair.org

ISBN 978-2-9536899-3-8
Dépôt légal Juin 2013
© IFRATH

http://ifrath.fr

Préface

L'IFRATH est heureuse d'organiser le deuxième colloque Jeunes Chercheurses, Jeunes Chercheurs (JCJC'2013) *" Handicap, Vieillissement, Indépendance, Technologie"*, Ce colloque est un lieu de rencontre de jeunes chercheurs travaillant sur la thématique du handicap avec des chercheurs plus expérimentés pour un enrichissement mutuel à travers des échanges scientifiques et un partage d'idées toujours porteuses de fruits et des possibilités de collaborations futures. Le but recherché est d'encourager et de promouvoir cette activité de recherche qui vise à développer des outils facilitant l'insertion socioéconomique des personnes à besoins spécifiques. Cette activité de recherche est une activité en plein essor et connait un intérêt grandissant dans le milieu de la recherche et du développement.

S'adressant principalement aux doctorants et aux jeunes docteurs travaillant pour l'autonomie des personnes handicapées et vieillissantes, ce colloque a pour rôle principal de leur permettre de présenter leurs travaux actuels à des chercheurs appartenant à différentes thématiques. Le but est de recevoir des critiques constructives venant de divers domaines d'expertises pour leur permettre d'avancer dans leurs travaux de recherche.

Le processus d'évaluation des articles s'est fait en fonction de la qualité des communications et de leurs concordances avec les thèmes du colloque. Chaque communication a été examinée par deux ou trois évaluateurs du comité scientifique du colloque. De plus, une sélection spéciale des papiers se fera pour que les meilleurs travaux soient retenus pour une publication dans la revue STH (Sciences et Technologies pour le Handicap). Deux conférenciers sont invités, un chercheur « senior » qui pourra transmettre une expérience de longue date et un chercheur junior, lauréat du prix de Thèse Ifrath qui représente l'avenir de la recherche sur ce thème :

- • Le professeur Guy Bourhis, de l'Université de Lorraine qui travaille depuis de longues années sur le domaine de l'assistance aux personnes à besoins spécifiques. Il présentera une remise en question de la recherche en ingénierie de réadaptation : facteurs de réussite ... ou d'échec.
- • La lauréate du prix de thèse de l'IFRATH de l'année dernière, Mme Farah Arab, Université de Sherbrooke (Canada), qui présentera ses travaux sur la technologie mobile pour un vieillissement actif.

Le colloque « jeunes chercheuses jeunes chercheurs 2013 » se déroule en parallèle du 5ème Challenge Handicap et Technologie. Ceci devrait faciliter le dialogue et les synergies entre les participants des deux manifestations. Le challenge est organisé dans le but d'exposer des réalisations et des initiatives dans le cadre d'une compétition amicale. Il est dédié à différents acteurs : enseignants, doctorants, étudiants, lycéens, personnes handicapées, membres d'une association concernée, etc. Le but est de stimuler les initiatives de recherche et de création dans ce domaine.

Le challenge sensibilise tout particulièrement les jeunes aux handicaps et à la différence en proposant aux étudiants et lycéens des projets pédagogiques intéressants, utiles et motivants. Par ailleurs, il permet aux personnes handicapées d'être mieux informées sur les possibilités réelles d'aides technologiques. Lors de cette manifestation, un jury examinera les différents projets et en sélectionnera le meilleur pour participer à la finale du SS12 (voir http ://ss12.info/) qui aura lieu les 21 et 22 septembre 2013 au Portugal dans le cadre de la douzième conférence AAATE.

En espérant que cette édition soit fructueuse, nous vous souhaitons la bienvenue à tous.

Jaime Lopez-Krahe, Président du Comité Scientifique
Zehira Haddad, Présidente du Comité d'organisation

Comités

Comité Scientifique

Président

Jaime Lopez-Krahe	THIM, Université Paris 8

Maryvonne Abraham	Institut Telecom, Telecom-Bretagne
Dominique Archambault	THIM, Université Paris 8
Christian Berger Vachon	Université Claude Bernard-Lyon 1
Guy Bourhis	LCOMS, Université de Lorraine
François Cabestaing	LAGIS, Université Lille 1
Etienne Colle	IBISC, Université d'Évry-Val d'Essonne
Jacques Duchene	LM2S, UT Troyes
Jérome Dupire	CEDRIC, CNAM
Pierre Gaucher	Laboratoire d'informatique, Université de Tours
Antonio Pinti	LAMIH, Université de Valenciennes
Alain Pruski	LCOMS, Université de Lorraine
Anne-Catherine Scherlen	ESSILOR, Institut de la Vision, Paris
Mohand Slimane	Laboratoire d'informatique, Université de Tours
Guillaume Thomann	G-SCOP, INP Grenoble
Gérard Uzan	THIM, Université Paris 8

Comité d'Organisation

Président

Zehira Haddad	THIM, Université Paris 8

Ghaith Ali	HANDI, Université Paris 8
Tahar Ben Medjbour	HANDI, Université Paris 8
Johana Bodard	HANDI, Université Paris 8
Yong Chen	THIM, Université Paris 8
Anais Dolle	HANDI, Université Paris 8
Silvia Berenice Fajardo	THIM, Université Paris 8
Jean Philippe Etienne	HANDI, Université Paris 8
Benoit Lathiere	HANDI, Université Paris 8
Jaime Lopez-Krahe	THIM, Université Paris 8
Elka Parvanova	Accueil Handicap, Université Paris 8
Mohammed Zbakh	THIM, Université Paris 8

Table des Matières

Recherche en ingénierie de réadaptation : Facteurs de réussite ... ou d'échec .. 1
Guy Bourhis

Technologie mobile pour un vieillissement actif 3
Farah Arab, Bessam Abdulrazak

La Reconnaissance des formes dans l'enrichissement des images. Application pour l'accessibilité tactile des personnes aveugles 7
Yong Chen, Jaime López Krahe

Reconnaissance hors-contact du stress mental en utilisant la variabilité cardiaque 17
Frédéric Bousefsaf, Choubeila Maaoui, Alain Pruski

Construction d'une base de données fiable pour la reconnaissance à court terme de l'anxiété à partir du signal de pression sanguine volumique 27
Wahida Handouzi, Choubeila Maaoui, Alain Pruski, Abdelhak Moussaoui

Le mouvement des mains sur le volant des conducteurs sains, âgés et pathologiques 37
Jessica Schiro, François Gabrielli, Philippe Pudlo

Navigation en intérieurs pour non-voyants 47
Jesus Zegarra, René Farcy

Localisation indoor : vers une aide à la mobilité de personnes malvoyantes 57
Kamel Guissous, Waël Elloumi, Aladine Chetouani, Sylvie Treuillet

Logiciel de support pour l'apprentissage de l'algèbre et la communication entre personnes voyantes et non voyantes 67
Silvia Fajardo Flores, Dominique Archambault

Un produit universel pour une interface sur mesure 77
Julien Veytizou, Guillaume Thomann, François Villeneuve

Accessibilité pour les aveugles dans le cadre de la visite d'un musée 87
Godefroy Clair, Lassana Sangare, Pierre Hamant, Gérard Uzan, Jérome Dupire, Dominique Archambault

Des robots au service de l'autisme 97
Christophe Chavatte

5ème Challenge Technologie et Handicap 109

Time Access 110
Mikael Morelle

CMS Web Accessible "MHP8 CMS" 111
Tahar Ben Medjbour, Sabrina Boudjema, Pierre Charles Hanse

MARICA (Mesure des Activités Robotiques et son Impact sur les Comportements des sujets Autistes) 112
Christophe Chavatte, Valérie Vincendeau

Algebra Editor 112
Silvia Fajardo Flores, Dominique Archambault

PICTODYS 113
Rihab Ben Khedher, Soukeina Fehri, Enmar Khalis

Véhicule électrique de randonnée pour personne à mobilité réduite 114
Fouzi Chikhi

Miroir 360 115
Denis Thevenin

Projet OUI (Outil Universel d'Interfaçage) 115
Godefroy Clair, Lassana Sangare, Pierre Hamant

Fauteuil Holonome 116
Stéphane Bochard

NatBraille 116
Bruno Mascret, Frédéric Schwebel, Vivien Guillet, Alexis Fruet, Alain Mille

LSF Translator 117
Belkacem Amroun, Fiala Slimani, Abdelghani Madagh

PICTOKIDS 117
Mohammed Zbakh, Irene Lopez, Karima Ahanache, Nadege Devos

AZIMUT 118
Kamel Guissous, Waël Elloumi, Aladine Chetouani

Robot ramasseur de balle BOCCIA 118
Heimanarii Amo

Livre Tactile Interactif 119
Abdelaziz Alaoui, Aurélie Bornerand, Aurélie Casson, Émilie Martin

LUDVIN - Localisation d'un Usager Déficient Visuel en INtérieur 119
Benoît Lathière, Johana Bodard, Fadoua Laazioua

Serious Games et Handicap 120
Patrick Abellard, Dorian Abello, Pierre-Nicolas Joilan, Rémy Peretti, Cédric Charroy, Geoffrey Costa, Aurélien Rosso

Application pour l'accessibilité tactile des personnes aveugles 120
Yong Chen

Index des auteurs 121

« Recherche en ingénierie de réadaptation : Facteurs de réussite … ou d'échec »

Guy BOURHIS

LCOMS, Université de Lorraine
guy.bourhis@univ-lorraine.fr

Résumé

Depuis les années 1970 d'importants progrès ont été accomplis dans le domaine des aides techniques aux personnes handicapées. Il n'est pour s'en convaincre que de constater les nombreuses réalisations de haute technologie disponibles actuellement dans le commerce (exosquelettes permettant à des personnes paraplégiques de marcher, robots assistants, lunettes à détection d'obstacles, etc.) ou sous forme de prototypes dans les laboratoires (interfaces de commande cerveau-ordinateur (BCI), systèmes de vision artificielle pour personnes non-voyantes, etc.). Pour autant on observe un décalage entre ce qui est possible en l'état de la technologie et ce qui est effectivement utilisé à « grande échelle », c'est-à-dire par une part importante des personnes potentiellement concernées. La recherche en ingénierie de réadaptation soulève en effet des problèmes singuliers du fait du caractère « extra-ordinaire », selon les termes d'A. Newell [1], de ces personnes. L'objet de cette communication est alors de suggérer quelques éléments de réflexion sur les écueils, les facteurs de réussite ou d'échec dans la conception d'aides techniques

Une première question qui se pose est d'identifier la nature même de cette recherche. Pour beaucoup le handicap n'est qu'un champ applicatif d'études académiques : les chercheurs en robotique mobile par exemple ont trouvé un prolongement important de leurs travaux dans le développement de fauteuils roulants électriques autonomes ou semi-autonomes. Il en va de même, pour la communauté du traitement du signal, des interfaces BCI pour personnes handicapées moteur. L'ingénierie de réadaptation devient un domaine scientifique à part entière à partir du moment où l'on prend en compte le destinataire final dans toute sa complexité et dans son environnement écologique. Ceci implique d'adopter une démarche « centrée utilisateur », et nécessite également une approche pluridisciplinaire (sciences de l'ingénieur, médecine, neurosciences, psychologie, sociologie, etc.). On trouve là de fortes analogies avec le domaine de l'ingénierie humaine [2] avec une difficulté supplémentaire : l'homme en question ne suit pas forcément les lois et modèles définis pour des personnes sans déficits moteur, cognitif ou perceptuel [3], [4]. A titre d'exemple, la loi de Fitts unanimement utilisée pour mesurer les performances d'une tâche de pointage se trouve invalidée par certaines personnes atteintes d'infirmité motrice cérébrale [5].

Une mauvaise prise en compte de l'utilisateur final est en conséquence un facteur d'échec important en ingénierie de réadaptation si l'on considère que le critère de réussite dans ce domaine n'est pas uniquement la qualité des publications qui en résultent, même s' « il ne faut pas se servir du handicap comme prétexte pour masquer un manque de profondeur scientifique » [6]. Pour être réussie une aide

technique doit être « utile » et « utilisable », critères classiques en ergonomie, mais également « utilisée ». Ainsi pour une personne atteinte d'un déficit moteur sévère, conséquence par exemple d'une pathologie dégénérative comme la sclérose latérale amyotrophique, un communicateur à défilement est à même de pallier en partie son handicap de communication. Un état dépressif de cette personne peut cependant l'amener à refuser cette prothèse verbale, le refus de la communication pouvant même dans certains cas extrêmes venir de son entourage.

L'application de la robotique aux personnes handicapées moteur lors de ces trente dernières années, plus spécifiquement les bras robotisés et les fauteuils « intelligents », est particulièrement intéressante à analyser pour mesurer les facteurs de réussite et d'échec dans la conception d'une aide technique. De très nombreux fauteuils robotisés (plusieurs centaines) ont été développés dans les laboratoires sans qu'aucun n'ait abouti à un transfert industriel. Les raisons de cette situation, que l'on espère non-définitive, sont multiples : sécurité, fiabilité, acceptabilité et surtout manque de prise en compte des besoins de l'utilisateur. Ceci contraste avec les études menées en parallèle sur les manipulateurs qui ont abouti à la commercialisation de bras robotisés embarqués sur fauteuils (bras Manus, bras Jaco). Un plus grand nombre d'expérimentations en situation réelle explique peut-être cela, une majorité de fauteuils intelligents n'ayant été expérimentés sérieusement qu'en laboratoire sur des personnes valides. On peut noter aussi que le besoin en mobilité autonome (quelle fonctionnalité automatique est utile par rapport à ce que permet un fauteuil électrique classique ?) est plus difficile à définir qu'en manipulation. Enfin le coût des systèmes finaux, bras ou fauteuils, est un obstacle fort à leur diffusion.

Ce dernier point est certainement un des freins majeurs à un plus grand développement de l'ingénierie de réadaptation : le marché potentiel est souvent faible voire un marché de niche. Un moyen de contourner ce problème est d'utiliser autant que possible une base matérielle grand public. C'est le cas notamment pour les systèmes d'aide à la communication qui ont récemment fortement bénéficié des technologies multimédias, smartphones, tablettes ou autres. D'autres développements comme celui des fauteuils intelligents évoqués plus haut ne peuvent par contre profiter de ces avancées technologiques qu'à la marge. Le chercheur doit alors intégrer dès l'initialisation de ses travaux un critère non classique qui est celui du coût de la réalisation finale.

Références

1. A.F. Newell and P. Gregor, "Extra-ordinary human-machine interaction: what can be learned from people with disabilities ?", *Cognition, Technology & Work*, n°1, p.78-85, 1999.
2. H.G. Stassen, "The rehabilitation of severely disabled persons: a man-machine system approach", Advances in man-machine systems research, vol.5, p.153-227, 1989.
3. S. Keates, J. Clarkson, P. Robinson, "Investigating the applicability of user models for motion-impaired users", Proceeding of the fourth international ACM Conference on Assistive Technologies, Arlington, Virginia, United States, p.129-136, 2000.
4. S. Ghedira, P. Pino, G. Bourhis, « Conception and experimentation of a communication device with adaptative scanning », ACM Transactions on Accessible Computing, special issue on Augmentative and Alternative Communication, vol.1, n°3, article n°14, 2009.
5. A. Gump, M. LeGare, D.L. Hunt, "Application of Fitts'law to individuals with cerebral palsy", Perceptual and motor skills, 94, p.883-895, 2002.
6. J.C. Gabus, « Technologies & handicaps : notre charte », Ifrath, 2001.

Technologie mobile pour un vieillissement actif

Farah Arab, Bessam Abdulrazak

Université de Sherbrooke, Département d'informatique, et
Centre de recherche sur le vieillissement du Centre de santé et services sociaux de l'Institut universitaire de gériatrie de Sherbrooke (CSSS-IUGS)
2500 boulevard de l'Université, Sherbrooke, Québec, Canada J1K 2R1
{farah.arab, bessam.abdulrazak}@Usherbrooke.ca

Résumé. Les technologies mobiles telles que les téléphones intelligents peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de la qualité de vie des personnes âgées. Ce document vise à rendre compte de nos travaux visant la mise en place d'un ensemble de services et d'applications mobiles (Apps) permettant d'encourager un vieillissement actif. Nous nous concentrons essentiellement sur les motivations à l'origine du développement de PhonAge, un prototype de téléphone accessible aux personnes âgées pour mieux les assister dans leurs activités de la vie quotidienne.

Mots-clés: vieillissement actif, besoins, technologie mobile, évaluation.

1 Introduction

Les technologies mobiles telles que les téléphones intelligents peuvent jouer un rôle important dans l'amélioration de la qualité de vie des personnes âgées. Elles permettent de promouvoir une socialisation active, une vie autonome et un maintien de la qualité de vie lors des sorties, tout en assurant la sécurité des personnes âgées.

Le vieillissement se traduit par une diminution progressive des capacités sensori-perceptuelles, physiques et/ou cognitives [5] qui fait de l'isolement social et de l'incapacité à réaliser des tâches de manière autonome les problèmes majeurs de l'avancée en âge dans nos sociétés [8]. Face à ce constat et à la croissance de l'urbanisation, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a lancé, en 2005, une initiative internationale "Villes-amies des aînés" (VADA) pour encourager une socialisation active des personnes âgées en "optimisant les possibilités de santé, de participation et de sécurité afin d'améliorer la qualité de vie pendant la vieillesse" [13]. Cependant, cette initiative ne prend pas en compte les possibilités d'assistance que les technologies de l'information et de la communication (TIC), en particulier les technologies mobiles, peuvent offrir aux personnes âgées.

2 Vieillissement actif et vie quotidienne: quels besoins ?

Plusieurs études ont été initiées afin d'analyser les besoins des personnes âgées lors de leurs déplacements en ville [1][2][4][10][12]... Les résultats de ces travaux montrent que la sécurité est l'une des raisons qui empêchent les personnes âgées d'être actives socialement à l'extérieur de leur domicile (dans les rues, les centres commerciaux, les parcs, etc.) [1]. De nombreuses personnes âgées ont peur d'être considérées comme fragiles, d'être agressées, de se perdre ou d'être en situation d'urgence médicale (en cas de chute par exemple) [10]. Par ailleurs, le maintien d'un réseau relationnel qui favoriserait la sociabilité des personnes âgées est rendu difficile à cause de la forte diminution de la mobilité des personnes surtout à partir de 80 ans [12]. En raison de leurs limitations fonctionnelles, les personnes âgées ont alors tendance à rester davantage chez elles que le reste de la population [4]. Pourtant, l'autonomie ne se réduit pas au domicile, c'est aussi le choix et la capacité de sortir.

Les résultats de ces études viennent corroborer ceux de nos 7 études menées auprès de 190 personnes âgées de 61 à 99 ans et de 25 professionnels de santé [2][3]. Nos résultats montrent que les personnes âgées souhaitent sortir de chez elles et maintenir un lien social le plus longtemps possible avec l'extérieur mais cela est rendu de plus en plus difficile avec l'avancée en âge. Pour les personnes âgées, "*le déplacement prime... et l'autonomie! Sortir dans la rue et faire quelques courses, voir un peu de monde quand même et puis avoir des communications extérieures, pouvoir toujours être informé ou s'informer... apporter quand même un peu de soleil*" (Homme, ancien kinésithérapeute, 73 ans). Nos résultats montrent également que ce désir de sortir se traduit notamment par des besoins d'assistance pour la planification et l'organisation des activités extérieures (les courses, les promenades, les visites chez le médecin, etc.) [3].

Face à ces besoins, l'initiative VADA vise à adapter les services aux personnes âgées ayant des besoins et des capacités spécifiques [13]. L'initiative comprend 8 grandes catégories de services à savoir les caractéristiques architecturales de la ville "(1) le logement, (2) les espaces extérieurs et les bâtiments", l'environnement "(3) les transports, (4) le respect et l'inclusion sociale, (5) la participation sociale", les services "(6) le soutien et les services de santé communautaires, (7) la communication et l'information" et les politiques "(8) la participation civique et l'emploi". De notre point de vue, ces services peuvent être augmentés grâce à la technologie mobile (soit les téléphones intelligents); par exemple, la télésurveillance pour le logement (1); la navigation et l'assistance en cas d'errance pour les espaces extérieurs (2); la planification de voyage pour le transport (3); la notification d'événements contextuels pour le respect et l'inclusion sociale (4); la promotion de l'accessibilité des bâtiments pour la participation sociale (5); les services d'urgence pour le soutien communautaire et les services de santé (6) ; ou encore l'accessibilité des téléphones et des multimédias pour la communication et l'information (7) (Fig. 1).

3 Technologie mobile au service d'un vieillissement actif

Les téléphones intelligents offrent une pléthore de services et autant de possibilités d'assistance (aide à la navigation, agenda interactif, rappel d'activités, raccourcis d'appel, services d'urgence, etc.) . Pourtant, la plupart des services disponibles ne sont pas utilisés par les personnes âgées, principalement en raison d'un défaut d'accessibilité ou d'utilisabilité [1][14]. Les principales difficultés pour les personnes âgées résidant dans la quantité d'information à gérer sur un petit écran, le nombre des fonctions, le langage, la complexité de l'interface et du menu de navigation ainsi que la limite ou l'absence de possibilités de personnalisation du menu [9][11][14]. Les téléphones sont par ailleurs généralement conçus en fonction des besoins et des préférences des jeunes utilisateurs [6][7].

Pour toutes ces raisons, nous avons développé PhonAge (Fig. 2) pour promouvoir l'usage des téléphones intelligents auprès des personnes âgées et mieux les assister dans leurs activités de la vie quotidienne. PhonAge est une Interface accessible et adaptable pour téléphones intelligents qui peut accueillir différents services utiles aux personnes âgées (téléphone, agenda, navigation, liste des courses, service d'urgence contextualisé, etc.) [1].

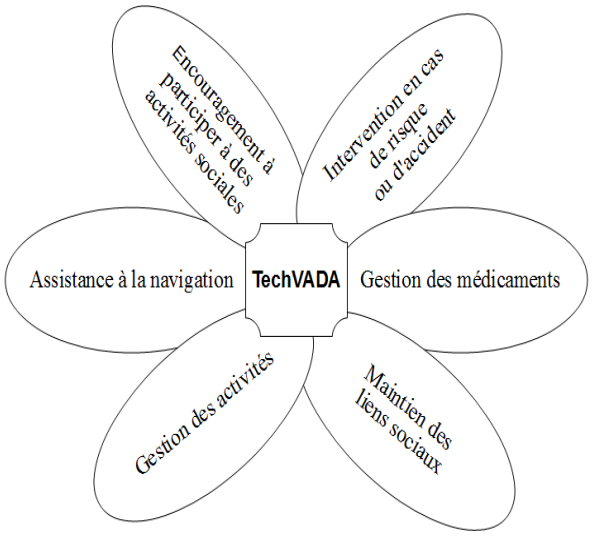


Fig. 1. Technologies d'assistance pour les VADA (TecVADA)

Fig. 2. Ecran d'accueil de PhonAge.

4 Conclusion et perspectives

Les résultats de nos études sur la technologie d'assistance montrent que les services et les systèmes d'assistance en mobilité répondent à un réel besoin des personnes âgées dont le manque de ressources pour sortir limite les déplacements. Les résultats plutôt

encourageants de la première évaluation de notre système PhonAge nous confortent dans l'idée que la technologie mobile peut promouvoir de façon sécuritaire une socialisation active ainsi qu'un maintien de l'autonomie et de la qualité de vie des personnes âgées lors de leurs activités extérieures de la vie quotidienne.

Nous encourageons la communauté des chercheurs à utiliser phonAge et restons ouverts à toute collaboration. Notre objectif est de construire une prothèse sociale qui favorise un vieillissement réussi par l'utilisation de PhonAge comme support de déploiement de services d'assistance utiles à la population vieillissante.

Références

1. Abdulrazak, B., Malik, Y., Arab, F. : PhonAge : Adapted Smartphones for aging population. 11th International conference on smart homes and health telematics, Singapore, Jume (2013).
2. Arab, F., Malik, Y., Abdulrazak, B. : Evaluation of PhonAge: An Adapted Smartphone Interface for Elderly People. 14th Conference on Human-Computer Interaction, Cape Town, South Africa, Septembre 2013 (2013).
3. Arab, F. : Quelles ressources pour le sujet vieillissant? Les ontologies, une perspective pour la conception et l'évaluation des aides capacitances. Thèse de doctorat en ergonomie et en informatique, Université Paris 8 et Université de Sherbrooke (2010).
4. Benlahrech, N., Le Ruyet, A., Livebardon, C.: La mobilité des personnes âgées. Analyse des enquêtes ménages et déplacements, Rapport d'étude du Certu, pp. 1-54 (2002).
5. Chertkow, H., Bergman, H., Schipper, H., Gauthier, S., Bouchard, R., Fontaine, S., Clarfield, A.: Assessment of suspected dementia. Canadian journal of neurological sciences, 28 (1) 28 (2001).
6. Czaja, Sara J., Chin Chin Lee : Designing computer systems for older adults. The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications (J. A. Jacko and A. Sears, eds.), pp. 413–427. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum (2002).
7. Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Sharit, J., Czaja S. : Designing for older adults: principles and creative human factors approaches. New York, CRC press (2009).
8. Helal, A., Mokhtari, M., Abdulrazak, B. : The engineering handbook of smart technology for aging, disability, and independence, Wiley. ISBN: 9783642215346 (2008).
9. Hsieh, T-L., Chou, Y-C. Wang, T., Jou, Y., Lin C. : Age and cellular phone interface design. Department of Industrial Engineering, Taiwan (2005).
10. Leclerc, N., Beaulieu, M., Gagnon, L. Elderly fear of robbery or attack: Perception of health and social support. 4th Conférence internationale du service social en santé et en santé mentale. Programme officiel. Québec, Canada, A-78 (2004).
11. Mann, W.C., Helal, S., Davenport, R.D., Justiss, M., Tomita, M, Kemp, J. : Use of cell phones by elders with impairments: Overall appraisal, satisfaction, and suggestions. Technology and Disability, 16: 49–57 (2004).
12. Pennec, S. : Les techniques favorisant la mobilité, équipements privilégiés par les personnes en situation de handicap, Cahiers de recherche Morsouin, 10, 1-9 (2005).
13. World health organization (WHO) : Global age-friendly cities: a guide, ISBN: 9789241547307 (2007).
14. Ziefle, M. & Bay S. : How to Overcome Disorientation in Mobile Phone Menus: A Comparison of Two Different Types of Navigation Aids. Human–computer interaction, 21 (4), 393-433 (2006).

La reconnaissance des formes dans l'enrichissement des images. Application pour l'accessibilité tactile des personnes aveugles.

Yong CHEN[1,1], Jaime LOPEZ KRAHE[1]
[1] Laboratoire THIM (EA4004 CHArt), Université Paris 8
2 Rue de la Liberté, Saint Denis, France
yong.chen09@etud.univ-paris8.fr

Résumé. L'objectif de notre recherche est de transformer automatiquement les informations visuelles d'une image en informations accessibles pour les personnes aveugles. Actuellement des images tactiles à usage des personnes aveugles sont créées manuellement par le travail de retouche avec des logiciels spécifiques (Figure 1). Dans cet article, nous présentons une procédure de transformation basée sur le traitement des images avec des méthodes automatiques de segmentation d'image, de reconnaissance de formes, de détection du texte, etc. Cette procédure est appliquée à des images cartographiques.

Mot clés. segmentation de l'image, reconnaissance de formes, détection du texte, algorithmes flous, Connected Component

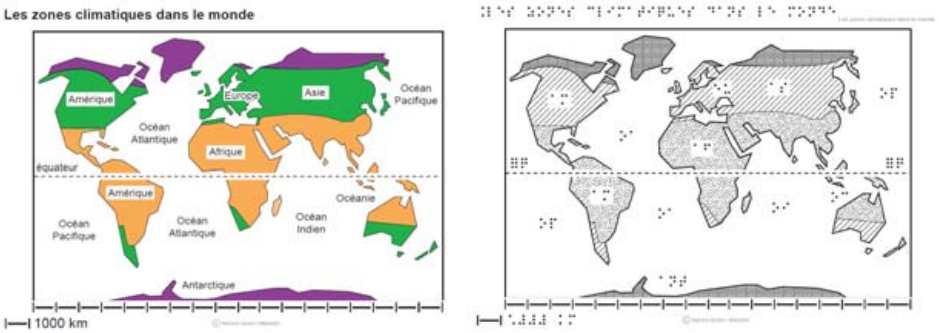


Figure 1 : Cartes géographiques en relief (www.inshea.fr).

1 Introduction

La diffusion de l'information s'effectue de plus en plus sous forme numérique, et souvent à distance, mais paradoxalement cette facilité d'accès généralisée devient une

[1] Nous tenons à remercier M Michel Bris de l'INSHEA et Mme Michèle Palauqui du Livre de l'aveugle par leurs conseils et expérience.

barrière de plus en plus infranchissable pour des personnes qui n'ont pas la possibilité d'accéder à la modalité visuelle de l'information. Les travaux qui sont présentés ici constituent une approche d'accès aux documents sous la modalité tactile. Cette problématique n'est pas nouvelle et l'accès tactile à l'information écrite est courant avec transcription braille, soit pour l'édition ou pour l'accès direct en navigation avec des interfaces tactiles adaptées (lignes braille éphémères). Cependant la présence d'images, figures et graphiques ne facilite pas le traitement automatique de ce changement de modalité. Par ailleurs le sens du toucher, bien que bidimensionnel comme celui de la vision, ne dispose pas d'une capacité de résolution ni de fréquence comparables. De ce fait, il n'est pas possible d'effectuer une transcription par un automate comme c'est le cas d'un texte en braille et il faut envisager des traitements de niveau supérieur adaptés aux images.
Dans cette étude, nous travaillons principalement sur des images géographiques, dont la demande d'accessibilité est importante dans les milieux scolaires, mais aussi dans le cadre de consultation de bases de données cartographiques.
Pour rendre l'image tactile accessible, il faudra faire des choix adéquats pour transmettre un maximum d'information pertinente et intelligible. Le nombre de textures différenciables en mode tactile sur une image est très faible, il faudra appliquer des règles de renforcement de contours, génération de textures différenciables, etc. La présence de symboles dans une légende qui se retrouvent à l'intérieur de l'image, implique un apprentissage de ces symboles, une reconnaissance dans l'image et un codage tactile spécifique pour permettre sa localisation dans l'image tactile, par exemple.
Finalement l'association de ces signes au texte de la légende et la détection et reconnaissance des textes présentés à un OCR une fois détectés et filtrés, permettent une lecture enrichie de la carte.

Le projet comporte trois aspects principaux, décrits ci-après :
1. La segmentation d'image,
2. La reconnaissance des formes,
3. La détection du texte d'une image, puis la lecture automatique par OCR

2. Segmentation d'image

Cette partie comporte les phases suivantes : la prédiction de nombre de classes, la segmentation de l'image (nous abordons ici le cas d'images en couleur), le post-traitement de chaque classe trouvée, la détection et la simplification des contours, et le remplissage de chaque classe par une texture différente dans l'espace de textures différentiables.

2.1 La prédiction du nombre de classes

Pour segmenter automatiquement une image, nous essayons tout d'abord d'établir une procédure automatique de prédiction du nombre de couleurs. Pour une image de couleur RGB de 24 bits, le nombre maximum de couleurs est :

$$2^{24}=16\ 777\ 216 \quad \textbf{(1)}$$

Nous utilisons une équation simple pour cette prédiction:

$$\text{Index}=R*256^0+G*256^1+B*256^2 \quad \textbf{(2)}$$

Avant de commencer le travail de sélection des classes à retenir, nous ajoutons une phase de prétraitement qui permet de diminuer les couleurs parasites par lissage à partir du nombre de pixels de l'histogramme de chaque canal (Figure 2). Ce nombre de pixels permet de différencier les couleurs principales (le nombre de pixels le plus élevé), des bruits (nombre de pixels le plus petit). Ces derniers sont remplacés par les couleurs principales des plus proches voisins (ppv).

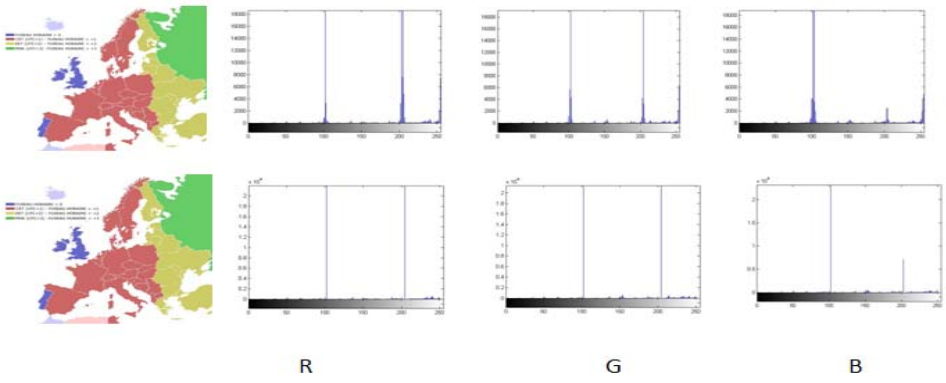


Figure 2 : Prétraitement de l'image
(En haut, l'image origine et les histogrammes de 3 canaux,En bas, l'image reconstruite et les histogrammes après le traitement.)

2.2 La segmentation de l'image

La segmentation a pour but de séparer et regrouper différentes zones homogènes avec les mêmes propriétés (couleurs, intensité, etc.) en fonction du nombre de classes (Figure 3). Il existe plusieurs méthodes de segmentation. On peut définir ces méthodes en deux types:

-La segmentation non-supervisée, qui permet de séparer automatiquement l'image en clusters naturels sans aucune connaissance préalable des caractéristiques des classes ;

-La segmentation supervisée, qui fonctionne en connaissant chacune des classes définies.

Nous avons testé la méthode de k-means [18] et la FCM (Fuzzy C-Means) [1, 5, 6], qui a donné des meilleurs résultats. Il s'agit d'un algorithme de classification non-supervisée floue. Il permet d'obtenir, pour chaque pixel, un degré (entre 0 et 1) d'appartenance à une classe donnée. Cet algorithme nécessite obligatoirement de connaitre le nombre de classes en sortie.
Dans l'espace couleur RGB, chaque pixel possède 3 caractéristiques dont les 3 intensités de 3 canaux, FCM est utilisé sur ces 3 canaux simultanément, l'image est classifiée en donnant un degré d'appartenance à chaque pixel.

Cet algorithme est décrit par les étapes suivantes:
1. Définir le nombre de classes
2. Initialiser le coefficient d'appartenance pour chaque pixel,
3. Calculer les centroïdes (barycentres) des classes,
4. Réajuster le coefficient d'appartenance suivant la position des centroïdes,
5. S'arrêter si le coefficient a une valeur constante, si non aller à l'étape 3.

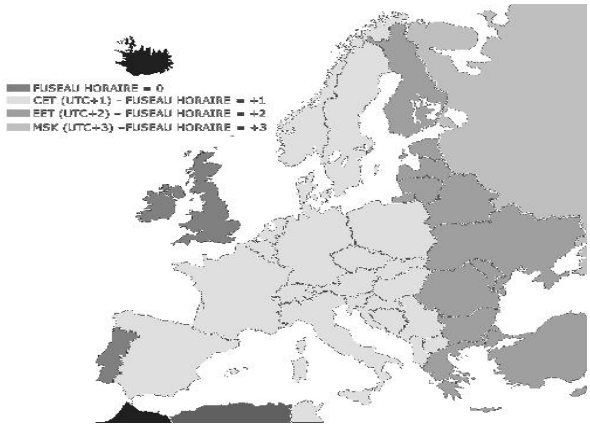


Figure 3: Segmentation avec FCM (Nombre de classe : 8)

2.3 Le post-traitement de chaque classe trouvée

Sur chaque classe trouvée, on applique un post-traitement de connexité pour améliorer le résultat.
Cette procédure comporte les étapes suivantes (Figure 4):
1. Supprimer les classes inutiles (pixels isolés, faible surface)
2. Pour chaque classe restante, enlever les pixel inutiles en utilisant l'algorithme Connected-Component[15]
3. Extraire [2, 7, 8] simplifier (filtre passe bas) et renforcer [3] le contour (les contours doivent être renforcés pour faciliter la lecture tactile)
4. Remplir la région par une texture adaptée à la reconnaissance tactile.

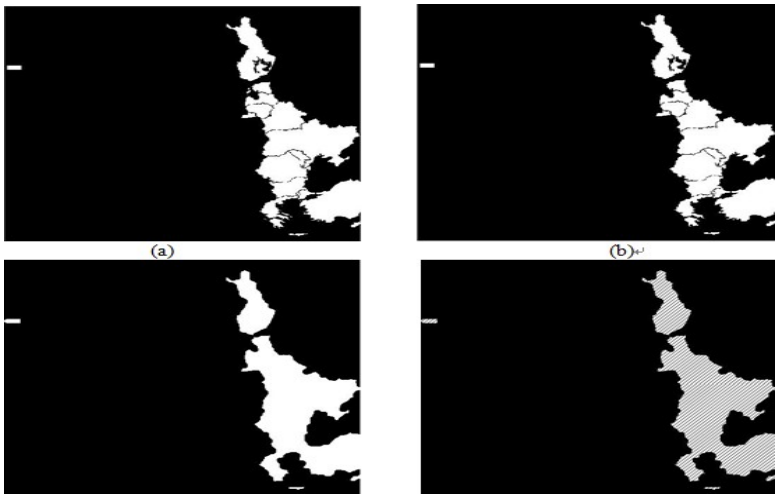


Figure 4: Le post-traitement de chaque classe
(a: classe 3, b: enlever les pixels inutiles, c: simplifier le contour, d: remplir la région par texture).

En effet, la capacité de perception haptique est très limitée, par rapport aux capacités visuelles et il faut respecter quelques contraintes pour transmettre correctement l'information sous forme tactile.

3 Reconnaissance des formes

Les légendes apportent de l'information par des formes spécifiques qui peuvent se trouver dans l'image. Nous détectons et codons ces formes pour les reconnaitre sur l'image.

Sur chaque classe trouvée, nous appliquons les algorithmes flous [4] pour la reconnaissance de formes [9, 10]. Les différentes formes ont des propriétés différentes: le nombre de sommets (Figure 5, 6), le rapport entre l'enveloppe convexe et la surface, etc. (tableau 1). Grâce à ces différentes propriétés (Figure 7), chaque candidature de forme peut être identifiée (Figure 8) dans l'image et transmise avec un code tactile spécifique décrit dans la légende.

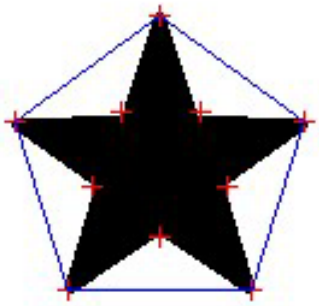


Figure 5: Les sommets d'un objet
(croix rouge: les sommets, ligne bleue: enveloppe convexe)

Sur chacune des classes trouvées, on sépare les objets pour compter ses sommets :

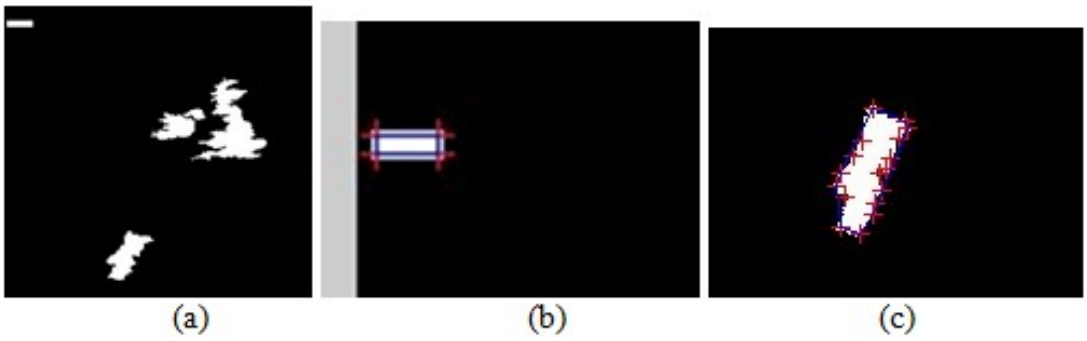


Figure 6: Calcul du nombre de sommets de chaque objet
(a: classe 2, b-c: 5 objets trouvés)

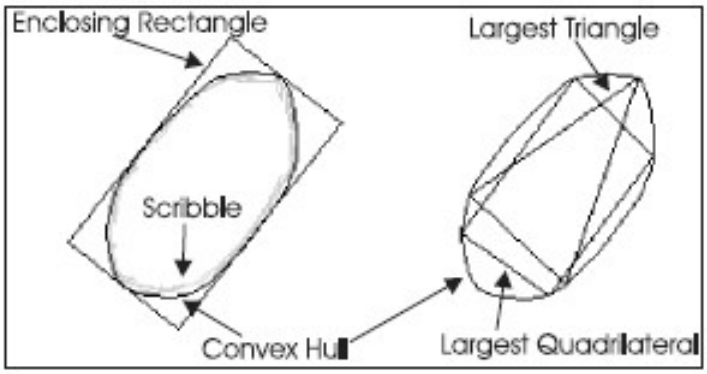
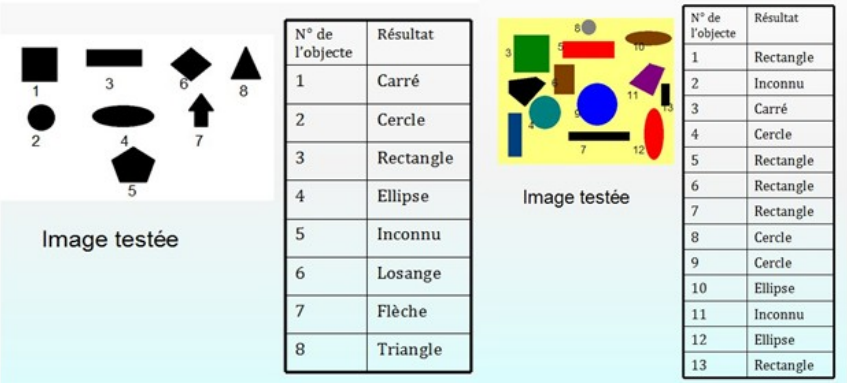


Figure 7 : Polygones utilisés pour estimer les propriétés

Tableau1, Les propriétés de forme

	Nombre de sommets	L'excentricité	P_{ch}^2/A_{ch}	A_{ch}/A_{er}	A_{lt}/A_{lq}	A_{lq}/A_{ch}
Triangle	3	X	X	X	X	X
Carré	4	0	X	X	X	X
Rectangle	4	X	X	0.9-1	X	X
Losange	4	X	X	X	0.5-0.6	X
Cercle	0	0	4π	X	X	X
Ellipse	0	X	X	X	X	0.7

(X: valeur non fixée, P_{ch}: périmètre d'enveloppe convexe, A_{ch}: surface d'enveloppe convexe, A_{er}: surface de rectangle enfermé, A_{lt}: surface de triangle maximum interne, A_{lq}: surface de quadrilatère maximum externe)



N° de l'objecte	Résultat
1	Carré
2	Cercle
3	Rectangle
4	Ellipse
5	Inconnu
6	Losange
7	Flèche
8	Triangle

N° de l'objecte	Résultat
1	Rectangle
2	Inconnu
3	Carré
4	Cercle
5	Rectangle
6	Rectangle
7	Rectangle
8	Cercle
9	Cercle
10	Ellipse
11	Inconnu
12	Ellipse
13	Rectangle

Figure 8: La reconnaissance des formes.

Cette méthode permet la reconnaissance des formes et symboles le plus couramment utilisés.

4 Détection des textes d'une image

La reconnaissance de texte comporte les étapes suivantes: le prétraitement de l'image (Figure 9), la détection et localisation de la région de texte, l'extraction de la région et l'import dans un logiciel OCR pour la reconnaissance du texte, et la transformation en braille.

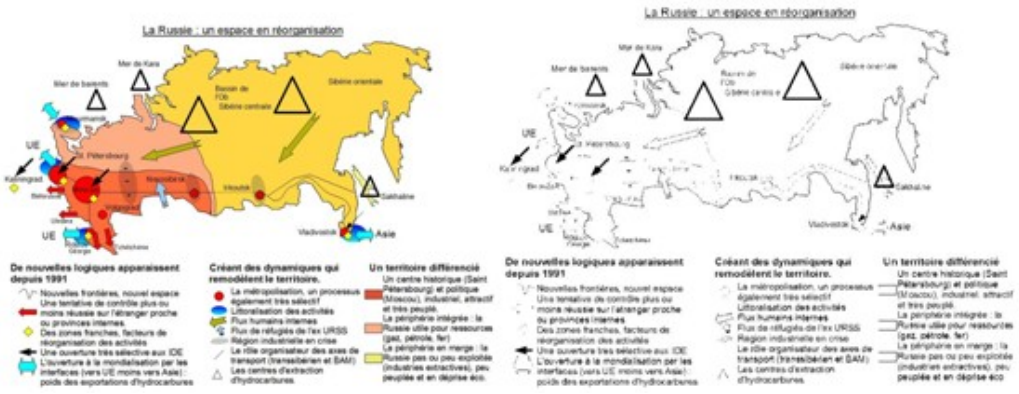


Figure 9: Filtrage des couleurs et des formes

Nous avons testé 3 méthodes différentes de la localisation de texte: filtrage par Ondelette [11, 12, 13], une méthode basée sur la distance [16], la méthode SWT [14, 17] (Stroke Width Transform).

4.1 Filtrage Ondelette:

La transformation en ondelettes est utilisée pour détecter les contours avec des orientations différentes. L'application du filtrage par ondelette sur une image se

compose d'un processus de filtrage sur l'horizontale, et ultérieurement de filtrage vertical. Les zones de texte sont généralement caractérisées par des bords à fort contraste, les coefficients de grande valeur se trouvent dans les sous-bandes de haute fréquence (Figure 10).

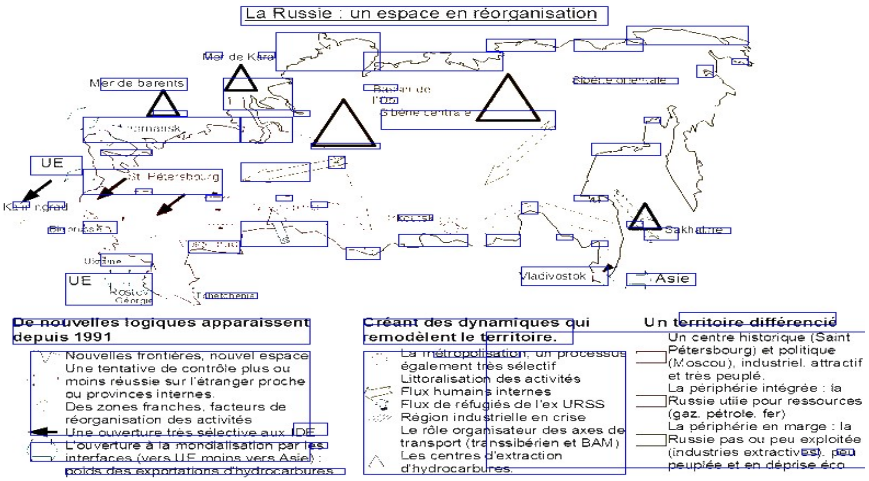


Figure 10 : Localisation de texte avec Filtrage par Ondelette

4.2 Méthodes dérivées de la morphologie mathématique :

Cette méthode se base sur les propriétés des textes dont les distances entre des lettres, des mots et des lignes, qui ont chacun une spécificité d'avoir une valeur quasi constante. En effet, les autres objets d'une image n'ont pas cette propriété (Figure 11).

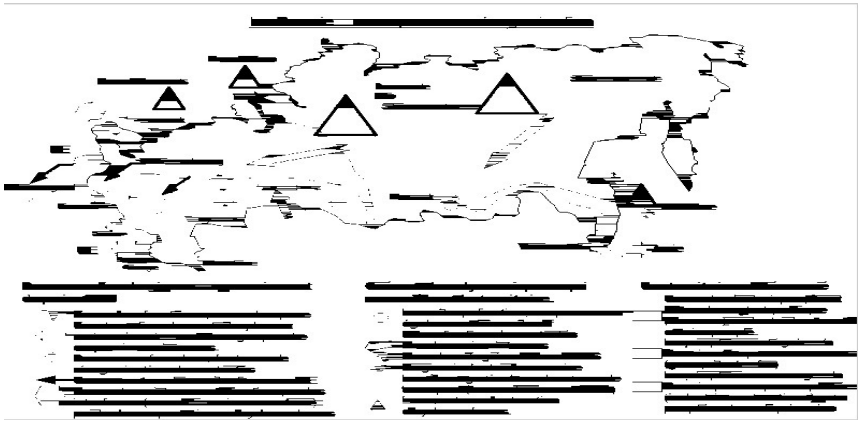


Figure 11 : Détection de texte en utilisant les distances

Il s'agit d'une segmentation par blocs en fonction d'une extraction par la configuration des blocs et leur relation entre eux. On utilise le Run Length Smoothing Algorithm (RLSA). Comparé au filtrage par ondelettes, cette méthode donne des résultats plus fiables, mais présente un inconvénient majeur qui est dû à la difficulté de trouver la bonne valeur des seuils de distances pour une image traitée pour la

première fois. A ce jour nous n'avons pas réussi à automatiser la détection de ces seuils.

4.3 SWT:

Stroke Width Transform (Figure 12) est une opération qui transforme les valeurs de couleur contenues par chaque pixel en valeurs de largeur du trait le plus probable, une caractéristique assez robuste qui permet de séparer le texte des autres éléments de l'image. Ce système peut être utilisé pour récupérer les régions qui sont susceptibles de contenir du texte quelle que soit son ampleur, la direction, la police et la langue [14].

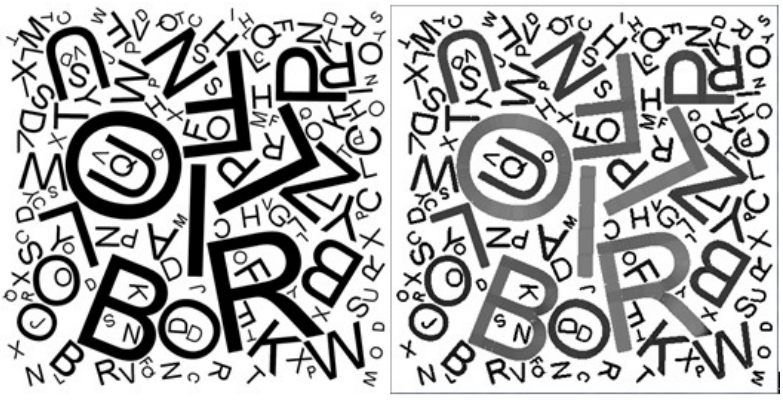


Figure 12 : classification des textes avec SWT.

5 Conclusion et travaux futurs

Ce projet étudie les perspectives de création automatique d'une image tactile, à partir d'images numériques comportant des symboles et du texte (graphiques, images géographiques, etc.). Cette image est enrichie et adaptée au sens du toucher pour la rendre accessible aux personnes aveugles. L'un des problèmes à résoudre provienne de l'absence de retour visuel de l'utilisateur, qui ne peut pas donner des renseignements utiles pour ajuster les paramètres de traitement. Les images, une fois traitées, peuvent s'imprimer en relief en utilisant les divers systèmes existants sur le marché (encres spécifiques, imprimantes à aiguilles, etc.). Il s'agit des premiers éléments de réponse à une demande d'accessibilité de quelques images numériques simples (graphiques, cartes géographiques).
Par ailleurs, cette démarche permet aussi de traiter des images des cartothèques en générant des bases de données toponymiques de ces cartes en vue d'un adressage et localisation postérieurs.
Les résultats obtenus sont, à ce jour acceptables, une optimisation des programmes est en cours et une phase de test avec des personnes handicapées visuels est en préparation.

References

1. R. Krishna Priya, C. Thangaraj et C. Kesavadas : Fuzzy C-Means method for Colour Image Segmentation with L*U*V* Colour transformation. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Special Issue, ICVCI-2011, Vol. 1, Issue 1, November 2011
2. S. Rital, H. Cherifi : Détection de contours d'images couleur par hypergraphe de voisinage spatio colorimétrique. CORESA COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels (2004). Publisher: France Telecom, Pages: 32--35
3. Chi-Man Pun et C. Lin: Shape Classification Using Contour Simplification and Tangent Function. International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing.
4. Manuel J. Fonseca et Joaquim A. Jorge : Using Fuzzy Logic to Recognize Geometric Shapes Interactively. Fuzzy Systems, 2000. FUZZ IEEE 2000. The Ninth IEEE International Conference on 7-10 May 2000
5. S. Shambharkar et S. Tirpude : Fuzzy C-Means Clustering For Content Based Image Retrieval System. ICBMG 2011, IPCSIT vol.20 (2011) © (2011) IACSIT Press, Singapore.
6. E. Narayan, Y. Birla et G. K. Tak : Enhancement of Fuzzy C-Means Clustering using EM Algorithm. International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 43– No.13, April 2012.
7. Marie-Flavie A. Fortier, D. Ziou1, C. Armenakis et S. Wang: Nouvelles perspectives en détection de contours : Textures et images multispectrales. Vision Interface '99, Trois-Rivières, Canada, 19-21 May.
8. DUAN Rui-ling，Ll Qing-xiang，Ll Yu-he : Summary of image edge detection. OPTICAL TECHNIQUE, Pékin,VlO1．31 No．3 May 2005
9. Lopez-Krahe, T. Alamo-Cantarero, E. Davila-Gonzalez: Discrete line and circles:(application to pattern recognition). ENST. D ISSN 0751-1345
10. J. Llados, E. Marti, J.Lopez-Krahe: A Hough-based method for hatched pattern detection in maps and diagrams. ICDAR '99 Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition. Page 479
11. Julinda Gllavata, Ralph Ewerth et Bernd Freisleben : Text Detection in Images Based on Unsupervised Classification of High-Frequency Wavelet Coefficients. Proceedings of the Pattern Recognition, 17th International Conference (ICPR'04) Volume 1 - Volume 01 Pages 425 - 428
12. C. Wolf, J.-M. Jolion, F. Chassaing : Détection et extraction de texte de la vidéo. INRIA, Le Chesnay, SUISSE (2002) (Monographie)
13. John D. Villasenor, Benjamin Belzer et Judy Liao: Wavelet Filter Evaluation for Image Compression. IEEE transation on image procession, vol 4, No 8, august 1995
14. Boris Epshtein Eyal Ofek Yonatan Wexler : Detecting Text in Natural Scenes with Stroke Width Transform. Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on 13-18 June 2010.
15. C. A. Bouman : Connected Component Analysis. Digital Image Processing - January 9, 2012
16. P.Chauvet, J.Lopez Krahe, E.Taflin, H.Maitre: System for an intelligent office document analysis, recognition and description. Signal Processing, Volume 32,Nos. 1-2, mai 1993, pp 161-190.
17. C. Jung, Q. Liu, J. Kim : A stroke filter and its application for text localization. PRL vol 30(2), 2009
18.C.W CHEN, J.Luo et Kevin J.Parker: Image Segmentation via Adaptive K–Mean Clustering and Knowledge-Based Morphological Operations with Biomedical Applications. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 7, NO. 12, December 1998

Reconnaissance hors-contact du stress mental en utilisant la variabilité cardiaque

Frédéric Bousefsaf, Choubeila Maaoui, Alain Pruski

Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes (LCOMS)
7 rue Marconi, 57070 Metz, France
{frederic.bousefsaf, choubeila.maaoui, alain.pruski}@univ-lorraine.fr

Résumé. Dans ce papier, nous présentons un ensemble de méthodes qui permettent de détecter des états de stress mental en utilisant des trames vidéo obtenues à partir d'une webcam bas coût. Les mesures sont réalisées spécifiquement sur les visages des participants et les algorithmes que nous proposons ont été développés de manière à ce que l'application soit robuste aux bruits générés par les mouvements de la tête. Une version interactive du test de Stroop a été employée pour induire du stress chez les 12 candidats qui ont participé à cette étude. Parallèlement, nous avons enregistré la conductance de la peau que nous avons comparée à la courbe de stress obtenue par une analyse sur la variabilité cardiaque de la webcam. Les résultats apportent une nouvelle manière de détecter des états de stress en utilisant des moyens bas coûts, offrant une alternative aux techniques conventionnelles en contact.

Mots-clés : variabilité cardiaque; hors contact; émotions; stress mental; réalité virtuelle; webcam

1 Introduction

Reconnaître l'état émotionnel d'un patient est particulièrement utile dans le cadre des thérapies basées sur la Réalité Virtuelle (RV) où les émotions sont la boucle de retour qui permet de réguler l'intensité de l'environnement virtuel [1]. Ces scènes virtuelles basées sur la physiologie sont particulièrement utilisées pour traiter des personnes atteintes de troubles anxieux et de phobies, comme les soldats ou les anciens combattants [2]. Certains signaux physiologiques, comme le rythme cardiaque (RC) et la Variabilité de la Fréquence Cardiaque (VFC) sont reconnus pour être des paramètres fiables dans le domaine de la reconnaissance des émotions [3]. Cependant, les capteurs en contact peuvent présenter des limites dans certains champs applicatifs où un spécialiste doit être physiquement présent pour poser et contrôler le bon fonctionnement des capteurs. Ces derniers peuvent gêner l'utilisateur lors du déroulement d'une activité, comme par exemple lors de situations de réhabilitation motrice ou encore pendant l'utilisation de serious games. Les capteurs en contact peuvent aussi être un frein quand ils deviennent intrusifs pour l'intimité du patient.

La mesure hors contact des signaux physiologiques peut être réalisée en utilisant des caméras thermiques infrarouges. Employée par Pavlidis et al., cette technologie permet de mesurer des données physiologique en se focalisant sur le visage [4]. De la même manière, les radars basés sur l'effet Doppler sont des capteurs hors contact qui permettent de détecter les battements du cœur [5] et la respiration [6] d'un individu. Plus récemment, les caméras numériques et les webcams ont été utilisées pour mesurer l'activité cardiaque [7] sur des visages humains afin d'en extraire les rythmes cardiaque et respiratoire. Le principe, basé sur la PhotoPlethysmoGraphie (PPG) consiste à observer les variations de lumière sur la peau du visage pour en extraire le flux sanguin et ainsi délivrer une image de l'activité cardiaque. Sun et al. [8] ont comparé les performances en termes d'extraction du RC entre une caméra numérique haute sensibilité et une webcam bas coût. Leur conclusion indique que les caractéristiques de la webcam échantillonnée à 30 fps sont comparables à celles de la caméra échantillonnée à 200 fps après avoir interpolé les signaux pour améliorer la résolution temporelle [8].

La VFC est un paramètre de santé important, utilisé également en informatique affective et en psychophysiologie pour donner une image de l'activité du Système Nerveux Autonome (SNA) afin de détecter des états de stress mental en temps réel [9]. L'analyse spectrale du SNA nous informe sur la balance sympathovagale, un index qui reflète les variations mutuelles des systèmes nerveux sympathique et parasympathique [10]. La VFC est régulière et rythmée lorsque l'individu est au calme et suit la respiration par un phénomène appelée Arythmie Sinusale Respiratoire. Au contraire, sa forme et son allure deviennent chaotiques lorsque la personne endure un stress ou une anxiété intense. L'état, donné par ces variations du rythme cardiaque, est appelée cohérence cardiaque [11]. L'extraction des signaux physiologiques par des technologies hors-contact est particulièrement intéressante pour des applications qui cherchent à comprendre et synthétiser les émotions et sentiments d'un patient. L'état émotionnel peut faire office de boucle de retour et est employé dans des applications basées sur la réalité virtuelle, comme les thérapies d'exposition par RV [12]. Le control en temps réel des signaux physiologiques permet au thérapeute qui supervise la session d'exposition de paramétrer et d'optimiser les stimuli, situations et environnements virtuels. Durant ces séries de thérapies psychophysiologiques, les capteurs en contact peuvent générer un biais en gênant le patient, ce qui se caractérise en pratique par une estimation erronée des émotions [4].

Des algorithmes basés sur l'apprentissage automatique peuvent être utilisés sur les paramètres extraits des signaux physiologiques pour automatiquement estimer l'état émotionnel [3], [13] et spécifiquement pour les états de stress [14]. Des études ont montré que seulement la VFC est utilisable pour détecter des états de stress mental [9], [15], [16]. L'ajout de modalités [17] permet d'augmenter la qualité et le nombre d'émotions reconnues en comparaison avec les approches qui reposent sur une unique modalité.

Dans cette étude, nous proposons une méthode originale qui permet d'extraire le RC instantané à partir de trames vidéo contenant des visages humains en utilisant une webcam HD bas coût. La VFC est calculée et utilisée pour reconnaitre l'état de stress mental des 12 participants qui ont participé à cette étude, pendant qu'ils utilisaient une version interactive du test de Stroop.

2 Méthodes

2.1 Extraction du flux sanguin à partir des trames vidéo

La méthode présentée dans cette étude est composée d'opérations de traitement du signal et des images (Fig. 1). Nous utilisons une caméra qui délivre des images HD, augmentant ainsi le nombre de pixels qui composent le visage et qui contiennent l'information PPG. L'acquisition et le traitement d'images HD vont parallèlement augmenter les temps de calcul. Nous avons utilisé les paramètres Pan, Tilt et Zoom de la webcam afin de garantir un temps de rafraîchissement de 30 trames par seconde. Le visage est automatiquement détecté en utilisant une cascade de classifieurs boostés sur chaque frame via la librairie OpenCV 2.1. Les paramètres Pan et Tilt sont calculés pour suivre la position du visage dans le temps, tandis que le Zoom est paramétré pour que le visage remplisse au maximum la trame d'entrée [Fig. 1 (a)]. Des opérations de prétraitement sont appliquées pour isoler les pixels de la couleur de la peau qui contiennent l'information PPG. Un filtre qui détecte la peau [Fig. 1 (b)] est utilisé pour collecter ces pixels.

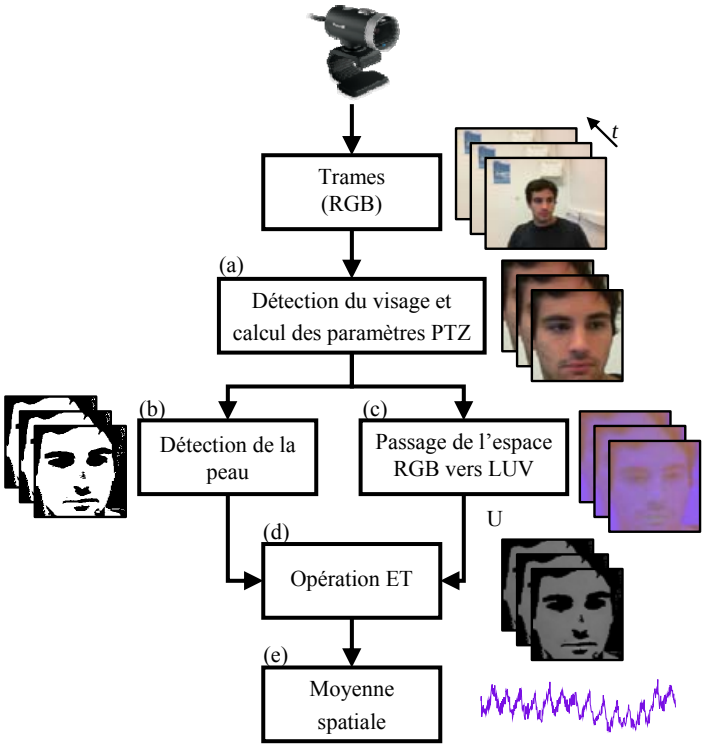


Fig. 1. Vue d'ensemble de la méthode de détection du signal PPG. (a) Les paramètres Pan, Tilt et Zoom sont calculés pour suivre le visage. (b) Les pixels qui contiennent l'information PPG sont isolés par un filtre qui détecte la peau. (c) L'espace RGB est converti vers l'espace CIE LUV. (d) La trame U de l'espace LUV est combinée à la trame de la détection de la peau. (e) Une moyenne spatiale est employée pour transformer une série de trames en un signal brut.

Des opérations de prétraitement sont appliquées pour isoler les pixels de la couleur de la peau qui contiennent l'information PPG. Un filtre qui détecte la peau [Fig. 1 (b)] est utilisé pour collecter ces pixels. L'espace colorimétrique CIE LUV a été choisi dans cette étude [Fig. 1 (c)] pour atténuer les fluctuations dues aux artefacts de mouvement et de lumière. L'oxyhémoglobine et la désoxyhémoglobine ont un meilleur coefficient d'absorption par la peau pour des longueurs d'onde comprises entre 540 et 577 nm, ce qui correspond globalement à la couleur jaune/verte [18]. L'information PPG est principalement influente sur la composante U de l'espace colorimétrique CIE LUV qui représente les couleurs comprises entre le rouge et le vert. Une moyenne spatiale est calculée sur les intensités des pixels de la composante U qui existent sur la trame de détection de la peau. Un ensemble de *n* trames donne un signal brut de *n* point [Fig. 1 (e)]. Ce signal est traité en utilisant un filtrage sur la transformée en ondelettes continue, spécifiquement pour supprimer les tendances et bruits haute fréquence [Fig. 2 (a)] dans la bande fréquentielle 0.65–3 Hz. Un algorithme a été développé pour détecter les pics et calculer le RC instantané du participant [Fig. 2 (c)].

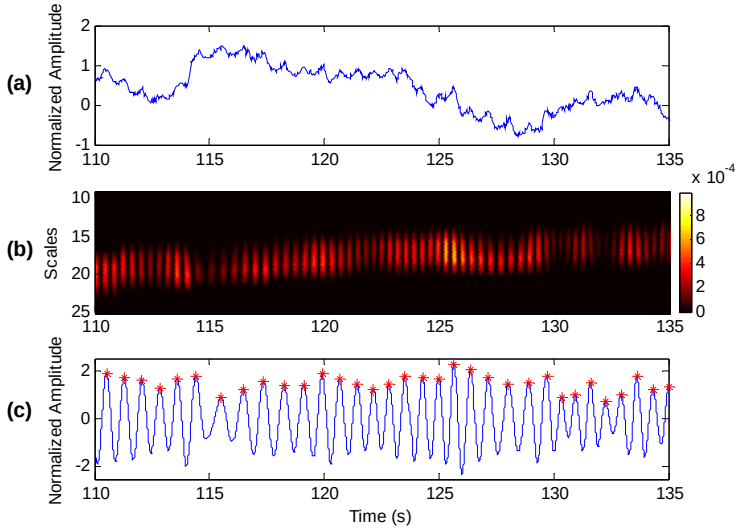


Fig. 2. Traitement du signal. Le signal brut (a) est filtré en utilisant sa transformée en ondelettes continue (b). Ce tracé est un scalogramme représentant le pourcentage d'énergie pour chaque coefficient. Les tendances et bruits haute fréquence du signal filtré (c) sont supprimées en calculant la transformée inverse dans la bande fréquentielle 0.65–3 Hz.

2.2 Une application à la détection de l'effort mental

2.2.1 Procédure

Douze étudiants (deux femmes et dix hommes) du laboratoire ont participé à cette étude. Tous les participants nous ont donné leur consentement avant le démarrage de l'expérience. Cette dernière dure de cinq à six minutes. La tache informatique que nous proposons a d'ores et déjà été utilisée dans d'autres études.

Cette dernière est basée sur une version interactive du test colorimétrique de Stroop [15]. Très brièvement, le participant à 3 secondes pour cliquer sur la zone colorée rectangulaire qui correspond à la couleur indiquée par le mot imprimé au centre de l'écran [Fig. 4 (a)]. Certains mots sont affichés dans une couleur différente du nom qu'elle indique (incongrus, comme par exemple le mot "vert" affiché en couleur bleu) tandis que les autres sont affichés dans la couleur correspondante (congrus, comme par exemple le mot "rose" affiché en couleur rose).

Les participants effectuent trois sessions (voir Fig. 3) du test interactif de Stroop. Ils démarrent avec une session d'apprentissage (SA) d'une minute afin de leurs permettre de s'habituer à l'interface et au jeu virtuel. Deux sessions de stress (SS) d'une minute chacune sont lancées par la suite. Chaque SS est séparée par une session de relaxation (SR) correspondant à une vidéo d'une minute basée sur la nature sauvage où les animaux. Dans la première SS, le participant a une minute pour cliquer correctement sur 35 zones rectangulaires. Une erreur lance automatiquement un son d'erreur et décrémente le compteur d'une unité. Une barre de progression horizontale est ajoutée en dessous du mot affiché au milieu de l'écran pour renseigner l'utilisateur sur le temps restant avant la fin de la session. De plus, une barre de progression verticale affichée à droite du mot indique le temps restant pour cliquer sur la zone colorée correspondante. La seconde SS est identique à la première, mis à part pour les positions des zones de couleurs qui se mélangent aléatoirement à chaque click juste. Cette fois, le participant doit cliquer correctement sur 40 zones. Une musique stressante est jouée pendant les deux SS et une sirène d'alarme est lancée les 10 dernières secondes.

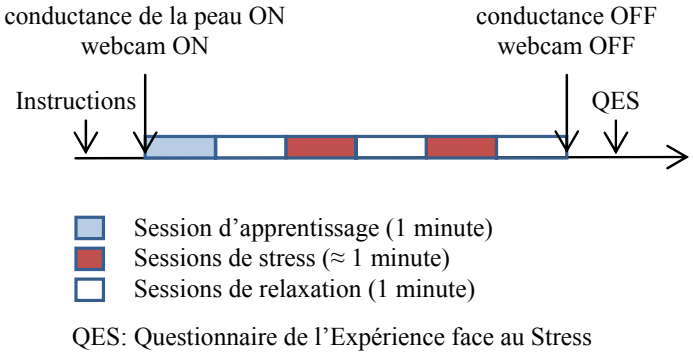


Fig. 3. Protocol expérimental.

A la fin de l'expérience, nous avons demandé aux participants de remplir un questionnaire lié à leur expérience par rapport au stress généré par l'application en utilisant une échelle de Likert sur 5 points (1 = pas du tout, 5 = Tout à fait). Les cinq paramètres suivants apparaissent dans le questionnaire : étiez-vous stressé, tendu, épuisé, concentré et stimulé. Les participants répondent ainsi deux fois à cette batterie de questions : une fois pour les sessions de stress [Fig. 4 (a)] et une fois pour les sessions de relaxation [Fig. 4 (b)]. Cette notation est utilisée pour contrôler la corrélation entre les réponses physiologiques et leur perception de l'effort mental.

Finalement, une dernière question leur est posée pour examiner les effets du mélange aléatoire des positions des zones pendant la deuxième SS. Les réponses électrodermales (RED) des participants ont été simultanément enregistrées en mesurant la conductance de la peau à l'aide d'un capteur en contact (SC-Flex/Pro by Thought Technologies Ltd.).

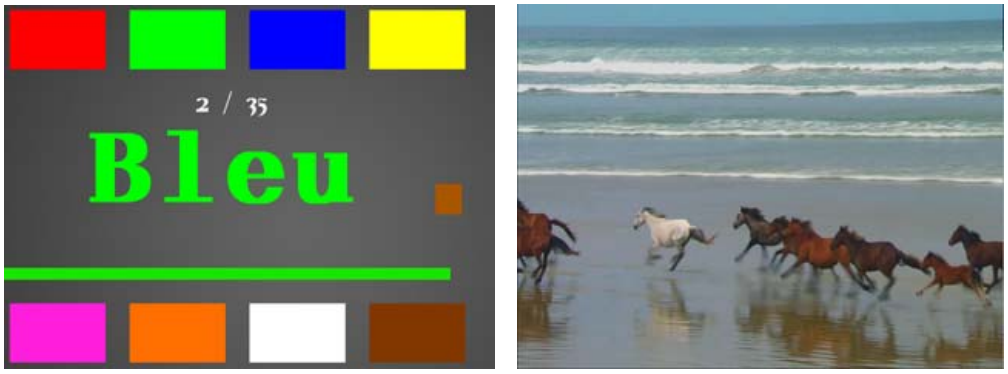


Fig. 4. Captures d'écran de l'application : La première session de stress présentant un cas incongru (a) et la première vidéo de relaxation (b) qui démarre directement après la session d'apprentissage.

2.2.2 Analyse de la VFC pour détecter des états de stress

Les opérations de traitement du signal détaillées dans la section 2.1 ont été utilisées pour extraire le RC instantané [Fig. 5 (a)] des participants. Les signaux bruts irrégulièrement distribués sur l'axe des temps sont ré-échantillonnés par une spline cubique sur 15 Hz. Le RC moyen augmente lors des périodes stressantes. Pour détecter ces variations de tendances, une moyenne glissante sur 400 points (27 secondes) est calculée à partir du signal interpolé du RC instantané [Fig. 5 (b)]. L'allure de la VFC est rythmée et régulière pendant les SR et chaotique et irrégulière pendant les SS [11]. Pour détecter ces fluctuations, nous utilisons la dérivée troisième du signal interpolé [Fig. 5 (c)]. De plus, les variations en fréquence sont détectées [Fig. 5 (d)] par un algorithme basé sur l'analyse haute fréquence de la transformée en ondelettes continue du signal interpolé.

Ces trois paramètres sont ensuite additionnés et le résultat est lissé par une moyenne glissante sur 400 points, délivrant ainsi une unique représentation de l'état de stress par une courbe (voir Fig. 6). Les points maximums et minimums sont détectés, ce qui correspond en pratique à des maximums de stress et de relaxation respectivement.

3 Résultats

Les courbes de stress ont été comparées aux RED afin de mesurer la corrélation avec les mesures de la caméra. Un exemple est présenté sur la Fig. 6 où la courbe de stress généré par la VFC est en étroite corrélation avec la RED.

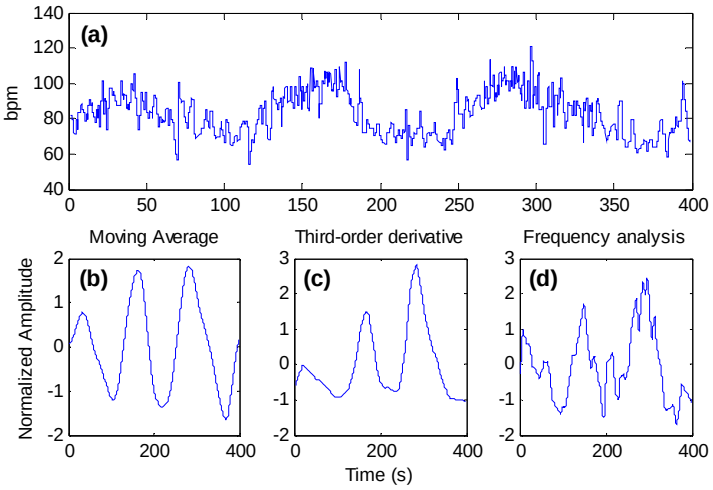


Fig. 5. Résultats de l'analyse sur la VFC d'un participant (a). Une moyenne glissante (b) est calculée sur la VFC interpolée pour détecter les variations de tendances. La dérivée troisième (c) est utilisée pour détecter les fluctuations de rythme sur la variabilité. Une analyse sur les hautes fréquences de la transformée en ondelettes continue de la VFC (d) donne une image du SNA.

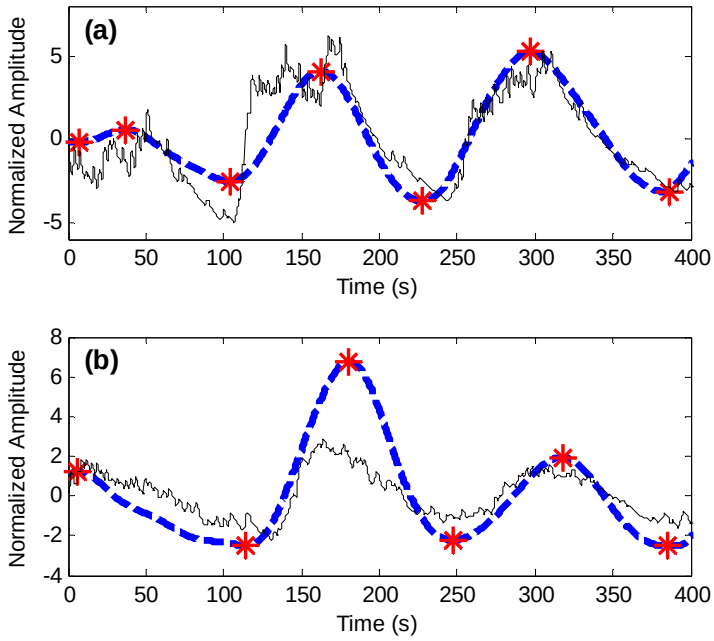


Fig. 6. Résultats de la détection du stress pour le participant #1 (a) et #8 (b). La courbe tracée avec des tirets correspond au signal de stress dérivé de la webcam tandis que celle en trait plein correspond à la RED du participant.

Des diagrammes de Tukey (boîtes à moustache) sont employés pour représenter les différences au niveau de la moyenne de la courbe de stress et des RED pour chaque session (Fig. 7). Des différences significatives sont identifiables sur les réponses des questionnaires (Tableau 1) entre les SR et les SS en suivant les facteurs *stressé*, *tendu*, *concentré* et *stimulé*. A l'inverse et toujours selon les réponses du questionnaire, le facteur *épuisé* ne présente pas de variation significative entre les différentes sessions.

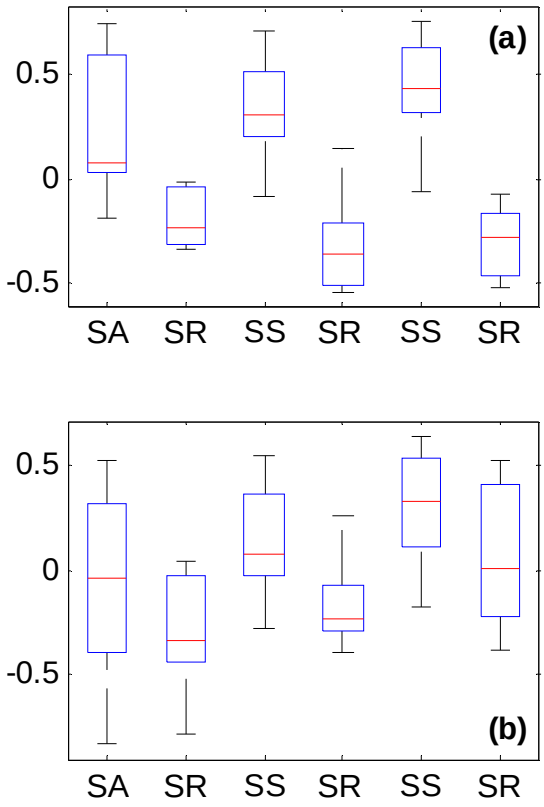


Fig. 7. Diagrammes de Tukey représentant les valeurs moyennes des courbes pour chaque session. Les mesures de la webcam (a) et les RED (b) indiquent que les moyennes augmentent significativement pendant les deux sessions de stress comparées aux moyennes des sessions de relaxation. Ces boîtes englobent les données des 12 participants de l'étude.

4 Discussion et conclusion

Détecter le RC et la VFC offre une possibilité hors contact pour mesurer l'état de stress d'un individu tout en contrôlant d'importants paramètres physiologiques. Nous avons choisi de travailler avec des webcams, une technologie accessible, pour mesurer ces données. Les résultats présentés dans cette étude démontrent qu'il est possible d'utiliser les réponses de la VFC à partir d'une webcam bas coût pour détecter des états d'effort mental. Les opérations de traitement du signal et des images présentées dans

cette étude sont robustes aux conditions d'illumination de la pièce et tolérantes face au mouvement. Les diagrammes de Tukey illustrés en Fig. 7 donnent une estimation de l'état de la courbe de stress des participants. Ces courbes tendent à décroitre, identiquement à l'allure des RED, pendant les phases de relaxations. Au contraire, les tendances de ces courbes vont progressivement augmenter pendant les sessions de stress. La disparité sur les diagrammes de la webcam [Fig. 7 (a)] est relativement élevée et nous indique que les participants étaient en moyenne plus stressés pendant la SA et les SS que pendant les SR. Ces données sont en concordance avec les réponses aux questionnaires qui reflètent l'expérience subjective des participants par rapport au stress.

Tableau 1. Résultats des questionnaires relatifs au stress.

Variable	SR	SS
Stressé	1.92 (0.99)	3.75 (0.75)
Tendu	1.58 (0.90)	3.58 (0.90)
Epuisé	1.25 (0.62)	1.83 (0.83)
Concentré	2.75 (1.42)	4.58 (0.67)
Stimulé	2.92 (1.38)	3.92 (0.79)

Ces valeurs représentent la moyenne (écart type) pour chaque facteur sur chaque participant, de 1 (pas du tout) à 5 (tout à fait).

Les clicks erronés ont été enregistrés pendant les expériences et devront être analysés dans des travaux futurs pour observer leurs impacts sur l'effort et le stress mental des participants. Le nombre d'émotions reconnues peut être augmenté en intégrant plus de modalités à l'application. Les vidéos peuvent ainsi être analysées pour proposer un système de reconnaissance des émotions multimodal. La capacité de comprendre et de détecter les émotions humaines pour les thérapies basées sur la RV permet de réguler le niveau et l'intensité des environnements virtuels proposés par les thérapeutes.

5 Bibliographie

1. Kukolja D., Popovic S., Dropuljic B., et al.: Real-time emotional state estimator for adaptive virtual reality stimulation. In: Proc. 5th Int. Conf. Foundations of Augmented Cognition. Neuroergonomics and Operational Neuroscience, pp. 175--184. San Diego, CA, USA (2009)
2. Rizzo A.A., Difede J., Rothbaum B.O., et al.: VR PTSD exposure therapy results with active duty OIF/OEF combatants. Medicine meets Virtual Reality 17, 277--282 (2009)
3. Jerritta S., Murugappan M., Nagarajan N, and Wan K.: Physiological signals based human emotion Recognition: a review. In: IEEE 7th Int. Colloq. Signal Process. Appl., pp. 410--415. Arau, Malaysia (2011)
4. Pavlidis I., Dowdall J., Sun N., et al.: Interacting with human physiology. Computer Vision and Image Understanding 108, 150--170 (2007)

5. Vasu V., Heneghan C., Arumugam T., and Sezer S.: Signal processing methods for non-contact cardiac detection using Doppler radar. In: IEEE Workshop on Signal Process. Syst., pp. 368--373. San Francisco, CA (2010)
6. Gu C., Li R., Li C., and Jiang S.B.: Doppler radar respiration measurement for gated lung cancer radiotherapy. In: IEEE Topical Conf. Biomed. Wireless Technol. Netw. Sens. Syst., pp. 91--94. Phoenix, AZ (2011)
7. Poh M.-Z., McDuff D.J., and Picard R.W.: Advancements in noncontact, multiparameter physiological measurements using a webcam. IEEE Trans. Biomed. Eng. 58, 7--11 (2011)
8. Sun Y., Hu S., Azorin-Peris V., et al.: Noncontact imaging photoplethysmography to effectively access pulse rate variability. J. Biomed. Opt. 18, 061205 (2013)
9. Hoover A., Singh A., Fishel-Brown S., and Muth E.: Real-time detection of workload changes using heart rate variability. Biomedical Signal Processing and Control 7, 333--341 (2012)
10. Appelhans B.M. and Luecken L.J.: Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. Review of General Psychology 10, 229--240 (2006)
11. Tiller W.A., McCraty R. and Atkinson M.: Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. Altern. Ther. Health Med. 2, 52--65 (1996)
12. Cosic K., Popovic S., Kukolja D., et al.: Physiology-driven adaptive virtual reality stimulation for prevention and treatment of stress related disorders. Cyberpsychol. Behav. Soc. Netw. 13, 73--78 (2010)
13. Knapp R.B., Kim J., and André E.: Physiological signals and their use in augmenting emotion recognition for Human-Machine Interaction. In: Emotion-Oriented Systems, Springer-Verlag, pp. 133--159 (2011)
14. Zhai J. and Barreto A.: Stress recognition using non-invasive technology. In: Proc. 19th Int. Florida AI Res. Soc. Conf., pp. 395--401, Melbourne Beach, Florida, USA (2006)
15. Garde A.H., Laursen B., Jorgensen A.H., and Jensen B.R.: Effects of mental and physical demands on heart rate variability during computer work. Eur. J. Appl. Physiol. 87, 456--461 (2002)
16. Hercegfi K.: Heart rate variability monitoring during Human-Computer Interaction. Acta Polytechnica Hungarica 8, 205--224 (2011)
17. Gonzalez-Sanchez J., Chavez-Echeagaray M.E., Atkinson R., Burleson W.: ABE: an agent-based software architecture for a multimodal emotion recognition framework. In: Proc. 9th Working IEEE/IFIP Conf. Softw. Archit., Boulder, Colorado, USA (2011)
18. Horecker B.L.: The absorption spectra of hemoglobin and its derivatives in visible and near infrared regions. J. Biol. Chem. 148, 173--183 (1943)

Construction d’une base de données fiable pour la reconnaissance à court terme de l’anxiété à partir du signal de pression sanguine volumique.

Wahida HANDOUZI, Choubeila MAAOUI, Alain PRUSKI et Abdelhak MOUSSAOUI
Laboratoire de Conception, Optimisation et Modélisation des Systèmes (LCOMS), université de Lorraine, Metz, France
surnom.nom@univ-lorraine.fr

Résumé : Dans cet article, nous présentons l'étude de la reconnaissance de l'anxiété induite par l'exposition à des environnements virtuels (ERV) anxiogènes. Le but de cette étude est la reconnaissance de l’état émotionnel par l'acquisition d’un signal physiologique (Pression sanguine volumique, BVP) en extrayant des paramètres pertinents. Les données recueillies sont évaluées à l'aide de la méthode des supports vecteurs machine (SVM), qui sont ensuite filtrées en se basant sur l’interprétation des paramètres choisis. Le résultat est une nouvelle base de données plus fiable pour une utilisation future dans un contexte clinique pour le traitement de la phobie sociale par thérapie cognitivo-comportementale.

Keywords: Anxiété, pression sanguine volumique (BVP), exposition à la réalité virtuelle (ERV), support vecteur machine (SVM).

1. Introduction

La phobie sociale est un trouble psychiatrique fréquent récemment appelé trouble d'anxiété sociale. Elle est caractérisée par une peur irrationnelle des différentes situations sociales qui provoquent l'évitement et par conséquent un handicap important [4]. Elle est traitée par deux approches validées: les médicaments antidépresseurs et les thérapies cognitivo-comportementales [1]. L'efficacité de la thérapie cognitivo-comportementale dans le traitement des troubles anxieux a été prouvé par plusieurs études menées dans les pays anglo-saxons depuis les années 1950 [2].

Cette technique consiste à effectuer une reconstruction cognitive par l'exposition du patient à des situations anxiogènes où il/ elle est conduit à une acceptation progressive. Traditionnellement, elle est effectuée en deux modes: en réalité « in vivo », où le patient est exposé à des situations anxiogènes réelles ou en utilisant l'imagination. Ces modes ont quelques inconvénients, notamment le coût élevé des expositions in vivo et la difficulté d'imaginer la situation anxiogène.

Ainsi, depuis de nombreuses années une nouvelle forme de technique d'exposition dans la thérapie cognitivo-comportementale a émergé. Elle utilise la technologie de réalité virtuelle (RV) connu par « in virtuo » comme un outil qui permet l’immersion du patient dans un monde virtuel où il/ elle est exposé à différents stimuli (visuels, auditifs ou autres) qui répondent aux besoins de la thérapie ciblée [3].

Le but de ce travail est le développement d'un système de reconnaissance à court terme de l'anxiété, par la sélection de plusieurs paramètres à partir du signal de pression sanguine volumique. Ce système est validé en utilisant des données obtenues grâce à une induction

d'émotion basée sur l'exposition à la réalité virtuelle. Ce système in virtuo cible le traitement de la phobie sociale, il présente de nombreux avantages :

Il contrôle la thérapie de manière progressive préservant l'intimité et la sécurité du patient. Il évalue les progrès de la thérapie par le moyen de mesures objectifs retenus et permet au thérapeute d'être plus attentif au comportement du patient.

Les signes les plus clairs de l'excitation émotionnelle sont les changements liés à l'activité du système nerveux autonome. Selon les différentes émotions, nous pouvons donc observer l'augmentation ou la diminution de la transpiration, le rythme cardiaque, la circulation sanguine de la peau (rougeur ou pâleur), l'horripilation et la motilité intestinale [12]. Leur principal avantage est que les participants ne peuvent pas consciemment manipuler les activités de leur système nerveux autonomic.

Dans la section suivante, nous présentons l'utilisation de méthodes objectives et pour la mesure de l'émotion dans différentes applications.

2. L'état de l'art:

Plusieurs études ont été menées pour la reconnaissance des émotions à travers différentes méthodes objectives. Dans ce qui suit, nous allons citer quelques-unes de ces œuvres.

Table 1. Quelques travaux sur la reconnaissance des émotions induite par différents stimuli.

Auteurs	Stimuli	Capteurs utilisés	Emotions	Paramètres	Taux de reconnaissance
Kim et al (2004) [6]	Multimodale: Visuelle, audio et cognitive	Electrocardiogramme, Activité électrodermale, température de la peau	Tristesse, colère, stress, surprise	3 paramètres statistiques et 2 paramètres spectraux	**61.76%**
Healey, Picard et al (2005) [7]	Repos, conduit en vile, et en auto route	Electromyographie, Electrocardiogramme, Activité électrodermale, Respiration, vidéo	3 niveaux de stress	9 paramètres statistiques, 4 paramètres spectraux pour la respiration	**97%**
Kim et al (2008) [23]	Music	Electromyographie, Electrocardiogramme, Skin conductance, Respiration	Positive/haut arousal, négative/haut arousal, négative/bas arousal, positive/bas arousal	14 on 110 paramètres calculés	**95%**
C. MAAOUI et al (2010) [9]	International affective picture System (IAPS)	Pression sanguine volumique Electromyographie, Skin conductance, Respiration, Skin température	6 émotions basiques	6 paramètres statistiques pour chaque signal	**92%**
Christos D. Katis et al (2010) [10]	International affective picture System (IAPS)	Pression sanguine volumique, fréquence cardiaque, conductance de la peau, respiration	Niveaux d'appréhension	7 paramètres statistiques	**84.3%**

Nous avons exposé dans la présente section les travaux de recherche concernant la reconnaissance des émotions. Plusieurs signaux physiologiques sont combinés pour renforcer le taux de reconnaissance, mais ils ont quelques inconvénients. Ils nécessitent une installation spécifique entière (électrodes, le nettoyage de la peau, etc.) et aussi des problèmes de gêne qui provoque un stress indésirables.

Pour limiter ces inconvénients, nous proposons dans ce travail l'utilisation d'un signal physiologique unique. Sachant que les variables cardiaques sont indispensables, nous choisissons le signal de pression sanguine volumique (BVP), car il est un exemple beaucoup plus pratique et facile à utiliser pour accéder à ces variables que

l'électrocardiographie (ECG) [13]. Nous expliquons également la méthodologie suivie pour la réalisation de notre système de reconnaissance de l'anxiété induite par l'ERV et l'extraction de paramètres pertinents qui va nous aider à construire une base de données fiables.

3. Méthodologie:

Après la sélection du signal BVP, il est nécessaire de définir une méthodologie pour permettre au système de traduire le signal en émotion spécifique. Un protocole expérimental détaillé doit être conçu pour permettre la réalisation de notre objectif.
Le choix de ce protocole est une étape clé dans notre étude puisque nous avons mené plusieurs tests qui ont permis à optimiser au mieux sa performance. Ces différentes étapes sont expliquées dans plus en détail dans ce qui suit.

3.1. Induction de l'émotion:

Pour obtenir une bonne reconnaissance de l'anxiété à partir du signal BVP, nous devons acquérir des données dans lequel l'influence de l'état émotionnel a été bien réfléchie. Ce travail dépend de la définition de l'émotion cible.

L'anxiété est un état physiologique et psychologique caractérisé par des composantes somatiques, émotionnelles, cognitives et comportementales. C'est une peur considéré comme une réaction normale à une situation stressante, mais devient pathologique quand il n'y a pas de véritable danger [4].

Dans la littérature, il existe plusieurs manières d'induire une émotion en utilisant le système international de l'image affective (International affective picture system, IAPS) développé par Lang et al [21], les sons, l'imagination, etc. Simple les situations réels peuvent inclure tous ces aspects mais restent difficiles à reproduire.

Nous avons donc choisi d'utiliser l'exposition in virtuo qui utilise une approche multimodale (audio, visuelle et cognitive) pour évoquer les états émotionnels.

Pour notre expérience, l'environnement virtuel utilisé est un amphithéâtre (figure 2), dans lequel le sujet doit lire un texte devant un public. Il est composé de trois étapes. La première étape : le sujet se déplace sur une trajectoire imposée pour arriver à un pupitre. Une personne dans l'environnement lui demande de lire un texte (étape 2), pour plus de réalisme, nous avons opté pour l'utilisation d'une vidéo enregistrée et le texte utilisé est en anglais pour les francophones afin d'augmenter la difficulté. La dernière étape est que le public se met à rire alors que le sujet est en train de lire le texte.

Pour l'étape de relaxation, nous avons choisi d'utiliser une scène composée d'image de fleur neutre (figure 3), accompagné d'une musique de relaxation soigneusement sélectionnée dans les œuvres du compositeur Takanashi Yasuharu [22].

Pour l'étape d'immersion, nous avons utilisé le matériel suivant: écran 24", un téléphone de la tête pour une meilleure isolation de l'environnement extérieur et d'un clavier pour la navigation (figure 2).

3.2. Le protocole d'acquisition:

Pour l'acquisition du signal BVP, nous avons utilisé l'encodeur procomp infiniti, c'est un encodeur multimode à huit canaux servant à l'acquisition des données de biofeedback en temps réel. Il dispose de 8 entrées de capteur de broches protégées, 2 canaux qui lisent les

données à 2048 échantillons / seconde et 6 chaînes qui le lisent à 256 échantillons / seconde [5].

La figure suivante illustre l'équipement utilisé et l'environnement de travail, sachant que la lumière artificielle est éteinte pendant l'expérience.

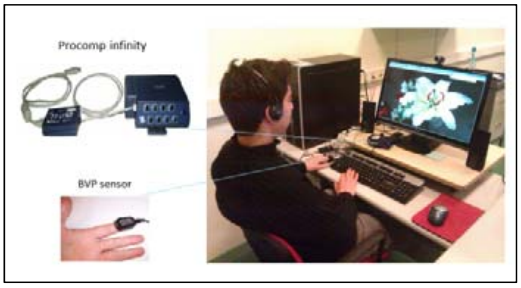


Fig. 1. L'environnement de l'expérience et le matériel utilisé.

Toutes les étapes du protocole sont présentées dans la figure ci-dessous, en précisant l'ordre de chaque étape et sa durée.

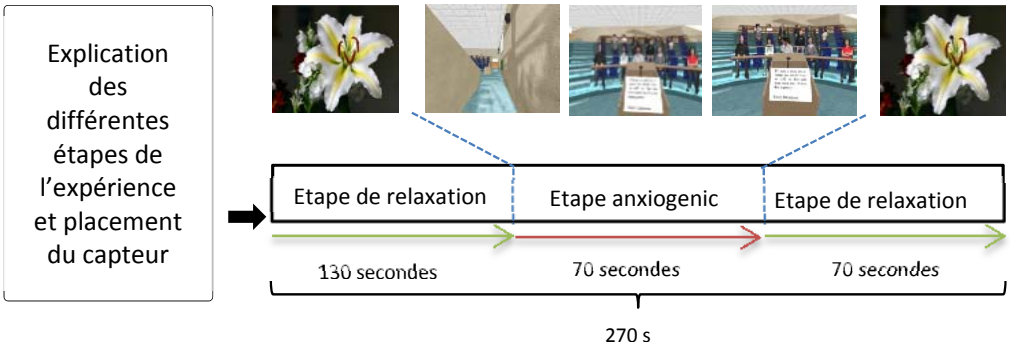


Fig. 2. L'illustration du protocole de l'expérience.

Nous n'avons pas été en mesure de trouver un indicateur fiable pour s'assurer que le sujet est dans un état émotionnel particulier. D'où l'estimation de l'état calme, l'état de stress et de vérifier ces mesures en calculant différentes fonctions dont le comportement est connu dans les références. Nous avons également opté pour une sélection spécifique de sujets que nous allons expliquer dans ce qui suit.

3.3. Sélection des sujets:

Quinze participants ont été sollicités en milieu universitaire pour réaliser l'étude (10 hommes et 5 femmes) de 23 à 26 ans. Chaque participant à compléter l'échelle d'anxiété

sociale de Liebowitz (LSAS) [20], ce qui a donné un taux d'anxiété et d'évitement par rapport à des situations sociales pour chacun des participants. Nous avons choisi ceux avec un niveau modéré d'anxiété, le totale des sujets est 14 sujets.
Par conséquent, le protocole construit est une étape nécessaire (Figure 2). Il s'est avéré fournir des données utiles à partir desquelles il est possible de dériver des paramètres pertinents. La manière dont ces paramètres ont été extraits de ce signal est montrée dans la section suivante.

3.4. Sélection des paramètres et leur traitement:

La première étape nécessaire est la détection et l'extraction des paramètres utiles porteuse d'information pour la classification. Pour cibler et faire valoir nos choix, nous allons introduire le signal de pression sanguine volumique pour trouver les meilleures caractéristiques reflétant l'anxiété. Nous citerons quelques paramètres qui peuvent être tirés de ce signal, puis nous précéderons à la sélection des plus pertinents pour le succès de notre objectif qui est la reconnaissance de l'anxiété et la construction d'une base de données fiables pour une utilisation future en clinique.

Le signal BVP est dérivé d'un capteur de photoplethysmograph (PPG) qui permet de mesurer les variations du volume du sang au niveau des artères et des capillaires en émettant une lumière infrarouge (une diode émettrice de lumière) à travers les tissus. Cette lumière infrarouge est sélectivement transmise, rétrodiffusion, réfléchie et absorbée. La quantité de lumière qui retourne au photo-détecteur d'un capteur PPG est proportionnelle au volume du sang dans les tissus. Le signal PPG représente une moyenne de tout le volume du sang dans les artères, les capillaires et tout autre tissu par lequel la lumière passe [11].

Cette section explore les avantages potentiels du traitement du signal BVP pour la reconnaissance d'émotions.

Le système nerveux autonome (SNA) est responsable de la détection de ce qui se passe dans le corps et la régulation des réponses involontaires, y compris celles du cœur et des muscles lisses (muscles qui contrôlent des choses telles que la constriction des vaisseaux de sang, les voies respiratoires et le tractus gastro-intestinal) [11].

Il y'a deux composantes de l'SNA, le parasympathique et sympathique. La composante parasympathique est responsable du ralentissement de la fréquence cardiaque et la détente des muscles lisses. La composante sympathique du SNA est responsable de l'inverse, à savoir augmenter le rythme cardiaque et la constriction des vaisseaux sanguins qui provoquent entre autres effets une augmentation de la pression artérielle. La réponse sympathique est plus lente et plus durable que la réponse parasympathique et est associée avec la réaction flight or fight. Les signaux physiologiques qui mesurent les réponses involontaires du système nerveux périphérique mesurent les aspects du système nerveux autonome [10] [11].

La vasoconstriction est contrôlée par la composante sympathique du SNA et est une réaction défensive. Il augmente en réponse à la douleur, la faim, la peur, la colère et diminue en réponse à la détente [12].

La fréquence cardiaque se rapporte à la fréquence des contractions du muscle cardiaque ou du myocarde. La fréquence cardiaque reflète l'activité émotionnelle. En règle générale, elle a été utilisée pour différencier les émotions positives et négatives. VRC se réfère à l'oscillation de l'intervalle entre deux battements consécutifs [13].

Le tableau suivant présente plusieurs caractéristiques qui peuvent être calculées à partir du signal BVP dans différents domaines d'analyse.

Table 2. Certains paramètres pertinents extraits du signal BVP.

Domaine	Paramètres	Fonctions	Interprétations
Domaine temporelle	**Interbeat intervalle (IBI)** (paramètre 1)	*IBI(i) = (max(i+1)-max(i)), (i=1:n)*	Reflète la variabilité cardiaque, cette variabilité diminue au cours du stress [10] [12] [13] [14]
	Variation d'amplitude crête-à-crête du BVP (VAB) (paramètre 2)	*Variation d'amplitude crête-à-crête du BVP = (Max(i) – Min(i))*	Fournit des informations sur l'activation du système sympathique. Si l'amplitude diminue, cela signifie que le corps est dans un état d'alerte où le système sympathique s'active [13] [14] [16].
Domaine fréquentielle	**Densité spectrale de puissance très basses fréquences (TBF)**	*TBF du RC [0.03 Hz, 0.04 Hz] ;*	Ils sont censés refléter l'activité du système nerveux sympathique en particulier [12] [18] [24].
	Densité spectrale de puissance des basses fréquences (BF, Ondes de Mayer)	*BF du RC [0.05 Hz, 0.15 Hz]*	Les faibles variations de fréquence ne sont pas influencées par le RSA et peuvent révéler l'activité de la fonction baroréflexe (sympathique et parasympathique) [12] [17] [18] [24].
	Densité spectrale de puissance des hautes fréquences (HF, Ondes de Traube-Hering) (paramètre 3)	*HF du RC [0.15 Hz, 0.4 Hz]*	Les hautes fréquences reflètent l'arythmie sinusale respiratoire (ARS) et l'activité du système parasympathique [12] [17] [18] [24].

Il est important de noter que le signal BVP nécessite généralement un prétraitement. L'utilisation d'un filtre adaptatif passe-bas permet de supprimer les artefacts et le bruit sans perte d'information. Aussi, nous procédons à un sous-échantillonnage et la normalisation de celui-ci. Tous ces processus sont illustrés dans le schéma suivant (figure 3).

Après cela, nous avons calculé plusieurs paramètres et nous les avons testés. Nous avons sélectionnés les plus pertinents c'est à dire ceux qui ont donné plus de 70% de taux de reconnaissance.

Ces caractéristiques sont calculées sur 4 secondes. Nous avons supposé qu'ils sont importants pour reconnaître l'anxiété et sensible de nous aider à filtrer notre base de données en utilisant leurs interprétations comme expliquer dans le tableau ci-dessus en évitant la redondance de l'information:

Paramètre 1: Moyenne flottante de l'IBI (MIBI).

Paramètre 2: Moyenne flottante de variation de l'amplitude crête-à-crête BVP (MVAB).

Paramètre 3: L'estimation de PSD de [0,25 Hz, 0,4 Hz]. Nous avons pris juste [0,25 Hz, 0,4 Hz] parce que nous avons fait les calculs sur une fenêtre de 4 secondes, ce qui n'est pas suffisant pour prendre toute la bande des hautes fréquences [0,15 Hz, 0,4 Hz].

Il existe de forts arguments pour le développement de systèmes qui peuvent reconnaître des émotions à partir du signal BVP. Dans ce qui suit, nous allons nous concentrer sur le processus de reconnaissance du stress en décrivant la méthodologie adoptée.

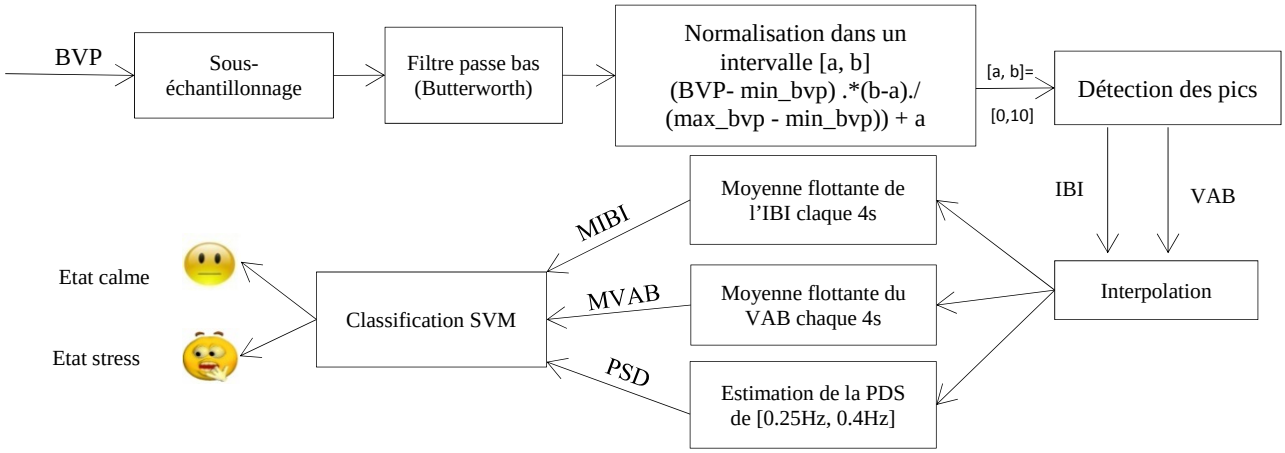


Fig. 3. Diagramme du système block

Après l'extraction des caractéristiques décrites ci-dessus, nous avons formé un classificateur SVM statistique dans le but d'apprentissage de l'émotion correspondant à un ensemble de fonctionnalités.

3.5. Classification

Nous avons utilisé un classifieur statistique séparateur à vaste marge (Support Vector Machine, SVM) [19] pour la construction du modèle, cette méthode présente les avantages suivants:

- Un faible nombre de paramètres à définir;
- Un nombre d'échantillons faible est suffisant pour soutenir la détermination des vecteurs permettant la discrimination entre les classes;
- Traitement des problèmes linéaires ou non linéaires selon la fonction de noyau.

4. Résultats et discussions:

Nous avons recueilli des données sur quatorze sujets choisis en fonction de leur niveau d'anxiété mesurée en utilisant le questionnaire de Liebowitz (LSAS).

Après avoir confirmé le bon déroulement de l'expérience, nous avons calculé les paramètres sélectionnés à partir de 40 secondes du signal recueilli sur une fenêtre de quatre secondes. Nous avons pris 40 secondes pour simplifier les calculs c'est à dire avoir dix échantillons pour chaque état du sujet, par conséquent vingt échantillons pour chaque sujet. Pour l'état calme, nous avons pris les 40 dernières secondes de la phase de relaxation, puis pour l'état d'anxiété, nous avons commencé là où le sujet se trouve en face de l'audience correspondant à la période de temps où l'enveloppe du signal est minimale (tableau 1).

Nous avons atteint un taux global de 97 pour cent pour quatre sujets. Ce résultat a été obtenu pour des bases indépendantes, l'ensemble de la base d'apprentissage se composait de 10 sujets (200 échantillons) tandis que la base de test consistait de 4 sujets (4 sujets, 80 échantillons). Cela devrait être suffisant pour soutenir que l'anxiété est bien induite par l'ERV et que le signal BVP transmet suffisamment d'informations pour discriminer entre l'état d'anxiété de l'état calme.

La matrice de confusion de l'ensemble d'apprentissage montre que nous avons beaucoup plus de confusion dans l'état de calme (5%) que l'état de stress (1%) qui conduit à poser une question: est-ce que le sujet est calme dans l'étape de relaxation et stressé dans l'étape anxiogène ?

Pour répondre à cette question, nous avons décidé de donner l'état émotionnel de chaque sujet sur l'ensemble de l'expérience et d'étudier l'évolution des paramètres. Le résultat sur un sujet est représenté dans la figure5.

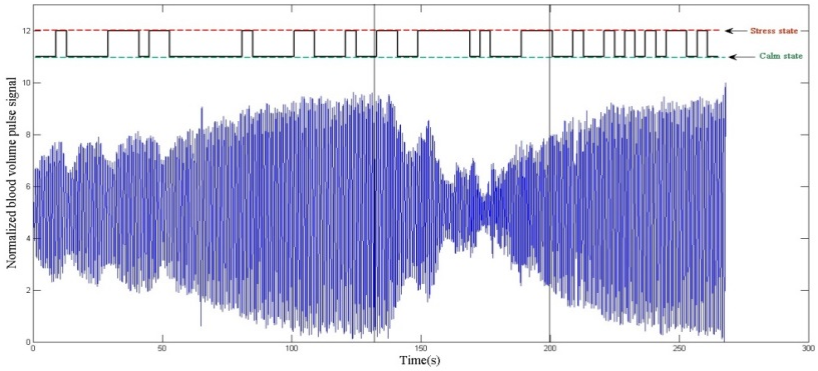


Fig. 4. Le signal BVP d'un sujet et son état émotionnel

Selon l'état émotionnel obtenu nous notons que le sujet n'est pas toujours calme en phase de relaxation et de même pour la phase anxiogène, pour expliquer ce résultat, nous avons décidé de procéder au filtrage de la base d'apprentissage. Ce filtrage est effectué par les mêmes étapes que pour la construction d'une matrice de confusion. Nous formons deux ensembles: ensemble calme et ensemble anxieux. Chaque ensemble est testé dans la base d'apprentissage. Les échantillons mal classés d'un ensemble sont retirés ou placés dans l'autre ensemble, après avoir vérifié son appartenance à un intervalle donné. Cet intervalle est déterminé par le calcul des valeurs maximale et minimale de chaque paramètre dans chaque classe.

Le résultat de cette technique est basé sur le classifieur et également sur l'évolution des paramètres. A savoir que lorsqu' un échantillon est mal classé, nous regardons l'évolution des trois paramètres, et nous décidons de lui changer de classe ou tout simplement de le retirer de l'ensemble et de mettre un autre échantillon du signal.

La matrice de confusion de la nouvelle base montre que nous n'avons pas de confusion entre l'état calme et l'état anxieux.

Nous concluons que nous sommes dans la possibilité de rendre notre base de données plus fiable en la filtrant par les interprétations données dans le tableau 1 et il est confirmé par la figure suivante dans laquelle la reconnaissance de l'état d'anxiété est améliorée. Cela prouve que la première base avait des échantillons mal classés qui faussé les résultats et prouve aussi que nous ne pouvons pas avoir un inducteur fiable a 100%. Il y a beaucoup de paramètres à prendre en compte tel que le sujet et sa perception des stimuli.

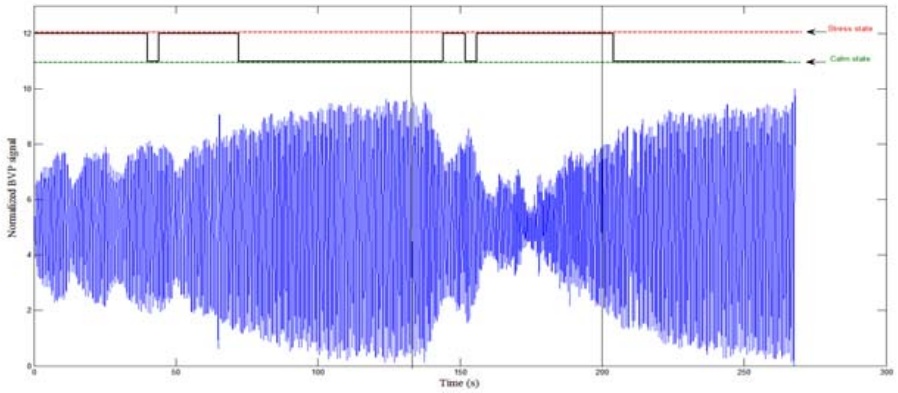


Fig. 5. Signal BVP d'un sujet et son état émotionnel après filtrage

En comparant les figures 5 et 6 nous remarquons que l'état du sujet est améliorer et suit la consigne sauf pour le début de l'expérience, ce résultats est presque le même pour tous les autres sujets.

Ainsi, dans cette étude, nous sommes en mesure d'obtenir 97% de taux de reconnaissance de l'anxiété avec des bases de données indépendantes. La performance individuelle de ces caractéristiques "Moyenne flottante de variation d'amplitude du BVP (MVAB), moyenne flottante de interbeat intervalle (MIBI), densité spectrale de puissance (PSD) de [0,25 Hz, 0,4 Hz]" est supérieure à 70%. Ces caractéristiques nous permettent de construire une base de données fiable avec une confusion minimum.

5. Conclusion et travaux future:

Ce document décrit un système de reconnaissance de l'anxiété à court terme chez des personnes saines en utilisant un seul biocapteur «signal de pression sanguine volumique » afin de réduire la gêne causée par le port de capteurs physiologiques et de ses avantages potentiels pour la reconnaissance des émotions (tableau 2). Ce système est validé en utilisant des données obtenues grâce à un stimuli basée sur l'exposition à des environnements virtuels anxiogènes (ERV) sur quatorze sujets avec un niveau modéré d'anxiété mesurée par l'échelle d'anxiété sociale de Liebowitz (LSAS) [20]. Le choix des caractéristiques est fondé sur leur pertinence et leur facilité de calcul, l'objectif était de prendre le minimum de paramètres qui reflètent l'influence de l'état émotionnel et nous aide à avoir des taux de reconnaissance maximale, tout en respectant la contrainte de reconnaissance à court terme. Nous avons décrit l'étape de la construction d'une base de données fiable utilisable pour nos études cliniques futures sur personne phobique à l'aide des paramètres pertinents sélectionnés.

Nous avons développé une approche qui pourrait être un complément dans le contexte clinique pour le traitement de la phobie sociale par thérapie cognitivo-comportementale des travaux futurs.

Enfin, nous proposons d'automatiser le système d'exposition par le niveau d'anxiété des patients qui donnera de meilleurs résultats au traitement de la phobie.

Références

[1] G. Riva, C. Botella, P. Légeron and G. Optale (Eds.) Amsterdam, IOS Press,© 2004, 2005, 2006

[2] Canceill O, Cotrraux J, et al, Psychothérapie : trois approches évaluées. Expertise collective. INSERM, 2004.
[3] A. Moussaoui, "Design, analysis and implementation of a system for automatic selection of scenes in the context of therapy scenario for virtual social phobia", PhD thesis, Université Paul Verlaine, Metz, 2010.
[4] American Psychiatric Association (Corporate Author), Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders DSM-IV-TR Fourth Edition (Text Revision), 4th ed. 2000.
[5] http://www.thoughttechnology.com/pdf/manuals/SA7913%20V5.1.2%20BioGraph%20Infiniti%20Getting%20Started%20.pdf
[6] K.H. Kim, S.W. Bang, S.R. Kim, Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals, Med. Biol. Eng. Comput. 42 (3) (2004)419–427.
[7] J. A. Healey et R. W. Picard, « Detecting Stress During Real-World Driving Tasks Using Physiological Sensors », 2005.
[8] J. Kim, "Bimodal Emotion Recognition using Speech and Physiological Changes," Robust Speech Recognition and Understanding, pp. 265-280, 2007.
[9] C. Maaoui et A. Pruski, « Emotion Recognition through Physiological Signals for Human-Machine Communication », in Cutting Edge Robotics, Edited by Vedran Kordic, 2010.
[10] Christos D. Katsis, Nikolaos S. Katertsidis, Dimitrios I. Fotiadis, « An integrated system based on physiological signals for the assessment of affective states in patients with anxiety disorders », Biomedical Signal Processing and Control 6 (2011) 261– 268.
[11] Paolo Petta • Catherine Pelachaud • Roddy Cowie, Emotion-Oriented Systems, Cognitive Technologies ISSN 1611-2482. 2011.
[12] Sylvia D. Kreibig, « Autonomic nervous system activity in emotion: A review », Biological Psychology 84 (2010) 394–421.
[13] E. Peper, R. Harvey, I-Mei Lin, H. Tylova, D. Moss, "Is There More to Blood Volume Pulse Heart Rate Variability Than, Respiratory Sinus Arrhythmia, and Cardiorespiratory Synchrony? "Psychophysiology, Biofeedback Volume 35, Issue 2, p. 54-61, 2007.
[14] L. Izso et E. Lang, « Heart period variability as mental effort monitor in Human Computer Interaction », BEHAVIOUR & INFORMATION TECHNOLOGY, vol. 19, no 4, 297‑306, 2000.
[15]
[16] M. Cannesson, C. Besnard, P. G Durand, J. Bohé and D. Jacques, « Relation between respiratory variations in pulse oximetry plethysmographic waveform amplitude and arterial pulse pressure in ventilated patients », Critical Care 2005, 9:R562-R568 (DOI 10.1186/cc3799).
[17] T. J.M. Overbeek, A. van Boxtel, J. H.D.M. Westerink, « Respiratory sinus arrhythmia responses to induced emotional states: Effects of RSA indices, emotion induction method, age, and sex », *Biological Psychology 91 (2012) 128– 141*.
[18] Xiaoxiao Chen and Ramakrishna Mukkamala, « Selective quantification of the cardiac sympathetic and parasympathetic nervous systems by multisignal analysis of cardiorespiratory variability », *Am J Physiol Heart Circ Physiol 294: H362–H371, 2008*
[19] V. N. Vapnik, An overview of statistical learning theory, IEEE Trans. Neural Network.Vol. 10, 1999, pp. 988-999.
[20] R. G. Heimberg, K. J. Horner, H. R. Juster, S. A. Safren, E. J. Brown, F. R. Schneier and M. R. Liebowitz (1999). Psychometric properties of the Liebowitz Social Anxiety Scale. Psychological Medicine, 29, pp 199-212.
[21] Lang, P. J., Ohman, A., and Vaitl, D. (1988): 'The international affective picture system (photographic slides)'. Center for Research in Psychophysiology, University of florida, Gainesville, USA
[22] "http://en.wikipedia.org/wiki/Yasuharu_Takanashi"
[23] Jonghwa Kim and Elisabeth Andre, « Emotion Recognition Based on Physiological Changes in Music Listening », *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 30, NO. 12, DECEMBER 2008.*
[24] M. Brennan, M. Palaniswami and P. Kamen, Trad., « Poincaré plot interpretation using a physiological model of HRV based on a network of oscillators ».

Etude du positionnement des mains sur le volant pour des conducteurs jeunes, âgés et pathologiques

Jessica Schiro, François Gabrielli, Phiplippe Pudlo

UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes, France
CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes, France,
philippe.pudlo@univ-valenciennes.fr

Résumé. L'objectif de cet article est d'étudier le positionnement des mains sur le volant pour des conducteurs jeunes et âgés sans déficiences motrices et pour des conducteurs jeunes ayant des déficiences motrices du membre supérieur. Cette étude compte 70 conducteurs : 23 sujets jeunes, 16 sujets âgés et 31 sujets avec déficiences. Le dispositif expérimental se compose d'un simulateur de conduite, de 10 caméras Vicon® et d'un visuel mettant le conducteur en situation de manœuvres à basse vitesse. Un indicateur numérique permet de classer les sujets dans différents profils : croiseurs, non croiseurs et croiseurs asymétriques. Les résultats ont montré une certaine répétabilité du positionnement des mains sur le volant. Les résultats montrent également, que les conducteurs avec des déficiences motrices, à la différence des conducteurs jeunes et âgés, sollicite plus la partie haute du volant lorsqu'ils croisent les mains alors qu'ils utilisent la partie basse lorsqu'ils ne croisent pas les mains.

Mots clés: position des mains sur le volant, conduite à basse vitesse, vieillissement, handicap

1 Introduction

La littérature s'est intéressée à la position des mains sur le volant lors de l'insertion du véhicule dans un trafic dense [1,2], lors de la conduite sur route [3,4] ou en fonction du genre [5]. A notre connaissance, aucune étude n'a mis en évidence de différences dans une population âgée ou ayant des déficiences motrice des membres supérieurs lors de manœuvres à basse vitesse. Pourtant, la tâche de tourner volant implique une grande mobilité des membres supérieurs, lors de telles manœuvres, souvent réduite pour ce type de population.

Une analyse spatiale du mouvement des mains sur le volant a été réalisée lors d'une première étude pour des sujets jeunes sans déficience motrice à l'aide de densitogrammes [7]. Cet outil graphique permet d'expliciter le positionnement des mains du conducteur sur le volant. Cette étude a mis en évidence trois profils différents de mouvement des mains : les croiseurs (i.e. les mains se croisent dans la partie haute du volant), les non croiseurs (i.e. les mains ne se croisent pas, c'est-à-dire aucune main passe l'une au dessus de l'autre) et les croiseurs asymétriques (i.e. une seule main croise ou autrement dit, passe au dessus de l'autre dans la partie haute du volant). Les résultats ont montré que les conducteurs jeunes sans déficience motrice

ont tendance à croiser les mains lors de situations de manœuvres à basse vitesse. Ces résultats sont conformes aux recommandations de la NHTSA [6] qui incitent à croiser les mains pour avoir une meilleure réactivité dans son action sur le volant et dès lors, un meilleur contrôle du véhicule lors de situation de manœuvres à basse vitesse.

L'article présent s'intéresse aux mouvements des mains sur le volant pour des populations de conducteurs âgés ou avec des déficiences du membre supérieur et compare ces résultats avec ceux de sujets sans déficiences. Il vise à répondre à deux interrogations : est-ce que ces trois populations présentent des profils différents ? Existe t-il une répartition différente dans les profils ?

Cet article est présenté comme suit : une partie méthode présente la population étudiée, la plateforme et le protocole expérimental. Cette partie reprend la méthode originale des densitogrammes de [7] et calcule un indicateur numérique de positionnement des mains sur le volant. La partie suivante expose les résultats : la répétabilité des conducteurs, la répartition des profils dans la population testée et la description du mouvement des mains. Dans une dernière partie, les résultats sont discutés et les perspectives sont données.

2 Méthode

2.1 Sujets

70 sujets ont participé à l'étude : 23 sujets jeunes, 16 sujets âgés et 31 sujets avec déficiences. Ils sont classés en 3 groupes nommés : sujets jeunes, sujets âgés et sujets pathologiques. Les sujets pathologiques regroupent des conducteurs ayant des maladies évolutives (i.e. sclérose en plaque, myopathie, polyarthrite…). Pour cette étude, les sujets doivent au moins satisfaire les seuils d'amplitudes articulaires fixés dans la table 1, pour les 2 bras. L'indice de masse corporelle de tous les sujets est inférieur à 30.

Table 1: Amplitudes articulaires minimum requises du membre supérieur

Membres supérieurs, seuils d'inclusion (mesure au goniomètre manuel)	Epaule	Abduction	10°
		Adduction	10°
		Antéro pulsion	60°
		Rétro pulsion	0°
		Rotation externe	10°
		Rotation interne	45°

Les sujets sont tous titulaires du permis de conduire. Le détail des caractéristiques des sujets ayant participés à l'étude est présenté table 2.

Table 2 : Caractéristiques de la population de l'étude

Sujets jeunes (N=23)	Age : 30,3 ans (11,1) Taille : 1,73 m (8,9) Masse : 74,2 Kg (17,1)
Sujets ages (N=16)	Age : 76,0 ans (4,2) Taille : 1,66 m (0,1) Masse : 74,9 Kg (12,7)
Sujets avec déficiences (N=31)	Age : 48 ans (13,6) Taille : 1,71 m (0,1) Masse : 73,2 Kg (13,7)

Chacune des mains du conducteur est équipée de 2 marqueurs auto-réfléchissants disposés sur le métatarse 2 et le métatarse 5.

2.2 Plate forme expérimentale

Le simulateur de conduite VolHand est utilisé [8]. Ce simulateur permet l'immersion du sujet dans le poste de conduite notamment grâce à un retour d'effort dans le volant. 10 caméras Vicon® sont disposées autour du simulateur. Un écran est placé en face du simulateur pour la projection du scénario de conduite.

2.3 Protocole expérimental et scénario de conduite

Le sujet s'installe dans le simulateur de conduite VolHand. Pour familiariser le sujet avec le simulateur et la consigne, une phase d'apprentissage est proposée. A l'issue de cette phase d'apprentissage, les sujets débutent la phase expérimentale. Ils réalisent 6 scénarii de conduite de manœuvre à basse vitesse de 2min chacun. Un scénario se compose de l'angle au volant de 7 virages entrecoupés de lignes droites [9]. L'ordre des virages est différent pour chaque scénario. L'ordre de passage des scénarii est le même pour tous les sujets .Un temps de pause (30 s) est prévu entre chaque répétition des scénarii.

Lors de cette phase expérimentale, les sujets ont pour consigne de maintenir une pastille verte, représentative de la position du volant, sur une ligne représentative de l'angle au volant, projetée en 2D sur l'écran et défilant vers le bas.

2.4 Indicateur numérique et statistique

La position des mains est étudiée à partir de la cinématique 3D des mains sur le volant. La position de la main est assimilée au centre du segment des marqueurs disposés sur la main. Seul le mouvement des mains dans le plan du volant est considéré. Les indicateurs numériques I_n=%Hr→l et I_n=%Hl→r représentent

respectivement le pourcentage de temps où la main droite est à gauche du volant et la main gauche à droite du volant. Ils sont calculés selon eq.1 :

$$\%_{Hr\rightarrow l} = t_{Xr<0}\times 100/t_{exercice} \qquad \%_{Hl\rightarrow r} = t_{Xl>0}\times 100/t_{exercice} \quad \text{(eq.1)}$$

Cet indicateur permet de définir le profil du conducteur avec :

- Profil croiseur (C), lorsque $\%Hr\rightarrow l > 10\%$ et $\%Hl\rightarrow r > 10\%$;
- Profil Non croiseur (NC), lorsque $\%Hr\rightarrow l < 10\%$ et $\%Hl\rightarrow r < 10\%$; et
- Profil croiseur asymétrique (Cas), lorsque $\%Hr\rightarrow l < 10\%$ et $\%Hl\rightarrow r > 10\%$ ou $\%Hr\rightarrow l > 10\%$ et $\%Hl\rightarrow r < 10\%$.

Une analyse statistique est réalisée sur I_n pour tester la répétabilité de la position des mains des sujets entre chaque scénario. L'hypothèse nulle (H_o) posée est : il n'y a pas de différences significatives entre les répétitions des scénarii. Pour vérifier H_o ($p>0.05$), le test de l'ANOVA de Friedman est utilisé.

Une seconde analyse s'intéresse à la répartition et à la description des 3 profils de conducteurs cités dans [7] dans chacune des populations de l'étude.

2.5 Les densitogrammes

Les densitogrammes sont utilisés pour représenter le positionnement des mains sur le volant. Ces graphiques permettent de repérer les zones du volant les plus sollicitées à partir de l'épaisseur et de la couleur du trait (i.e. noir = pas de sollicitation, blanc = nombreuses sollicitations) représentatif de la trajectoire des mains au cours d'un scénario (Fig. 1)

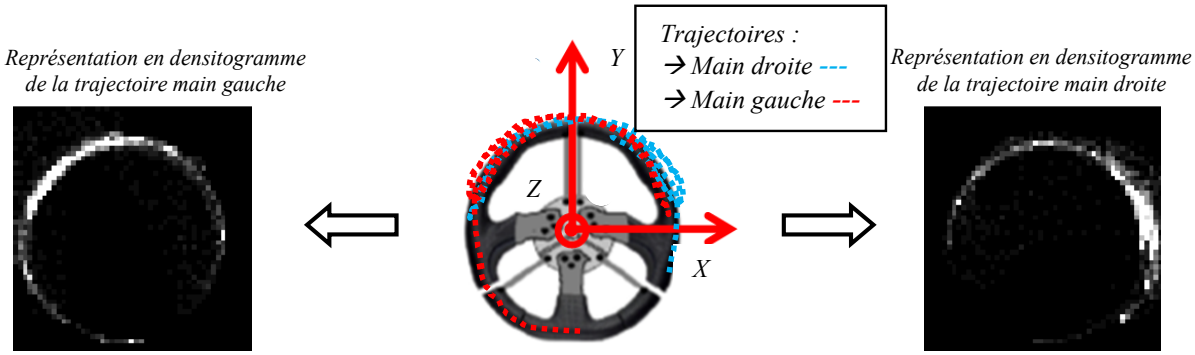


Fig. 1 : exemple de densitogrammes pour un sujet sur le scénario 1, obtenu à partir des trajectoires bleues de la main droite et rouge de la main gauche sur le volant. Lorsque le trait est blanc et épais, la zone concernée est fortement sollicitée par la main.

3 Résultats

Comme pour les sujets jeunes, les résultats de l'ANOVA de Friedman montrent qu'il n'y a pas de différences significatives entre les répétitions des scénarios pour les indicateurs I_n si on écarte le scénario 1 pour les sujets âgés (p=0.11) et avec des déficiences (p=0.35). Ceci est représentatif d'une constance dans les variables des I_n qui pourrait traduire une certaine répétabilité intra-sujets : les conducteurs modifient peu le mouvement des mains sur le volant dans des situations de manœuvres à basse vitesse.

Les résultats suivants sont basés sur les I_n calculés lors du scénario 3. Comme pour les sujets sains, le profil dominant des trois populations est le profil croiseur. Mais, les résultats montrent également que le nombre de non croiseurs est plus important chez les sujets pathologiques avec près de 40% de la population (Fig. 2).

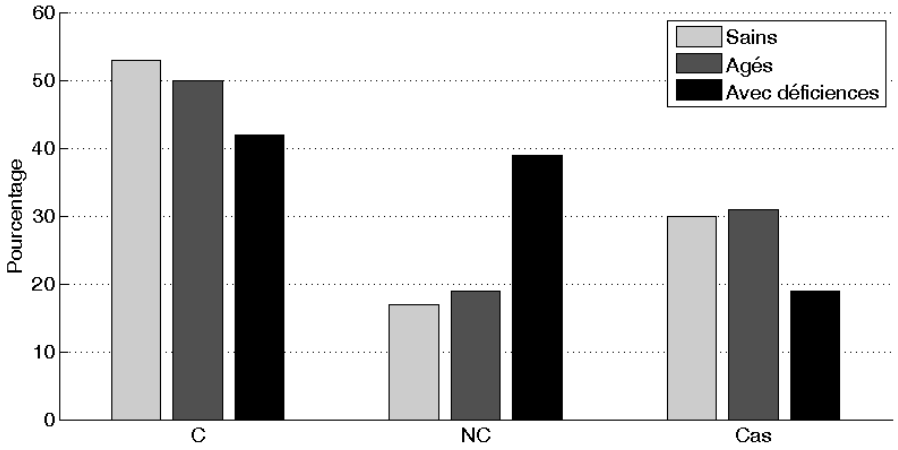
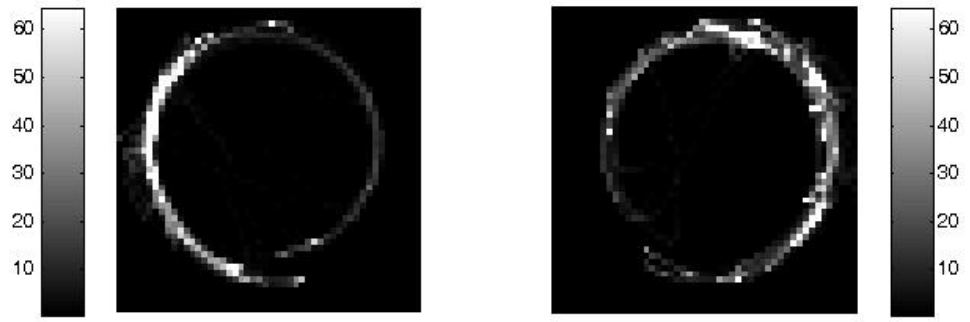
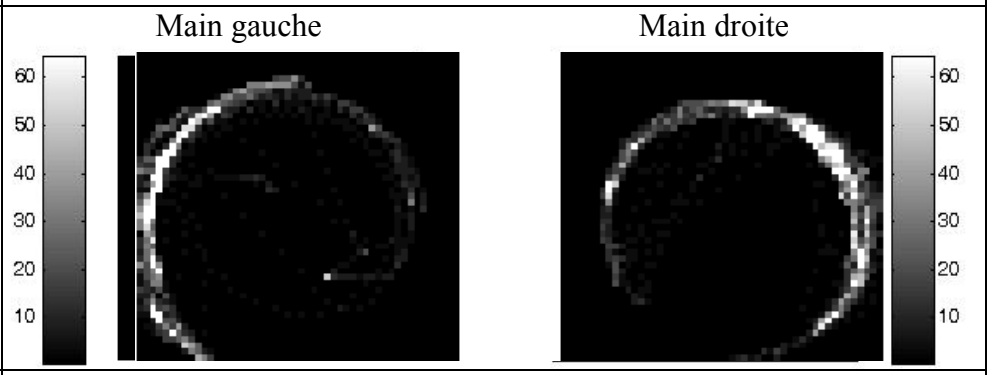
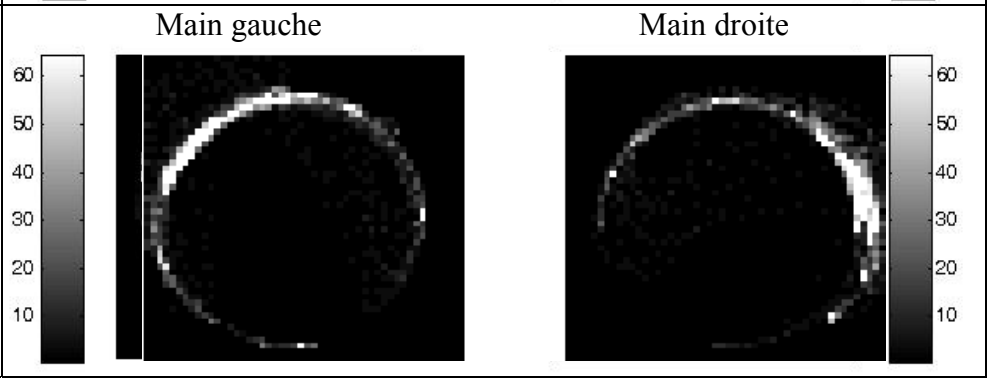


Fig. 2: répartition des profils croiseurs (C), non croiseurs (NC) et croiseurs asymétriques (Cas) dans les 3 populations

Les densitogrammes des profils types pour chaque groupe de conducteurs sont présentés ci-dessous. Cette partie s'intéresse principalement à la description graphique de la position des mains sur le volant.

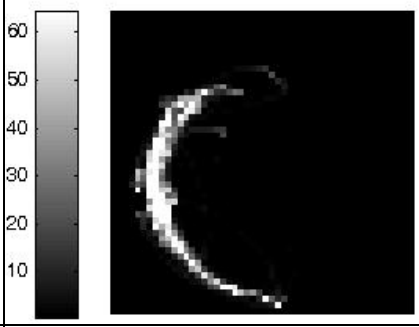
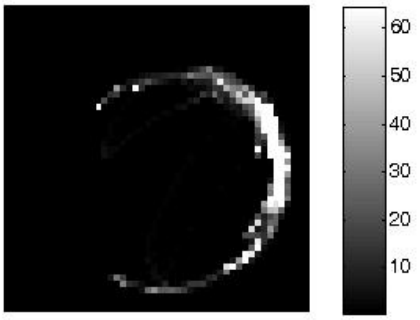
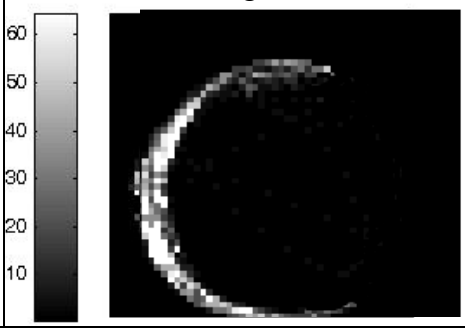
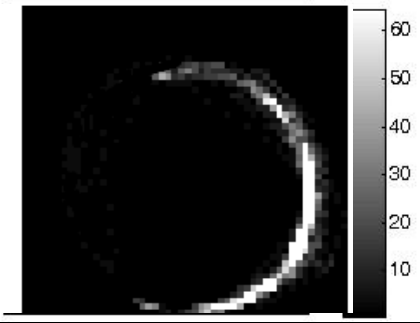
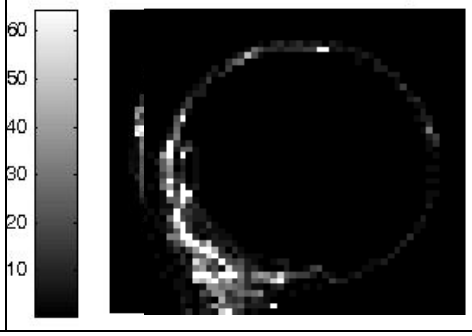
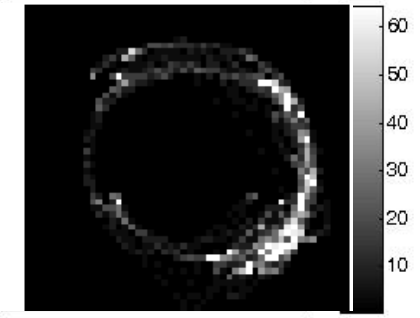
La table 3 présente les densitogrammes types pour les conducteurs jeunes, âgés et avec déficiences pour le profil croiseur. Les densitogrammes des sujets jeunes et âgés sont semblables : le volant est sollicité fortement par la main gauche à gauche (cf. trait blanc) avec des passages furtifs de cette main dans la partie droite du volant (cf. trait gris foncé). Ce comportement est identique pour la main droite. Par contre, les sujets avec déficiences sollicitent plus fortement (cf. trait blanc épais) la partie haute droite et gauche du volant avec respectivement les mains droite et gauche.

Table 3 : Densitogrammes types du profil Croiseur (C) pour les 3 populations : jeunes, âgés et avec déficiences

Croiseurs	Densitogrammes
Jeunes	Main gauche / Main droite 
Agés	Main gauche / Main droite 
Avec déficiences	Main gauche / Main droite 

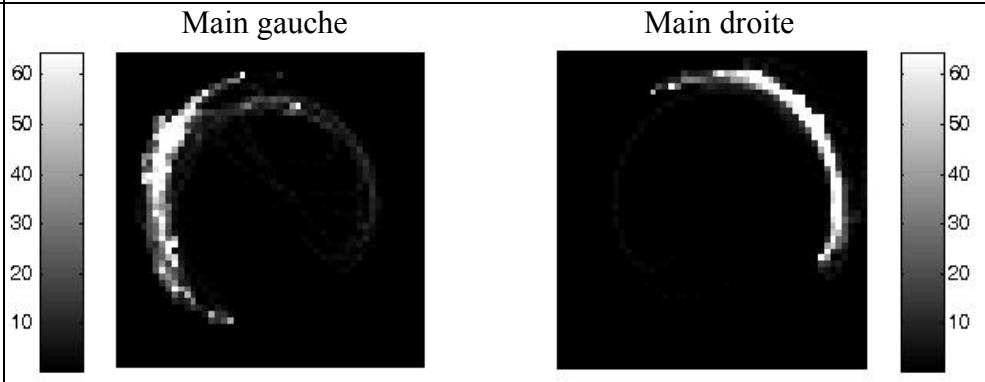
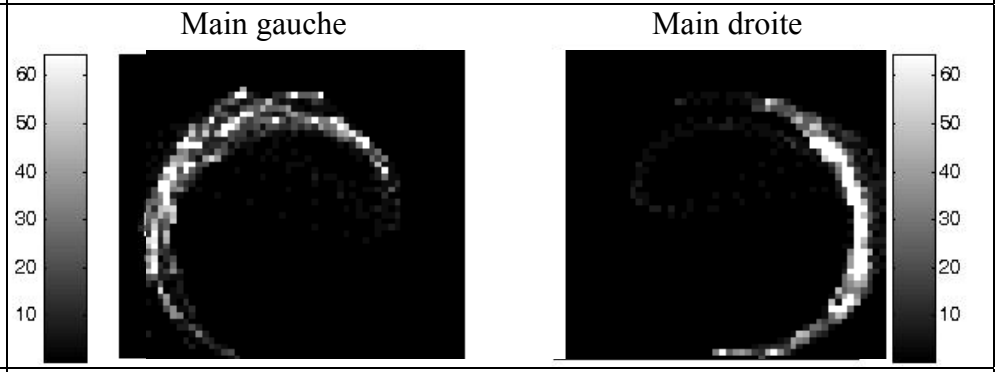
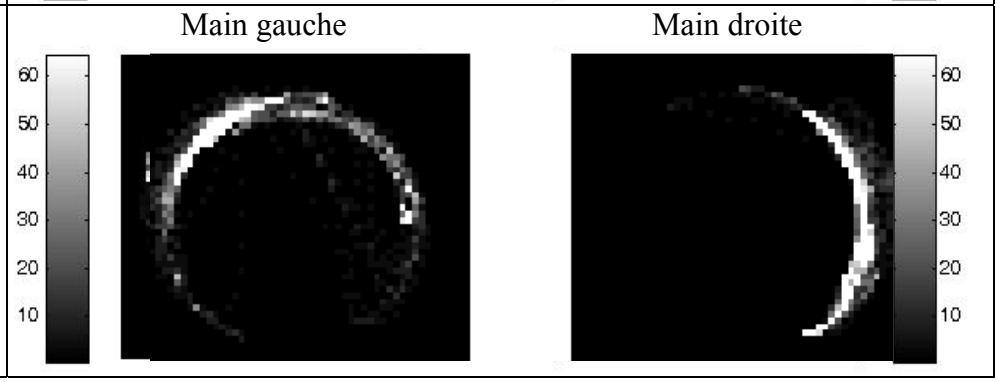
La table 4 présente les profils types des conducteurs non croiseurs. Les sujets jeunes et les sujets âgés sollicitent les moitiés droite et gauche du volant par respectivement la main droite et la main gauche. Les trajectoires formées par le mouvement des mains des sujets âgés sont légèrement plus grandes que pour les sujets jeunes. La distance parcourue par la main du conducteur âgé est plus grande et les changements de mains alors moins fréquents. Pour les conducteurs avec des déficiences, les mains restent en général de part et d'autre de la partie basse du volant (cf. épaisseur du trait blanc). Ce pattern montre alors des mouvements des mains plus petits et concentrés sur la zone basse.

Table 4 : Densitogrammes types du profil Non croiseur (NC) pour les 3 populations : jeunes, âgés et avec déficiences

Non croiseurs	Densitogrammes
Jeunes	Main gauche  Main droite 
Agés	Main gauche  Main droite 
Avec déficiences	Main gauche  Main droite 

La table 5 présente les profils types des conducteurs asymétriques. Il est important de noter que seul les asymétriques à gauche (c.-à-d. seule la main gauche passe du côté droit du volant) sont décrits. Il existe des asymétries à droite qui mettent en avant les mêmes observations. De manière générale, les asymétries sont plus marquées pour les sujets avec des déficiences : la main qui passe du côté opposé du volant (ici la gauche) est sur la moitié haute du volant. Pour les sujets jeunes, la moitié gauche du volant est plus utilisée que la partie haute du volant. Les sujets âgés appartiennent aux deux groupes en sollicitant davantage le quart haut gauche du volant. Pour la main qui ne croise pas (ici la droite), les conducteurs sollicitent la quasi totalité de la moitié droite du volant.

Table 5 : Densitogrammes types du profil Croiseur asymétrique (Cas) pour les 3 populations : jeunes, âgés et avec déficiences

Croiseurs asymétriques	Densitogrammes
Jeunes	
Agés	
Avec déficiences	

4 Discussion et perspectives

Cette étude a mis en évidence trois profils de mouvement des mains (i.e. croiseurs, non croiseurs et croiseurs asymétriques) dans une population hétérogène regroupant des conducteurs jeunes, âgés et ayant des déficiences du membre supérieur. Les résultats ont montré qu'il n'y a pas de changement de profil (i.e. répétabilité intra-sujet) lors des répétitions des scénarios. Ceci peut être du à la tâche de tracking proposée : des études ont montré [10, 11] que la présence d'un feedback visuel incite à produire des rotations du volant identique d'un essai à l'autre dans une tâche de

manœuvre sur route. Il est possible d'émettre l'hypothèse que pour produire des trajectoires identiques, le conducteur utilise une stratégie de positionnement de main privilégiée qu'il répète. Néanmoins, cette hypothèse est à pondérée. Dans la présente étude, l'analyse du positionnement des mains sur le volant est décorrélée de toute activité de conduite en situation réelle (i.e. absence de trafic, pas de choix dans la trajectoire, etc…). Cette limite pourrait expliquer un comportement assez stable du positionnement des mains des conducteur. En effet, des modifications dans le positionnement des mains du conducteur apparaissent lors de l'augmentation de la charge mentale de travail, dans une situation d'insertion dans un trafic dense par exemple [12]. La charge mentale de travail augmente pour les conducteurs âgés dans des situations de conduite complexe [13] mais son influence sur la position des mains n'a pas été montrée.

Les résultats ont montré qu'en situation de manœuvres à basse vitesse le profil croiseur est dominant pour les trois populations. Le profil non croiseur est sollicité par près de 40% des conducteurs avec déficiences. L'étude descriptive de la position des mains sur le volant à l'aide de densitogramme a montré que dans un même profil les zones du volant sollicitées peuvent changer. Deux types de positionnement sont mis en évidence pour compenser leur handicap : 1/ les croiseurs ayant des déficiences du membre supérieur sollicitent la partie haute du volant pour compenser un manque de mobilité de l'avant-bras. Dans leur étude, [14] ont montré que les sujets avec des amplitudes articulaires limitées au niveau de l'avant bras augmentent les angles de flexion de l'épaule et du coude pour tourner le volant par rapport à un sujet sain. 2/ les non croiseurs ayant des déficiences du membre supérieur gardent les mains dans la partie basse du volant afin de rester dans une zones de confort pour les amplitudes articulaires de l'épaule. En effet, plus l'abduction est grande plus les efforts interne à l'épaule générés par le poids du bras sont grand et peuvent entrainer des douleurs [15]

En terme de perspectives, une étude approfondie des zones du volant sollicitées par les conducteurs permettrait de mieux adapter les aménagements du volant avec par exemple une position du volant plus basse ou un diamètre réduit facilitant l'accès à la partie supérieure du volant. Ceci favoriserait un croisement des mains et donc un meilleur contrôle du véhicule pendant les situations de manœuvres à basse vitesse.

Remerciements. Cette recherche a été soutenue par le Campus International sur la sécurité et l'inter-modalité dans les transports, la région Nord / Pas-de-Calais, la Communauté européenne, la Délégation Régionale à la Recherche et la Technologie, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la recherche, l'Agence nationale de recherche français et le Centre National de la Recherche Scientifique. Les auteurs tiennent à souligner l'appui de ces institutions, en plus de tous les partenaires du projet ANR VolHand : le CHU de Lille, la Fondation Hopale, le GIPSA-LAB de l'Université de Grenoble, le LIVIC, LESCOT et le LEMCO, les laboratoires de l'IFSTTAR et JTEKT Europe et JTEKT Corporation.

References

1. Thomas, J. A., & Walton, D., Measuring perceived risk: Self-reported and actual hand positions of SUV and car drivers. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 10(3), 201-207, (2007)
2. Walton, D., & Thomas, J. A., Naturalistic observations of driver hand positions. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 8(3), 229-238, (2005)
3. Hault-Dubrulle, A., Robache, F., Pacaux, M. P., & Morvan, H., Determination of pre-impact occupant postures and analysis of consequences on injury outcome. Part I: A driving simulator study. Accident Analysis & Prevention, In Press, Corrected Proof, (2010)
4. Hetier, M., Robache, F., Autuori, B., Wang, X., & Morvan, H., Experimental investigation and modeling of driver's frontal pre-crash postural anticipation. Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium Proceedings, (2005)
5. Fourie, M., Walton, D., & Thomas, J. A., Naturalistic observation of drivers hands, speed and headway. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 14(5), 413-421, (2010)
6. NHTSA website concerning steering techniques for teen drivers: http://www.nhtsa.gov/staticfiles/nti/teen-drivers/pdf/steeringtechniques.pdf
7. Schiro, J. Gabrielli, F., Pudlo, P., Barbier, F., Djemai, M., Steering wheel hand position in low speed maneuvers, Transportation Research, Part F: traffic Psychology and Behaviour, (2012, in review)
8. Gabrielli, F., Paganelli, S., Schiro, J., Pudlo, P., Djemai, M., Simulation platform for steering wheel gesture measurement. IJIE, (2012)
9. Schiro, J., F. Gabrielli, P., Barbier, F., Djemai, M., Validation d'une consigne visuelle 2D pour l'analyse du geste chez le conducteur automobile." Conférence ASSISTH, Paris, (2011)
10. Hildreth, E. C., Beusmans, J. M. H., Boer, E. R., & Royden, C. S., From vision to action : experiments and mmodels of steering control during driving. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 26(3), 1106 -1132, (2000)
11. Wallis, G., Chatziastros, A., & Bulthoff, H., An unexpected role for visual feedback in vehicle steering control. Current Biology, 12, 295-299, (2002)
12. De Waard, D., Van den Bold, T. G. M. P. R., & Lewis-Evans, B., Driver hand position on the steering wheel while merging into motorway traffic. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 13(2), 129-140, (2009)
13. Cantin, V., Lavallière, M., Simoneau, M., & Teasdale, N., Mental Workload when driving in a simulator: Effects of age and driving complexity. Accident Analysis & Prevention, 41, 763-771, (2009)
14. Carey, S. L., Highsmith, M. J., Maitland, M. E., & Dubey, R. V., Compensatory movements of transradial prosthesis users during common tasks. Clinical Biomechanics, 23(9), 1128-1135, (2008)
15. Chaffin, D.B., & Andersson, G.B.J., Occupational Biomechanics (2nd ed.). John Wiley & Sons, New York (1991)

Navigation en Intérieurs pour Non-voyants

Jesus Zegarra[1], René Farcy[1]

[1] Laboratoire Aimé Cotton, bat 505
91405 Orsay Cedex France
jesus.zegarra-flores@u-psud.fr, rene.farcy@lac.u-psud.fr

Résumé : *Le signal GPS est généralement perdu lorsque l'on rentre dans un intérieur. Avec certaines antennes très sensibles, le GPS peut rester accroché à l'intérieur de certaines grandes surfaces commerciales ayant un toit peu opaque aux rayonnements Gigahertz. Cependant la précision se dégrade rapidement et atteint l'ordre de la centaine de mètres ce qui ne permet plus d'en faire un outil opérationnel de guidage. La prolongation du GPS en intérieur reste un problème important à analyser pour faciliter le guidage des déficients visuels dans les métros et centres commerciaux. Nous proposons ici l'utilisation d'une centrale inertielle (gyroscope, accéléromètre et boussole 3 axes ainsi qu'un altimètre). Le dispositif est placé à la ceinture, au niveau de la hanche et l'interface vocale est fournie par un Smartphone. La personne utilise des glisser de doigts sur l'écran pour passer d'une fonction à l'autre et d'un double click pour confirmer. Cette approche ne fait appel à aucun équipement du lieu et se base juste sur l'analyse du déplacement de l'utilisateur. L'objectif est de permettre de guider l'utilisateur d'un point de départ vers une destination à partir d'une cartographie sommaire qui soit réutilisable (par exemple retrouver un magasin). Les essais sont effectués dans 3 stations à Paris: Denfert Rochereau, Place d'Italie et Raspail. Nous reprenons pour les instructions la formulation enseignée en locomotion pour le « trajet par explication ». Trois non voyants ont testé le système et sont arrivés à destination au premier essai dans les trois stations.*

Mots-Clefs: Smart Phone, GPS, déficient visuel, centrale inertielle, intérieurs

.

1 Introduction

Selon les statistiques effectuées en 2000, il y a environ cinquante millions de non-voyants dans le monde et cent trente-cinq millions de malvoyants [1].

Les statistiques INSEE de 2008 répertorient en France soixante-cinq milles non-voyants et un million deux cent mille mal -voyants [1].

Il existe cinq catégories de déficience visuelle : Dans la première catégorie se trouvent les malvoyants légers avec une acuité visuelle corrigée binoculaire inférieure à 3/10 et supérieure ou égale 1/10 avec un champ visuel d'au moins 20 degrés. Dans la deuxième catégorie se trouvent les malvoyants moyens, ils ont une acuité visuelle corrigée binoculaire inférieure à 1/10 et supérieure ou égale à 1/20. Les malvoyants profonds sont dans la troisième catégorie avec une acuité visuelle inférieure à 1/20 et supérieure ou égale à 1/50 ou champ visuel inférieur à 10 dégrées mais supérieur à 5 dégrées. Les non-voyants se trouvent dans les catégories quatre et cinq. Les déficients visuels avec une acuité visuelle inférieure à 1/50 mais une perception lumineuse préservée ou un champ visuel inférieur à 5 dégrées se trouvent dans la catégorie quatre. Finalement, dans la catégorie cinq on trouve la cécité absolue et l'absence de perception lumineuse [2].

La plupart des études sur les centrales inertielles en intérieur sont faites avec les capteurs inertiels placés dans la chaussure [3]. L'estimation du cap n'a pas été très bonne avec des erreurs allant jusqu'à 90° à cause des perturbations magnétiques. Par contre il a été remarqué que la centrale inertielle peut détecter des mouvements plus subtiles et avec plus de résolution qu'un GPS. Dans une autre étude; les chercheurs ont testé une centrale inertielle fixée au pied couplée au GPS pour le prolonger. Le processus pour déterminer la position est une double intégration de l'accélération. Pour détecter le déplacement, la vitesse est corrigée quand le pied touche le sol. Il a été observé que le gyromètre a un meilleur comportement que la boussole dans des endroits magnétiquement perturbés. Le dispositif a été testé aussi pour calculer les déplacements verticaux et pour détecter les marches d'un escalier montant. La hauteur obtenue est similaire à la hauteur du baromètre. Par contre, le signal du baromètre a une réponse plus lente [4]. Une autre alternative utilise la centrale inertielle dans la chaussure avec un RFID (Radio Frequency Identificator) qui est utilisée comme marqueur pour mettre à jour l'information de la centrale inertielle et décrémenter l'erreur donnée par l'accéléromètre. Le résultat obtenu est très impressionnant et positif. Par contre, le système fonctionne uniquement pour un bâtiment équipé de marqueurs RFID [5].

Notre objectif est de développer un système de guidage en intérieur en utilisant une centrale inertielle (gyroscope, accéléromètre et boussole 3 axes ainsi qu'un altimètre) portée a la ceinture; au niveau de l'hanche. L'interface vocale est fournie par le Smartphone. La personne utilise des glisser de doigts sur l'écran pour passer de une fonction à l'autre et de double click pour confirmer.

Pour mettre à jour le dispositif inertiel on utilise les tournants (les quarts de tour à droite et à gauche) qui sont normalement des changements de couloirs et l'altimètre pour passer d'un étage à l'autre. La confirmation du point départ est importante pour commencer la navigation. Après chaque tournant ou changement d'étage réalisé, une confirmation vocale automatique est donnée par l'appareil.

Trois déficients visuels (un mal voyant de catégorie 3, et deux non voyants complets, catégorie 5) ont testé les trois stations (Denfert Rochereau; Raspail et Place d'Italie).

2 Matériel

Le matériel principal est le SmartPhone Galaxy S3 sous le système d'exploitation Android accroché à la ceinture (Figure 1). Le Galaxy S3 vient avec des capteurs inertiels. Un accéléromètre 3 axes et un gyroscope 3 axes dans un même composant (LSM330DLC) et une boussole 3 axes (AK8975C) ainsi qu'un capteur de pression (LPS331AP) utilisé comme altimètre. Le dispositif peut être utilisé au côté droite ou gauche de la hanche.

Figure 1. Deux utilisateurs du dispositif

L'interface dans le Smartphone utilise le glisser de doigts sur l'écran pour choisir la fonction vocalisée. Un double click n'importe où dans l'écran tactile sert à confirmer la fonction ce qui facilite son utilisation à la ceinture. On peut choisir trois fonctions principales. Une fonction pour choisir le trajet, une autre fonction pour cartographier un nouveau trajet et une autre pour enregistrer la longueur de pas moyenne de l'utilisateur.

3 Méthode

La cartographie de l'endroit est stockée dans le Smart Phone avant l'utilisation du système à partir des mêmes capteurs inertiels (accéléromètre et gyroscope).

L'accéléromètre est utilisé comme un podomètre pour compter les nombres de pas multiplié par une longueur de pas moyenne enregistrée par l'utilisateur pour connaître la distance parcourue. On n'utilise pas la double intégration pour calculer la distance parce qu'un dispositif utilisé à la ceinture n'est pas adapté à ce type de calcul. En effet dans le cas de la fixation au pied, lorsque le pied touche le sol, la vitesse est nulle, ce

qui permet de rafraichir les constantes d'intégration. Par contre ergonomiquement il est plus confortable d'utiliser l'appareil à la ceinture qu'au pied.

Le gyroscope est utilisé pour détecter les quarts de tours à gauche et à droite ainsi que les demi-tours et de cette façon savoir quand la personne a changé de couloir.

Pour que le système confirme un changement de couloir de façon automatique la personne doit faire le quart de tour et marcher en ligne droite pendant 4 mètres.

La boussole n'est pas utilisée dans cet endroit parce que dans les métros, elle est la plupart du temps perturbée et le cap n'est pas fiable.

Les trois non-voyants (deux non-voyants complets et un mal voyant) ont un bon axe corporel ainsi qu'un bon niveau en locomotion. Ils utilisent le système à la ceinture avec une oreillette permettant d'entendre les informations vocalisées y compris en environnement très bruyant ce qui est le cas du métro.

Trois stations ont été choisie pour réaliser les tests: Métro Raspail, Place d'Italie et Denfert Rochereau.

Mode de guidage pour le métro Raspail

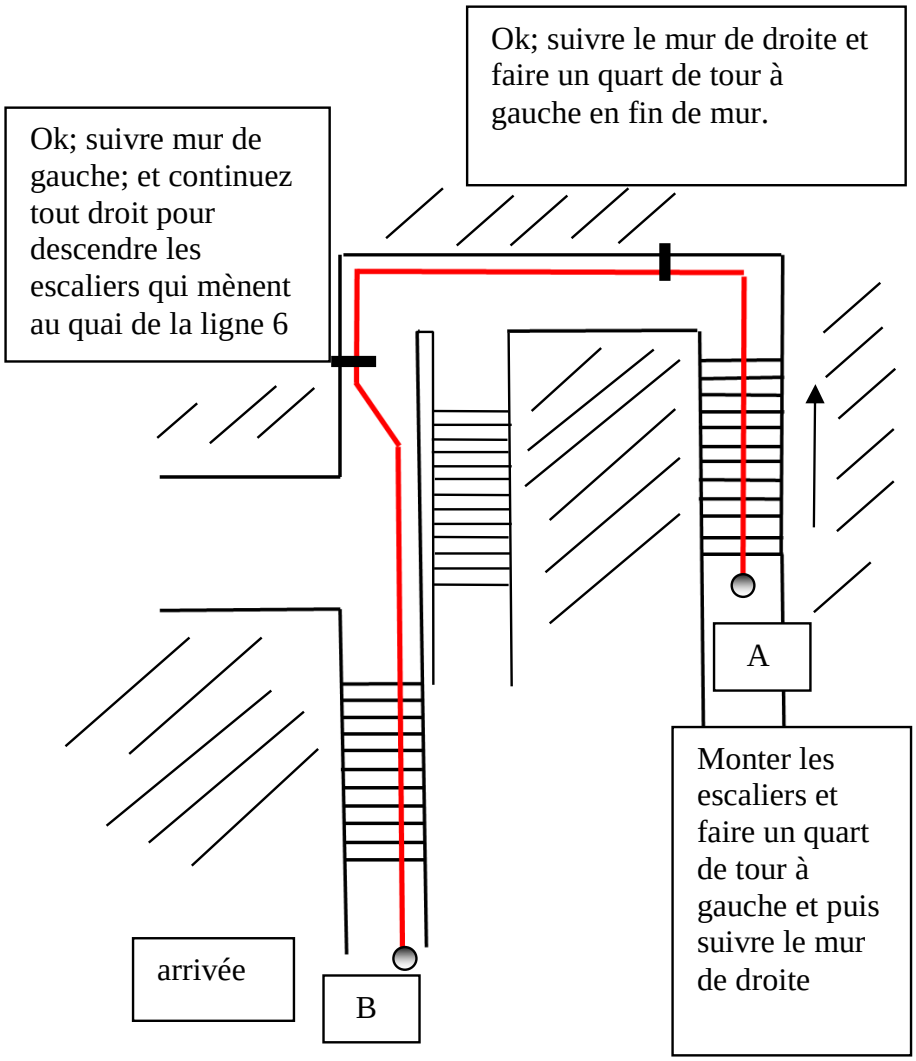


Figure 2 Schéma de Navigation Métro Raspail. Depuis A vers B avec les indications reçues par l'utilisateur. En rouge trajet correct fait par la personne. Après le premier quart de tour on a dit de suivre le mur de droite pour ne pas être tenté de prendre le premier escalier à gauche.

Mode de guidage pour le métro Place d'Italie

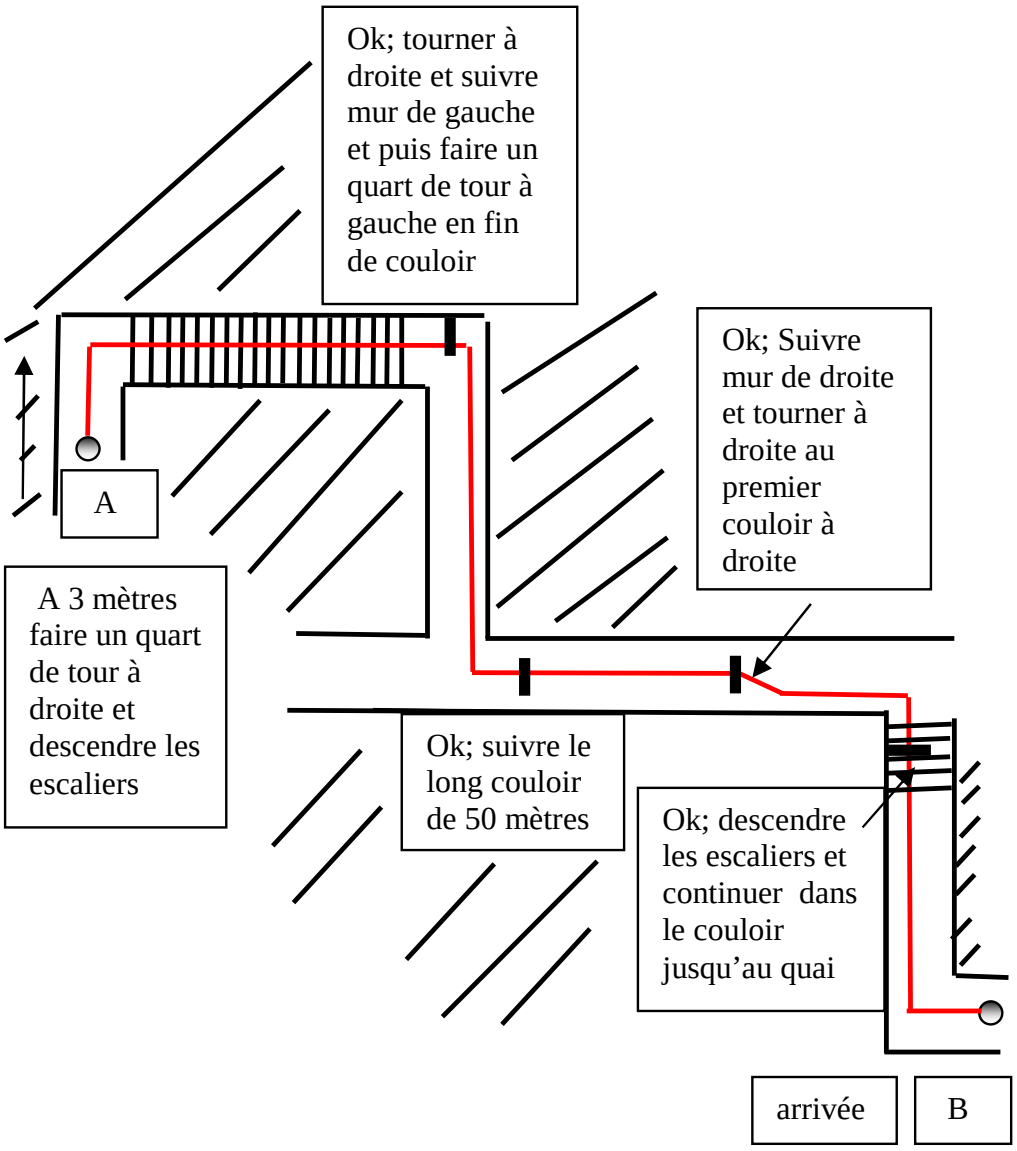


Figure 3 Schéma de Navigation Métro Place d'Italie. Depuis A vers B avec les indications reçues par l'utilisateur. En rouge trajet correct fait par la personne.

Mode de guidage pour le métro Denfert Rochereau

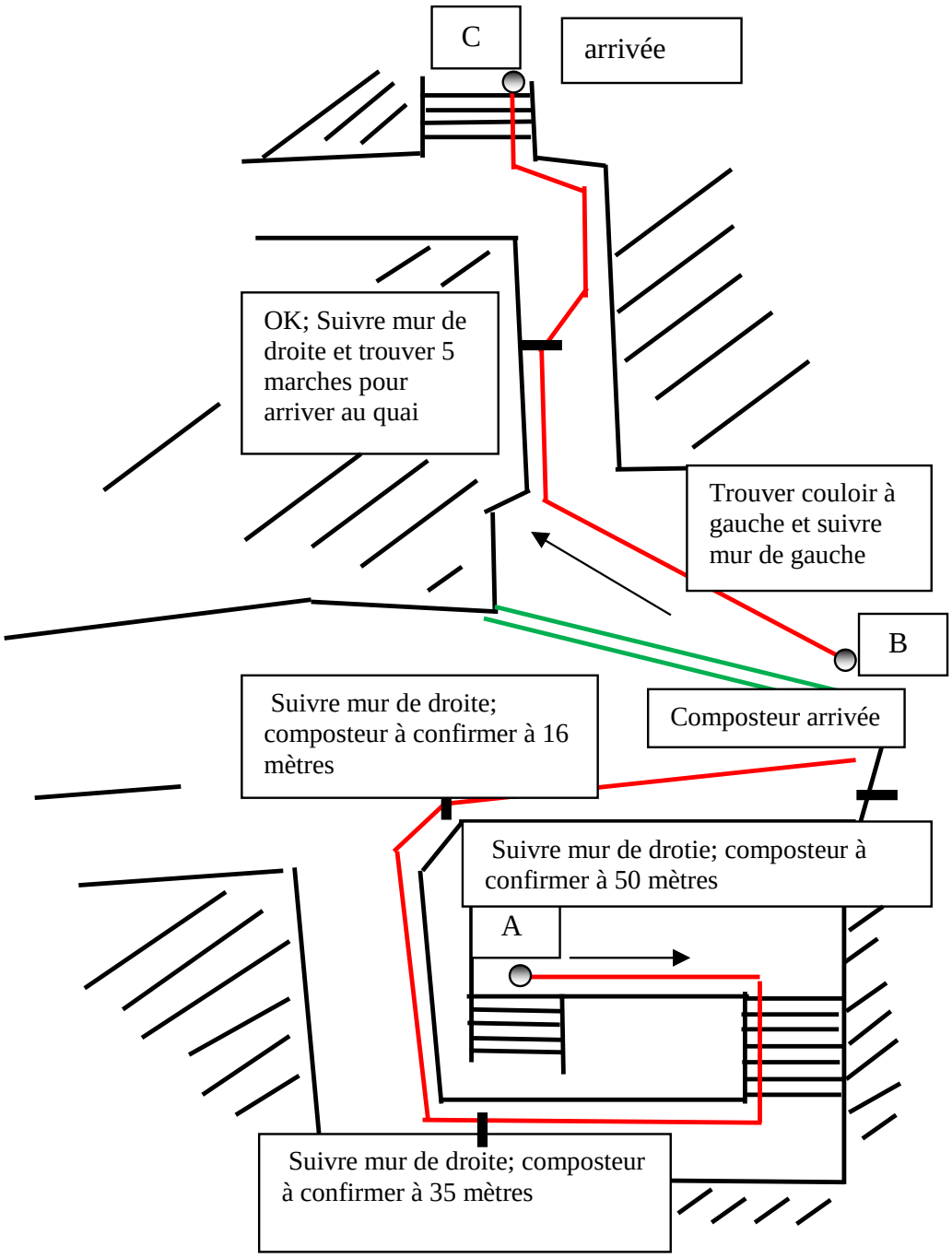


Figure 4 Schéma de Navigation Métro Denfert Rochereau. Depuis A vers C avec les indications reçues par l'utilisateur en passant par B. En rouge trajet correct fait par la personne. En vert (composteur)

Pour le cas du Métro Raspail ; arrivée par la ligne 4 direction porte de Clignancourt (personne en tête de métro). En sortant du métro ; le sujet se déplace depuis A, où il doit confirmer son départ (voir Figure 2) pour trouver la ligne 6 direction métro Charles de Gaulle Étoile (B, voir Figure 2). Le trajet comprend un escalier montant de 18 marches au début et un escalier descendant de 18 marches avec 2 changements de direction et 3 couloirs. C'est un mode de navigation automatique avec confirmation automatique après avoir réalisée chaque action.

Pour le cas du guidage dans la station Place de Italie; l'arrivée est par la ligne 6 direction métro Nation (personne au milieu du train). En sortant du train ; la personne se déplace vers le couloir au milieu du quai (A, voir Figure 3) pour confirmer le départ. Après ; il se déplace vers la ligne 7 direction Villejuif (B, voir Figure 3). Deux escaliers descendant de 15 marches chaque une au début et un autre escalier descendant de 18 marches à la fin avec 5 changements et 6 couloirs sont la difficulté de ce parcours. Le parcours commence au milieu de quai. Le non voyant doit être perpendiculaire à l'axe de quai ; marcher 3 mètres et tourner à droite pour descendre un grand escalier. En fin de l'escalier le non voyant doit tourner à droite et suivre le mur de gauche du couloir de 20 mètres. En fin de couloir ; faire un quart de tour à gauche et continuer dans le grand couloir de 50 mètres. Après une quarantaine de mètres l'appareil lui indique de suivre le mur de droite et tourner dans le premier couloir qui se trouve à droite, descendre l'escalier et continuer tout droite dans le seul couloir qui mène vers le quai de la ligne 7. C'est aussi un mode de navigation automatique avec confirmation après avoir fait chaque action.

Pour le cas du guidage de la station Denfert Rochereau; l'arrivée est par le RER B, direction aéroport (personne en tête de train). En sortant du train ; le sujet se déplace vers trouver la ligne 4 direction Porte de Clignancourt Point C (tête du métro ligne 4) voir Figure 4. Il y a deux escaliers descendants de 8 marches chaque une au debout et un petit escalier montant de 5 marches presque à la fin du chemin pour arriver au quai (Point C, voir Figure 4). La principale difficulté est de trouver le composteur (point B, voir Figure 4) qui se trouve dans le hall pour le confirmer manuellement (repère sonore clair). Ce point est confirmé manuellement après le composteur (dans le menu il y a la fonction confirmer composteur). En effet il y a de nombreux composteurs possibles et les effets de foule peuvent faire que la personne n'arrive pas directement dans le composteur le plus proche et puisse faire une dérive importante par rapport au trajet prévu. La confirmation permet de réinitialiser le trajet.

4 Résultats

Les trois non-voyants sont arrivés par le trajet le plus court au point de destination.

Les indications ont été pertinentes pour éviter que la personne se perdre ou prenne un mauvais couloir. Les utilisateurs ont dit que les informations étaient données au bon moment et étaient rassurantes.

Un utilisateur connaissant déjà un segment d'un trajet a été un moment en conflit avec ses anciens repères et a failli rater un passage.

Figure 5 A gauche, métro place d'Italie non voyant descendant le grand escalier ; A droite métro Denfert Rochereau ; non voyant est arrivé au composteur.

5 Conclusions

L'utilisation de la centrale inertielle dans un SmartPhone peut aider au guidage en intérieurs des déficients visuels avec seulement la détection de tournants ; le compteur de pas et la différence d'altitude. La boussole n'est pas fiable dans le contexte des métros.

Les premiers essais avec les déficients visuels sont très encourageants (les trois non voyants ont arrivés au point destination).

Les trois non voyants ont une pratique générale des déplacements en transport en commun. Il est inimaginable d'arriver à guider une personne n'ayant pas une grande expérience du déplacement autonome.

En effet une personne ayant un comportement irrationnel par rapport au dispositif finira rapidement par perdre le système de guidage, qui n'a pas de référence absolue pour se recaler comme avec un GPS ou des bornes RFID.

Les informations utilisées exploitent les formulations d'indications de trajet enseignées en instruction de locomotion. Ce type d'information pour le guidage ont été appréciées par les testeurs.

Le mode de guidage proposé dépend de la complexité de la cartographie, la confirmation du passage en des points clés identifiables facilement peut être automatique (Métro Raspail et place d'Italie), dans certains cas il est cependant préférable le laisser manuelle (Métro Denfert Rochereau).

L'interface à base de glisser de doigts et double click pour confirmer le départ a été appréciée pour sa simplicité à apprendre.

Le système peut aussi détecter si la personne a choisi un mauvais couloir. Pour le moment l'appareil n'est pas capable de donner les instructions pour récupérer le bon chemin si la personne ne réagit pas rapidement et n'arrive pas à analyser l'erreur.

Nous voyons cependant qu'avec des moyens techniquement simples et gratuits (puisque existants dans le smartphone), nous arrivons à une aide efficace, mais si ça robustesse en cas d'erreurs de suivi des consignes par l'utilisateur est un point d'étude important restant à traiter.

6 Bibliographie

1. Association Valentin Hauy: Cécité, malvoyance: les donnes. http://www.avh.asso.fr/rubriques/association/cecite_malvoyance.php (2011)
2. Territoire et prise en compte du handicap : Les déficiences visuelles. http://www.univ-nancy2.fr/VIDEOSCOP/DL7/lecon2/lecon2f.htm#part2
3. R. Stirling, K. Fyfe, G. Lachapelle (2005) "Evaluation of a New Method of Heading Estimation for Pedestrian Dead Reckoning Using Shoe Mounted Sensors", The Journal Of Navigation 2005, pp 31- 45
4. R. Felix, E. Zalamma, J. Gomez Garcia (2009) "Pedestrian Tracking using inertial sensors", Journal of Physical Agents, Vol. 3, N1,January 2009
5. S. House, S. Connell, I. Milligan (2011) "Indoor Localization: Using pedestrian dead reckoning updated with RFID Based Fiducials", ,33rd Annual International Conference of the IEE EMBS, Boston, Massachusetts USA, August 30, Sepetmber 3, 2011

Localisation indoor: vers une aide à la mobilité de personnes malvoyantes

Kamel Guissous[1], Waël Elloumi[2], Aladine Chetouani[2] et Sylvie Treuillet[2]
Laboratoire Prisme, Polytech'Orléans, 12 rue de Blois, 45067 Orléans cedex2, France
[1]Kamel.guissous@etu.univ-orleans.fr
[2]{wael.elloumi, aladine.chetouani, sylvie.treuillet}@univ-orleans.fr

Résumé. Depuis la carte et la boussole, les systèmes d'assistance à la navigation ont connu un formidable essor. En particulier le déploiement du GPS (Global Positioning System) a suscité un engouement véritable. Mais sa précision et la cartographie existante restent insuffisantes pour assurer une aide véritable à la navigation piétonne dans les milieux urbains, a fortiori pour les personnes malvoyantes. Dans cet article, on propose une technique de localisation sur Smartphone basée sur la vision embarquée opérationnelle indoor. Notre méthode consiste en deux étapes : une phase d'apprentissage (assurée hors ligne) et une phase de localisation qui permet d'estimer une position approximative du porteur de la caméra le long de la trajectoire de référence.

Mots-clés: Localisation pédestre, points de fuite, assistance à la navigation, personnes malvoyantes, Smartphone.

1 Introduction

A l'instar des appareils grand public de navigation par GPS déjà commercialisés pour les véhicules routiers, on imagine aisément l'assistance qu'apporterait un système de guidage individuel proposant à chaque personne un parcours piétonnier adapté à l'intérieur d'un quartier, ou d'un bâtiment, pour se rendre à sa destination.

Outre l'assistance aux personnes fragiles, que ce soit dans leurs trajets habituels quotidiens ou dans leur déplacements en environnement inconnu, un tel système ouvre des perspectives d'applications grand public pour augmenter la sécurité en facilitant l'évacuation d'urgence en cas de sinistre ou de danger, ou en avertissant un tiers ou encore pour suivre des parcours touristiques à l'intérieur des monuments historiques, musées, ou centres villes, et obtenir une information ponctuelle individualisée.

A ce jour, il n'existe pas de systèmes opérationnels efficaces pour la navigation pour les piétons. Ce constat s'explique par plusieurs verrous technologiques sur les 3 niveaux qui composent un système de navigation :

- La localisation : le GPS est inopérant à l'intérieur des bâtiments et présente une précision de localisation insuffisante pour le guidage d'un piéton, a fortiori dans les zones urbaines où la réception des signaux satellites est mise à mal;
- La cartographie des zones urbaines se limite aux voies de circulation routières; il n'y pas de cartographie adaptée aux déplacements des piétons, a fortiori de cartographie référençant les difficultés de déplacements des malvoyants (obstacles

escaliers, portes, panneaux, etc.) ce qui empêche une planification de trajectoire adaptée;
- L'ergonomie des systèmes de guidage doit également être adaptée pour les déficiences visuelles ou cognitives.

Plusieurs équipes de recherches travaillent au développement de solutions alternatives au GPS : Un système de localisation à infrarouge a été proposé par [1]. Il comporte trois unités principales : un gilet qui permet de délivrer des signaux de guidage haptiques sur le dos de l'utilisateur, un ordinateur portable pour la planification d'itinéraire et un récepteur et des émetteurs à infrarouge pour localiser la personne. [2] ont proposé un système de localisation pour les déficients visuels à l'intérieur des bâtiments. Ce système consiste en un odomètre monté au pied de l'utilisateur pour mesurer sa vitesse et en une canne blanche sur laquelle sont attachés deux capteurs : un gyroscope 3-axes et un scanner laser pour estimer précisément l'attitude de la canne. Les informations provenant des 3 capteurs sont fusionnées en deux étapes pour l'estimation de la pose de l'utilisateur (son orientation et sa position). Une équipe de l'EPFL [3] a proposé une solution de navigation pédestre presque auto-déployable destinée aux interventions d'urgence. Elle consiste en une hybridation entre des capteurs MEMS et des balises d'identification à fréquences radio RFID afin d'augmenter la précision et la robustesse du système. Walder et al [4] ont proposé un système de localisation pour assister et améliorer les interventions d'urgence à l'intérieur des bâtiments. Leur système de localisation autonome combine une centrale inertielle et un plan du bâtiment pour la localisation. De plus, il utilise un réseau sans fil (WLAN) pour la communication entre ses différentes composantes. Ce système permet une précision inférieure à 2 m.

Les systèmes cités ci-dessus, présentent soit des limitations de précision (GPS, MEMS), ou bien de portée c'est-à-dire ils ne peuvent pas être utilisés à la fois à l'intérieur et à l'extérieur (GPS), soit des coûts d'installation élevés (RFID, Infrarouge). Face à ces limitations, la vision est une solution alternative pour une localisation précise à l'intérieur comme à l'extérieur par un système autonome bas-coût. Dans ce cadre, on peut citer les projets NAVIG (Navigation Assistée par VIsion artificielle et Gnss) et AZIMUT qui ont pour objectif d'augmenter l'autonomie des déficients visuels.

Dans cet article, nous présentons une application mobile de localisation de personnes à partir de la caméra d'un Smartphone. La capture vidéo est ici utilisée pour l'extraction d'informations dans un environnement donné. Ces informations sont, ensuite, exploitées pour guider et orienter la personne. L'orientation de la caméra (3ddl) est estimée de façon robuste et rapide par le suivi de trois points de fuites orthogonaux dans une séquence vidéo. L'algorithme développé permet une localisation pédestre indoor en deux étapes: une phase d'apprentissage hors ligne définit un itinéraire de référence en sélectionnant des images clefs au long du parcours, puis, en phase de localisation, une position approximative mais réaliste du porteur est estimée en temps réel en comparant les orientations de la caméra dans l'image courante et celle de référence. Il est à noter que cet outil de navigation nécessite uniquement un Smartphone laissant une main libre pour la canne blanche qui reste l'outil idéal d'exploration de l'environnement proche et de la détection des obstacles pour les malvoyants.

Dans la suite de cet article, les algorithmes de localisation et de navigation sont tout d'abord décrits. Les résultats obtenus sont ensuite présentés. La dernière section est consacrée à la conclusion.

2 Méthode proposée

Notre méthode comporte deux étapes: une phase d'apprentissage (Fig. 1.a) et une phase de localisation (Fig. 1.b). L'étape d'apprentissage consiste à la construction d'une base de données visuelle (images de référence) dont ses données sont, par la suite, exploitées dans la phase de localisation afin de déterminer la position de la personne et d'assurer son guidage. Dans ce qui suit, ces deux phases sont présentées.

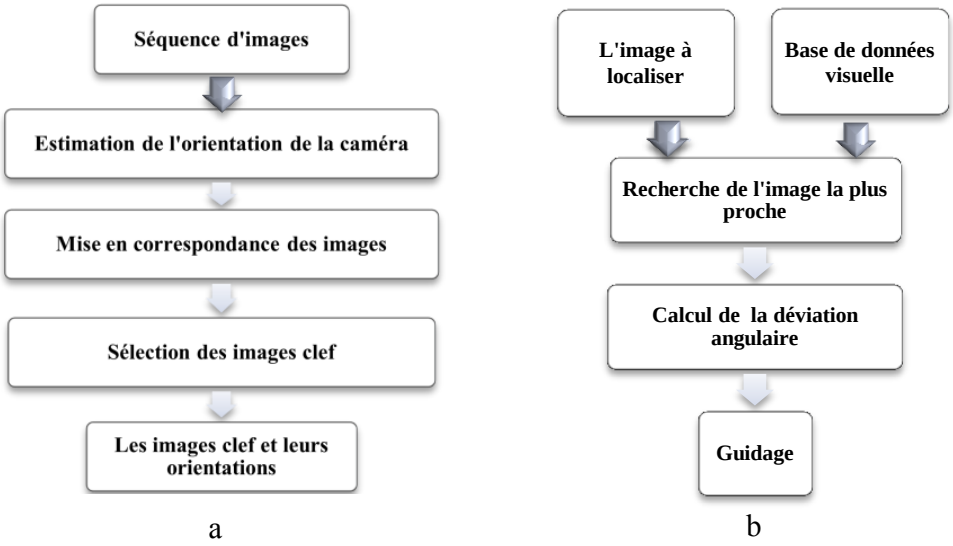


Fig. 1. a)Algorithme d'apprentissage b) Algorithme de localisation

2.1 Phase d'apprentissage

Dans ce qui suit, nous détaillons les différentes étapes de l'algorithme d'apprentissage dont le schéma global est présenté dans la figure Fig. 1.a. On note que cette étape est réalisée, hors lignes, une fois par itinéraire.

Calcul de l'orientation de la caméra

Nous avons opté pour les points de fuite afin de calculer l'orientation de la caméra dans chacune des images de la séquence d'apprentissage [5]. En effet, la projection des lignes parallèles, observées dans le repère monde, se traduit dans l'image par des faisceaux de droites qui concourent sur des points particuliers appelés points de fuite. Chaque point de fuite est associé à une direction 3D dans l'espace monde. L'orientation de la caméra est finalement obtenue à partir de trois points de fuite orthogonaux.

Les étapes d'extraction des points de fuite sont illustrées par la Fig. 2. Les contours dans l'image sont tout d'abord extraits (détecteur de Canny [6], Fig. 2.b). Puis, on procède à une extraction des lignes dominantes par la transformée de Hough probabiliste [7] [8] (Fig. 2.c). Les lignes dominantes extraites sont ensuite regroupées en différents groupes disjoints (points de fuite potentiels) en utilisant l'algorithme de RANSAC. Enfin, les trois points de fuite orthogonaux les plus pertinents sont sélectionnés (Fig. 2.d et 2.e).

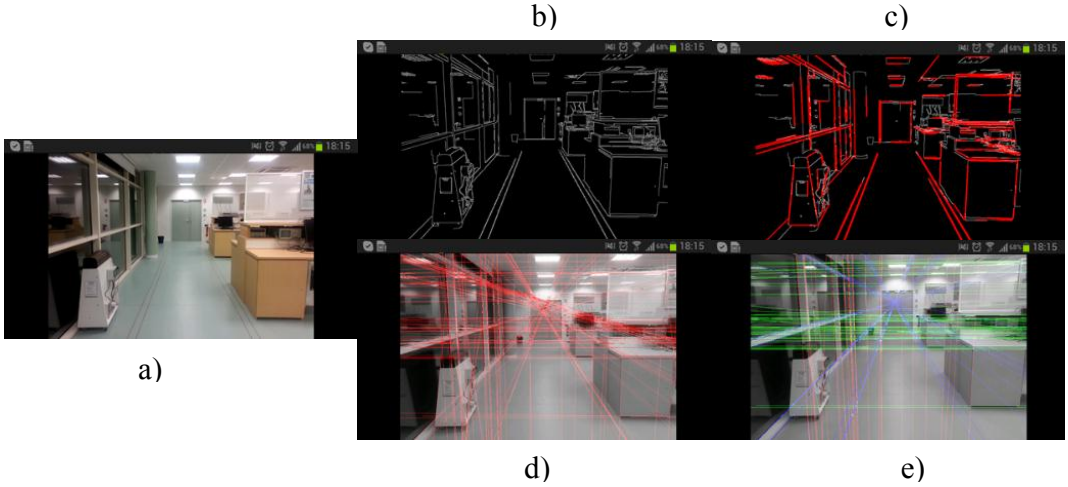
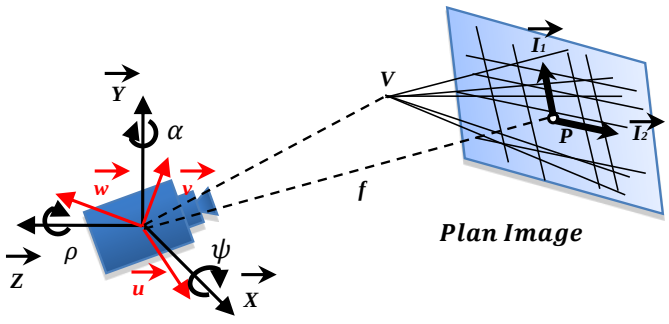


Fig. 2. Etapes d'extraction des points de fuite: (a) Image capturée, (b) contours, (c) lignes dominantes et (d), (e) points de fuites.

Les directions de ces trois points de fuite, dont un vertical et deux horizontaux, sont utilisées dans le calcul de la matrice de rotation de la caméra [9] (voir Fig. 3). Soient $\vec{u}, \vec{v}$ et $\vec{w}$ trois vecteurs qui représentent respectivement la première direction horizontale, la direction verticale et la deuxième direction horizontale. Ces vecteurs respectent les relations suivantes :

$$\begin{cases} \vec{w} \,.\, \vec{u} = \vec{u} \,.\, \vec{v} = \vec{v} \,.\, \vec{w} = 0 \\ \|\vec{u}\| = \|\vec{v}\| = \|\vec{w}\| = 1 \end{cases}$$



Repère caméra $(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$
Repère monde $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$

Fig. 3. Extraction des paramètres extrinsèques de la caméra

On note que le centre optique de la caméra est placé sur l'origine du repère monde. Le point principal P de la caméra est fixé au centre de l'image. Le repère

$(\vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ est le repère de la caméra et $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ le repère monde. La caméra a été préalablement calibrée à l'aide du logiciel de Bouguet [10] donc sa focale est connue. À l'issue de cette étape, on obtient pour chaque image les trois angles d'Euler (ψ, α, ρ) autour des trois axes de la caméra (X, Y, Z) qui représentent respectivement le tangage, le lacet et le roulis.

Mise en correspondance des images

Nous avons opté pour une méthode de mise en correspondance basée sur l'histogramme géométrique des contours (PGH: Pair-wise Geometrical Histogram) [11]. Cette approche consiste à calculer, pour chaque paire de contours, l'angle entre les contours ainsi que les distances perpendiculaires minimale et maximale. La distance de Bhattacharyya donnée par l'équation (1) est ici utilisée pour apparier les histogrammes. Cette distance génère un score compris entre 0 et 1. Les bons appariements donnent des scores faibles (proche de 0) et les mauvais correspondent aux scores élevés (proche de 1).

$$d(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \sum_i \frac{\sqrt{H_1(i).H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \cdot \sum_i H_2(i)}}} \qquad (1)$$

Sélection des images clefs

La sélection des images clefs est basée sur l'hypothèse suivante: La différence ainsi que le mouvement entre deux images successives d'une séquence vidéo est négligeable. Par conséquent, il serait judicieux de sélectionner seulement les images les plus significatives, dites images clefs. Ceci permet de réduire le temps de calcul lors de la phase de localisation. Pour ce faire, on considère deux critères: le score d'appariement des histogrammes PGH ainsi que la déviation angulaire entre les directions de visée de la caméra dans les images successives.

À l'issue de cette phase d'apprentissage, on obtient une mémoire visuelle du trajet parcouru composée liste d'images clefs ainsi que l'orientation de la caméra dans chacune de ces images.

2.2 Phase de localisation

A la différence de l'étape d'apprentissage, la phase de localisation est réalisée en temps réel. Elle comporte principalement deux étapes: la recherche de l'image la plus proche (la localisation) et le calcul de la déviation angulaire entre l'image courante et l'image la plus proche. Ces deux étapes sont brièvement présentées dans cette section.

Recherche de l'image la plus proche

La position de la personne est ici obtenue en comparant les caractéristiques de l'image courante (capturée par la caméra) à celles des images clefs (mémorisées durant

l'apprentissage). Pour ce faire, nous utilisons les coins de Harris [12] comme primitives et la corrélation croisée donnée par l'équation (2) comme descripteur.

$$ZNCC(P_1, P_2) = \frac{\sum_{d\in V}(I_1(P_1+d) - \overline{I_1}(P_1))(I_2(P_2+d) - \overline{I_2}(P_2))}{\sqrt{\sum_{d\in V}(I_1(P_1+d) - \overline{I_1}(P_1))^2}\sqrt{\sum_{d\in V}(I_2(P_2+d) - \overline{I_2}(P_2))^2}} \quad (2.a)$$

avec

$$\overline{I_i}(P_i) = \frac{1}{|V|}\sum_{d\in V} I_i(P_i+d) \quad (2.b)$$

$$V = \{-N, \dots, N\} \text{ X } \{-N, \dots, N\}$$

Les primitives détectées sur l'image courante sont appariées à celles détectées sur les images clefs ce qui permet de former des listes de couples homologues (une liste pour chaque paire d'images). L'image clef dont la liste de couples donne le plus grand nombre d'inliers est considérée comme la plus proche à l'image courante (Voir Fig. 4). L'identification des inliers, dans chaque liste de couples de points, se fait par le calcul de la géométrie épipolaire et plus précisément par l'estimation de la matrice fondamentale.

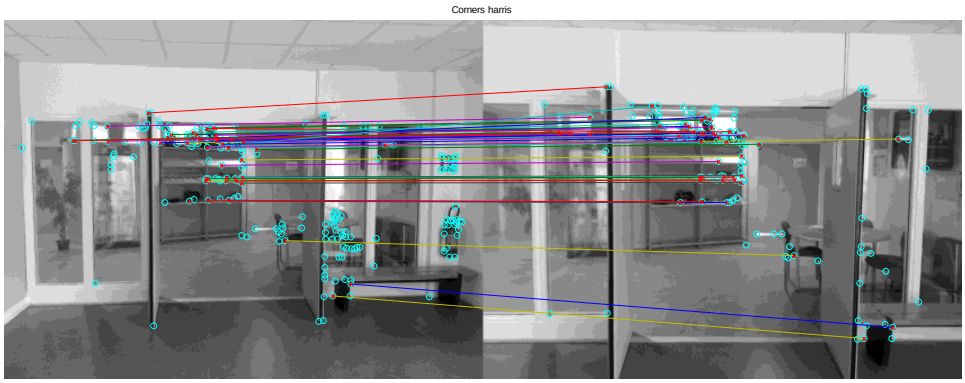


Fig. 4. Mise en correspondance des images.

On note que pour accélérer le temps de calcul, seulement la première image en provenance du flux vidéo (localisation initiale) est comparée avec toutes les images clefs de la séquence d'apprentissage. Pour les autres images, la recherche de l'image la plus proche est limitée à une fenêtre de 6 images autour de la dernière image clef sélectionnée (2 images clefs avant et 3 images clefs après).

La position de la personne correspondra ainsi à l'image clef ayant le plus grand nombre de points caractéristiques en commun avec l'image courante.

Calcul de la déviation angulaire

Une fois l'image la plus proche trouvée, on procède au calcul de la déviation angulaire de la visée de la caméra dans l'image courante par rapport à celle de l'image la plus proche de la séquence d'apprentissage via l'équation (3). Cet angle nous permet de guider et d'orienter la personne.

$$\gamma_i = \alpha_{C_i} - \alpha_i \qquad (3)$$

avec α_{C_i} l'angle de lacet de la caméra de l'image clef et α_i est l'angle de lacet de l'image courante. $\gamma_i, \alpha_{C_i}, \alpha_i \in \{0, \pi\}$

3 Résultats en images

Notre prototype expérimental comporte un Smartphone (Android - Jelly Bean 4.1.2, un CPU Quad core 1.4 GHz et une RAM de 1 GB). Les paramètres intrinsèques de la caméra sont connus (calibration). Les images sont acquises avec une résolution de 320×240. Notre algorithme a été implémenté en JAVA/C++ en utilisant la bibliothèque OpenCV. L'évaluation de la méthode est réalisée au sein des locaux de Polytech'Orléans (voir Fig. 3).

Fig. 5. Test dans les locaux de Polytech'Orléans.

Le tableau (1) présente le temps de calcul des différentes étapes (Points de fuite + orientation de la caméra, localisation). Nous pouvons noter que le temps de calcul total est d'environ 1 seconde, ce qui est relativement suffisant pour localiser et orienter les personnes malvoyantes en temps réel.

Tableau 1. Temps de calcul

Etape	Temps (ms)
Points de fuite + orientation de la caméra	90
Localisation	986
TOTAL	1076

La figure 6 présente les résultats obtenus pour un trajet donné (bleu) et le trajet parcouru par la personne (vert) ainsi que les images clefs extraites durant

l'apprentissage (le trajet suivi par la personne est dérivé de la mise en correspondance de l'image courante avec les images clefs). Nous pouvons voir que la méthode proposée permet bien de localiser la personne et de suivre sa trajectoire. Une fois la localisation réalisée, il suffit par la suite de comparer la position actuelle avec la trajectoire désirée afin de guider la personne. Ceci est réalisé à partir de la déviation angulaire calculée comme présenté précédemment. Ainsi, toute déviation pourra être détectée et corriger en temps réel.

Ce guidage, peut être assuré en utilisant des consignes auditives du type « suivre le couloir », « prendre à gauche ou à droite». L'efficacité du guidage ne repose pas seulement sur la précision et la fiabilité de la localisation mais aussi sur la pertinence et la justesse des consignes délivrées au porteur. Les critères d'évaluation d'un guidage sont donc multiples: précision avec laquelle l'utilisateur suit l'itinéraire prévu, la vitesse de cheminement, la fiabilité et ergonomie du système, etc. Ces tests sont envisagés dans le cadre du projet AZIMUT en collaboration avec le Laboratoire d'Informatique de Tours qui vise à associer plusieurs technologies (caméras de surveillance, vision embarquée et balises communicantes par radio fréquences) pour proposer un guidage à l'intérieur d'un bâtiment adapté à une personne selon son type de handicap pour se rendre à sa destination.

a) b)

Fig. 6. Illustration des trajectoires de référence et de localisation et leurs images : (a) Trajet désiré (bleu) et trajet test (vert), (b) images de localisation et les images clefs correspondantes encadré en rouge.

4 Conclusion

Nous avons proposé une méthode efficace permettant, à partir de la caméra d'un Smartphone, de faciliter le déplacement des personnes malvoyantes. Les résultats expérimentaux obtenus dans les locaux de Polytech'Orléans montrent la pertinence de la méthode proposée. Cependant, l'exploitation de notre approche de localisation par points de fuite pour un guidage des personnes en environnement intérieur devra être affinée et testée en situation réelle, dans des environnements plus complexes.

Remerciements

Cette étude est soutenue par le projet de la région CENTRE « AZIMUT », l'entreprise HERON Technologies (France) et le conseil général du Loiret.

Bibliographie

[1] S., Lee, C., Willets, A., Tan, H., and Pentland, A. Ertan, "In Proc,A wearable haptic navigation guidance system," in Second International Symposium on Wearable Computers, 1998, p. 164_165.

[2] J.A., Roumeliotis, S.I. Hesch, "An Indoor Localization Aid for the Visually Impaired," in IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA'07), 2007.

[3] V., Yalak, O., Tomé, P., and Merminod, B. Renaudin, "Indoor Navigation of Emergency Agents," European Journal of Navigation, vol. 5, no. 3, pp. 36-45, July 2007.

[4] T., Bernoulli, T., and Wieÿ_ecker, T. Walder, "An indoor positioning system for improved action force command and disaster management," in Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference, May 2009.

[5] Elloumi w., "Contributions à la localisation de personnes par vision monoculaire embarquée," Université d'Orléans, France, thèse de doctorat 2012.

[6] Canny J., "Acomputational approach to edge detection," in IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), 1986, pp. 8(6):679-698.

[7] Hough P., "Methode and means for recognizing complex patterns," in Brevet US 3 069 654.

[8] Galambos C. and Kittler J. Matas J., "Progressive Probabilistic Hough Transform," in British Machine Vision Conference, 1998.

[9] Bouatouche K. and Pattannaik S. Boulanger K., "A tool for 3d navigation inside a single image with automatic camera calibration," in EG UK conference on Theory and Practice of Computer Graphics, 2006.

[10] Bouguet J.Y., "Camera Calibration Toolbox for Matlab," in http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/, 2006.

[11] M. Ppeura, J. Srel and A. Visa J. Livarinen, "Comparison of Combined Shape Descriptors for Irregular Objects," in 8th British Machine Vision Conference (BMVC97), 1997.

[12] Harris C. and Stephens M., "A combined corner and edge detector," in In Alvey Vision Conference, 1988, p. 147151.

Logiciel de Support pour l'Apprentissage de l'Algèbre et la Communication entre Personnes Voyantes et Non Voyantes

Silvia Fajardo Flores and Dominique Archambault

EA 4004 – CHArt-THIM
Université Paris 8, France
silvia.fajardo-flores@etud.univ-paris8.fr,
dominique.archambault@univ-paris8.fr

Résumé Le but de notre projet c'est de faciliter l'apprentissage de l'algèbre pour les élèves non voyants ou malvoyants, et d'améliorer la communication et la collaboration avec leurs professeurs et camarades de classe. Suite à une analyse des besoins d'élèves voyants et non voyants pendant la résolution d'équations algébriques, et prenant en compte les recommandations des enseignants de mathématiques, nous avons développé un prototype de logiciel qui permet d'éditer des expressions algébriques et de travailler à leur résolution. Ce prototype utilise une sortie synchronisée visuelle et auditive afin de permettre la communication entre utilisateurs voyants et non voyants. A présent, le prototype est finalisé et nous préparons les tests avec des élèves et leurs enseignants dans leur environnement scolaire.

1 Introduction

Les difficultés que les élèves et les étudiants non voyants rencontrent quand ils apprennent l'algèbre dans leur environnement scolaire sont nombreuses, notamment dans l'accès aux contenus des expressions mathématiques et dans leur manipulation pour effectuer des calculs essentiels. Les élèves voyants ont la possibilité de s'aider en annotant/griffonnant ou faisant des schémas autour de ces expressions, et le manque d'équivalents non visuels de ce type de support ajoute une difficulté aux élèves et étudiants handicapés visuels [1,2]. L'ordinateur peut diminuer ces difficultés de façon importante et faciliter l'interaction entre voyants et non voyants. Parmi les logiciels et prototypes développés à ce propos, on peut mentionner le Math Genie [3,4], Lambda [5] et MaWEn [2,6] ; néanmoins leurs fonctionnalités sont limitées ou bien ils ne prennent pas en compte les aspects pédagogiques requis pour l'apprentissage.

2 Interaction et apprentissage

Il est admis que les interactions homme-machine dans les logiciels pour apprendre les mathématiques peuvent affecter positivement ou négativement la

compréhension conceptuelle des étudiants [7,8]. Dans un logiciel qui a pour but de faciliter certaines tâches pendant l'apprentissage, il est important de prendre en compte en même temps les aspects pédagogiques impliqués. En nous basant sur le travail de [9], nous avons identifié les actions requises par des étudiants voyants et non-voyants en résolvant des équations linéaires, et les aspects fondamentaux d'interaction [10]. Les tâches les plus communs à réaliser sont l'édition d'expressions, la multiplication de facteurs d'un ou plusieurs termes et la simplification des termes semblables ; ces tâches ont été identifiées en [11] comme essentielles après une analyse de textes scolaires.

En ce qui concerne les besoins spécifiques pour les utilisateurs non voyants, la facilitation de l'accès direct aux termes dans l'expression et la réduction de la charge mentale sont des aspects critiques à prendre en compte. En même temps, le logiciel doit permettre à l'élève d'être autonome, de choisir sa stratégie de solution et de faire des erreurs.

Même s'il semble être un travail simple, le vrai défi c'est de rendre les tâches faciles à réaliser sur une interface, sans interférer négativement sur le processus d'apprentissage. Afin de travailler avec des expressions algébriques dans la salle de classe, un élève doit être capable de les écrire, de les comprendre et de les manipuler, tout en ayant la direction et la supervision d'un enseignant.

2.1 Compréhension d'une expression

Afin de proposer des interactions convenables pour la compréhension d'expressions et la mise en opération d'une stratégie de solution dans notre interface, il faut premièrement savoir ce qui signifie « comprendre »une expression mathématique. Par la suite, on peut envisager à quel degré notre interface peut être utile.

Ernest [12] propose un modèle pour la compréhension de la signification cognitive des expressions mathématiques, selon lequel le processus se déroule de la façon suivante : Premièrement, l'expression est explorée visuellement par le lecteur ; à partir de cette observation il forme une structure superficielle qui sert à vérifier si touts les symboles sont connus et si la longueur et la complexité de l'expression sont gérables. Ensuite s'exécute le processus d'analyse syntaxique, dont on identifie l'opérateur principal à partir duquel l'arbre syntactique sera formé ; celui ci est un processus itératif qui comprenne le traitement de toutes les sous-expressions. Après, la signification des opérateurs est récupérée de la mémoire sémantique à long terme. Par la suite, la représentation sémantique de la structure est formée et préparée, soit pour être transformée, ou bien juste aux fins de complémenter la connaissance du sujet.

Dans le modèle de [12] on parle d'une exploration visuelle, que dans le cas des non voyants s'effectue normalement à partir d'une expression représentée en braille ou par audio. On peut dire que dans notre cas le problème originel c'est la représentation de l'expression. Le reste du modèle comprend des processus cognitifs qui ne dépendent pas de la capacité visuelle, donc on peut considérer qu'il peut servir de référence commune pour les voyants et les non voyants.

La capacité de comprendre la structure syntactique des expressions algébriques est essentielle pour la réussite dans l'apprentissage de l'algèbre. Les transformations inhérentes à la résolution d'équations algébriques ne sont possibles qu'après un analyse syntaxique complet [13].

Au niveau syntaxique il est possible de proposer des interactions pour faciliter la compréhension de la structure et complexité d'une expression. Par contre, le sens que l'élève va assimiler à partir d'une expression dépend de ce que l'enseignant lui apprend comme concepts fondamentaux de l'algèbre. Autrement dit, un élève qui arrive à comprendre la syntaxe d'une équation et les transformations qui peuvent être appliqués, peut parvenir à sa résolution même sans avoir une idée de ce qui représentent ni l'équation ni la solution. Donc, en ce qui concerne notre proposition d'interface on va se concentrer principalement sur le domaine syntaxique, et on mènera des tests avec des élèves et leurs enseignants pour vérifier si elle sert également aux fins pédagogiques.

2.2 Représentation de contenus

Représenter des expressions pour leur l'accès par les personnes non voyantes n'est pas une tâche facile. La conversion d'une structure bidimensionnelle vers une représentation non visuelle telle que le braille ou l'audio demande l'utilisation d'information additionnelle pour décrire les termes [14–16]. En plus, la conversion vers l'audio peut être ambiguë.

Au sein de la représentation par audio, [16] suggère que l'utilisation d'information auditive additionnelle est une question incontournable puisque il est nécessaire de décrire les propriétés de l'expression par rapport à la résolution spatiale. Par conséquent, la description auditive doit résoudre l'ambiguïté structurelle d'une façon efficace ; en plus, il doit donner à l'utilisateur le contrôle sur la navigation et la possibilité d'avoir une vue générale de l'expression [14, 16].

Pour [14], le problème de l'adaptation visuelle vient du fait que aucun des autres sens n'a autant de bande passante comme la vision. À première vue une personne voyante peut saisir la longueur et complexité d'une expression, et contrôler le flux d'information de façon immédiate.

D'après [15, 16], la question c'est la communication correcte de la résolution spatiale d'une expression. Cependant, nous proposons que bien que la structure d'une expression doit être clarifiée, ceci n'est pas une question de résolution spatiale mais de syntaxe mathématique. Donc, il est possible de surmonter le problème de la bidimensionnalité en offrant une représentation syntactique auditive complète sans décrire des caractéristiques spatiales ; ceci est une question importante à se poser par rapport à la navigation dans la formule. On propose aussi que l'ambiguïté d'une expression peut être réduite en transférant à l'utilisateur le contrôle de la position dans la formule et de la granularité de la navigation. D'un autre côté, la possibilité d'offrir une vue générale de l'expression est primordiale. Nous avons choisi la représentation auditive comme sortie non visuelle.

2.3 Communication et collaboration

La différence de représentation de contenus mathématiques entre les personnes voyantes et non voyantes rend difficile la communication directe entre eux. Dans la salle de classe, les élèves ont besoin de prendre des notes des exercices à partir du discours oral de l'enseignant, montrer le déroulement d'un exercice, rendre des devoirs et travailler avec leurs camarades de classe. Pour mener à bien ces activités, les élèves non voyants normalement sont aidés par des enseignants spécialistes de la déficience visuelle, qui font la transcription du braille vers le noir et vice versa. Même si le travail des enseignants spécialisés rend possible la communication de contenus par écrit, cette communication ne se produit pas de façon immédiate pour servir aux besoins dans la salle de classe. Une interface pour l'édition et traitement dynamique de contenus mathématiques offrant une sortie adéquat pour chaque représentation pourrait améliorer la communication de contenus et la collaboration entre personnes voyantes et non voyantes. Les deux modalités de sortie seront synchronisées dynamiquement suivant les interactions de l'utilisateur, de façon que le terme ou les termes actifs puissent être identifiés aussi bien par les voyants que par les non voyants.

3 Implémentation du prototype

Notre prototype offre l'édition d'expressions, la synchronisation visuelle et auditive des termes actifs, ainsi que des commandes pour faciliter l'accès directe aux termes et la minimisation de la charge mentale. Parmi les interactions incluses dans le prototype, certaines avaient été déjà considérées lors d'autres travaux, par exemple : navigation par bloc [1–3] et localisation de positions spécifiques dans la formule [6].

3.1 Édition

La totalité des termes dans une expression peut être écrit directement d'après le clavier. Pour écrire la puissance d'un exposant il suffit d'indiquer le début en utilisant [Ctrl]+[Flèche vers le haut], et pour la fin [Ctrl]+[Flèche vers le bas]. Les fractions se forment en utilisant le raccourci [Ctrl]+[T] précédé de la sélection des termes qui vont composer la fraction ; c'est l'opérateur «/» qui délimite le numérateur et dénominateur.

L'édition et suppression de termes se fait par défaut caractère par caractère ; la suppression de multiples termes est possible après une sélection de termes à supprimer. Les commandes pour copier et coller sont également incluses.

3.2 Navigation

La navigation entre termes ou blocs composant une expression utilise les flèches droite et gauche uniquement, même pour les termes bidimensionnels, prenant en compte que la bidimensionnalité d'une expression est utile surtout

à la vue, et que le sens d'une expression ne change pas quand on le représente de façon linéaire. Par exemple 1/2 et $\frac{1}{2}$. Par contre, cette façon de naviguer pourrait déconcerter l'utilisateur voyant dans une expression compliquée comme un fraction avec multiples termes au numérateur et dénominateur. Cet aspect sera considéré dans les tests.

Pour naviguer dans une expression il est possible d'avancer et aller en arrière dans des différents niveaux de l'arbre syntactique, dont la granularité de navigation est contrôlée par l'utilisateur. Par exemple, dans une expression complexe telle que $x + 2(x + 2(x + 2)) = x + 2$ il existent plusieurs niveaux de profondité (Fig. 1) ; l'utilisateur peut avancer terme par terme, ou bien aller dans un niveau plus profonde dans l'arbre. Sur l'interface l'affichage et la navigation seront toujours linéaires.

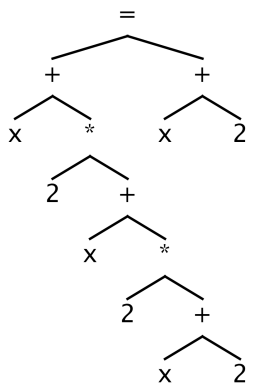


Figure 1. Arbre syntaxique.

3.3 Accès et repérage

Afin de faciliter l'accès direct aux termes d'une expression, nous proposons la recherche libre et la recherche de termes semblables. Dans la première, l'utilisateur peut chercher une séquence de termes ou opérateurs de façon pareil à la recherche du texte. Dans la deuxième, le critère de recherche est un exposant (avec ou sans puissance), et la recherche renvoie comme résultat l'ensemble des termes semblables de cet exposant dans l'expression, y compris ceux qui se trouvent entre parenthèses, dans une fraction, ou bien dans un autre membre. La recherche de termes semblables n'est pas sémantique, mais purement lexicale. Si l'utilisateur cherche les termes semblables en x^2, des termes comme $x.x$ ou $(x + 2)^2$ ne s'afficheront pas comme résultats.

Dans les deux types de recherche, l'utilisateur peut allet aller au résultat suivante ou précédente.

Par rapport au repérage dans l'expression, nous proposons l'attribution et la suppression des marques comme un outil pour indiquer les termes qui ont déjà

été traités, de façon équivalente à barrer le terme avec un crayon sur le papier. On garde aussi la dernière position du curseur dans la ligne, de tel façon qu'en y revenant on se trouve où on s'attend.

3.4 Facilitation des calculs vs aspects pédagogiques

Au sein de la salle de classe, les élèves malvoyants ou non voyants doivent avoir une possibilité équivalente aux voyants par rapport à la facilité d'exécution des calculs. Afin d'améliorer la performance des élèves avec une déficience visuelle, on propose une commande pour trouver automatiquement les termes semblables d'une expression, à utiliser par exemple pendant une simplification. Bien que cette option pourrait mettre en avantage à l'utilisateur malvoyant ou non voyant par rapport à l'utilisateur voyant qui n'utilise pas le logiciel, l'utilisateur doit toujours choisir entre les termes qui sont susceptibles d'être simplifies et ceux qui ne le sont pas. Donc, bien que il s'agit probablement d'un avantage qui ne représente pas nécessairement un obstacle pour l'apprentissage, c'est un point à discuter avec les enseignants.

La totalité des interactions proposées s'affichent sur le tableau 1.

Tableau 1. Besoins identifiés et interactions proposées

Besoin	**Interaction**
Facilité d'édition	Écriture directe par clavier commun.
Compréhension	Navigation libre, granularité adaptable de navigation, affichage par bloc structurel et sémantique, sortie auditive sur demande.
Manipulation et contrôle	Sélection et suppression par bloc, mise et suppression de marques.
Accès direct et repérage	Recherche libre, recherche de termes, mise et suppression de marques, navigation entre résultats des recherches et des termes marqués, conservation de la position du curseur par ligne.
Vue générale de l'expression	Affichage par bloc structurel et sémantique.
Minimisation de la charge de mémoire	Mise et suppression de marques, granularité adaptable de navigation.
Communication et cooperation	Soulignage visuel et sortie auditive synchronisés, enregistrement du document sous fichier.

Notre prototype a été développé sur la plateforme Mozilla : XUL+XPCOM, Python comme langage de script, et MathML de présentation pour représenter les expressions mathématiques. Une expression est, donc, représentée à l'intérieur par un arbre syntaxique, et à l'extérieur comme un expression linéaire ou bidimensionnelle selon les termes qui la composent. Les figures 2, 3 et 4 affichent des exemples d'utilisation.

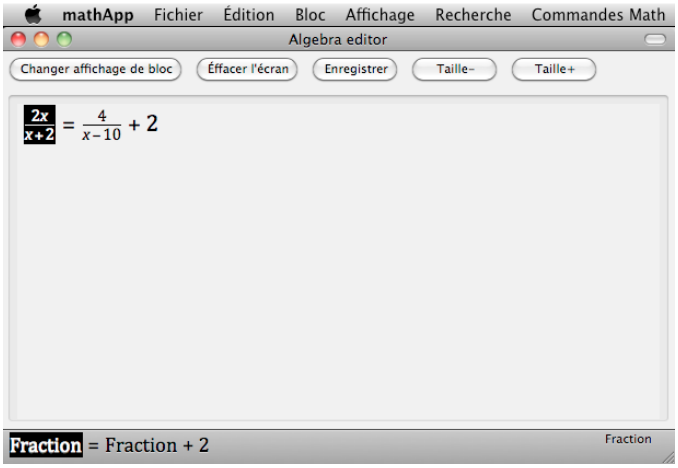


Figure 2. Exemple d'affichage d'un expression complexe.

Figure 3. Exemple de recherche libre de termes.

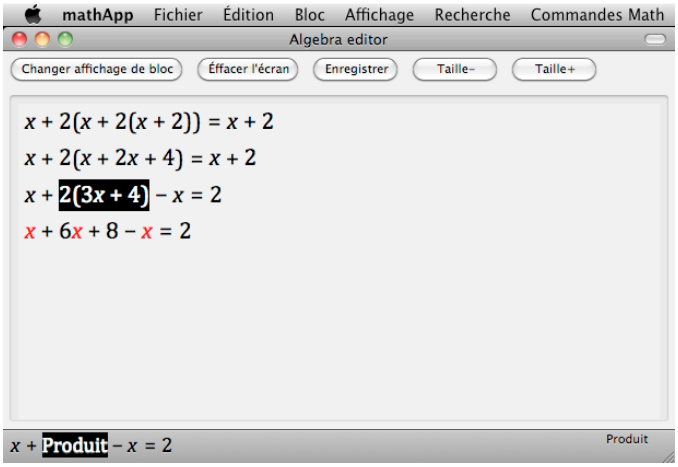


Figure 4. Exemple de navigation par bloc pendant la résolution d'une équation linéaire, et marquage de résultats d'une recherche de termes.

3.5 Limitations

Bien que les logiciels développés sur la plateforme Mozilla peuvent être éxécutes dans plusieurs plateformes, à présent, des problèmes d'accessibilité empêchent la lecture synchronisée des contenus du logiciel avec le lecteur d'écran de l'utilisateur. Pour l'instant nous utilisons une solution temporaire pour la sortie vocale ; bien que cette solution nous permettra de mener les tests, la performance n'est pas si adéquate et cela pourrait influencer les résultats bruts de l'évaluation par les utilisateurs, donc il faudra en tenir compte pendant l'interprétation de résultats. D'autre part, nous travaillons à la résolution de ce problème.

4 Tests

À présent nous sommes en train de planifier les tests en collaboration avec les enseignants travaillant avec des élèves voyants et non voyants souhaitant participer. Nous voulons analyser l'efficacité des interactions implémentées dans notre logiciel par rapport à la facilitation des tâches d'édition, résolution et communication, et leur influence par rapport aux objectifs d'apprentissage. Nous allons vérifier les hypothèses suivantes :

- La compréhension de la syntaxe d'une expression ne dépend pas de la représentation auditive de la structure spatiale.
- La compréhension de la syntaxe d'une expression ne dépend pas de la navigation bidimensionnelle de la structure.
- L'ambiguïté inhérente à la représentation auditive peut être soulagée par la navigation granulaire à la demande de l'utilisateur non voyante ou malvoyante.
- Il existe une relation entre le niveau de granularité de navigation par rapport à la charge de mémoire pour comprendre la structure syntactique d'une expression complexe.

4.1 Participants

Nous allons évaluer le logiciel avec les participants suivants :

- Élèves non voyants, malvoyants et sans déficience visuelle qui apprennent l'algèbre
- Enseignants de mathématiques
- Enseignantes spécialisés en la déficience visuelle

4.2 Activités

Les activités prévues pendant l'évaluation sont :

Compréhension

- Explorer une expression dans l'interface, puis l'écrire en braille.
- Explorer une expression en braille, puis l'écrire dans l'interface.
- Écrire une expression dans l'interface à partir d'une dictée de l'enseignant.

Facilitation de tâches

– Résoudre des équations linéaires simples et complexes.

Communication Pendant toutes les activités, l'élève sera supervisé par l'enseignant, de tel façon qu'on puisse observer la façon dont les deux interagissent.

4.3 Analyse

Nous allons observer :

– La compréhension de la structure des expressions mathématiques complexes.
– Le repérage dans les expressions.
– La facilité d'édition et navigation d'expressions algébriques.
– La possibilité de résolution d'après la stratégie de l'utilisateur.
– La charge mentale pendant les tâches de distribution de facteurs et de simplification.
– L'efficacité de la communication et la collaboration entre personnes voyantes et non voyantes.

La démarche complète sera enregistré en video. L'observation des activités sera complémentée par la réalisation d'un questionnaire non structuré avec les participants.

5 Conclusion

Nous avons présenté les aspects de compréhension et représentation des expressions, ainsi que les aspect pédagogiques qui ont été considérés pour le développement d'un logiciel de support pour l'apprentissage de l'algèbre. Le logiciel est à ce moment prêt pour mener des tests utilisateurs, dont nous allons vérifier nos hypothèses. Les résultats nous aideront à mieux comprendre les aspects cognitifs et pédagogiques de l'apprentissage de l'algèbre au sein d'une interface pour les personnes non voyantes y malvoyantes, ainsi que les interactions désirées pour faciliter leur travail dans la salle de classe.

Références

1. K. Miesenberger, "Doing mathematics," http ://www.ascience-thematic.net/en/conferences/paris/Miesenberger, 2008.
2. D. Archambault, "Non visual access to mathematical contents : State of the art and prospective," in *Proceedings of the WEIMS Conference 2009 (The Workshop on E-Inclusion in Mathematics and Science)*, 2009, pp. 43–52.
3. D. Gillan, P. Barraza, A. Karshmer, and S. Pazuchanics, "Cognitive analysis of equation reading : Application to the development of the math genie," in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and D. Burger, Eds. Berlin : Springer-Verlag, 2004, pp. 630–637.

4. A. Karshmer, C. Bledsoe, and P. Stanley, "The architecture of a comprehensive equation browser for the print impaired," in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and D. Burger, Eds. Berlin : Springer-Verlag, 2004, pp. 614–619.
5. W. Schweikhardt, C. Bernareggi, N. Jessel, B. Encelle, and M. Gut, "Lambda : a european system to access mathematics with braille and audio synthesis," in *Proc. ICCHP 2006 (10th International Conference on Computers Helping People with Special Needs)*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and A. Karshmer, Eds. Springer, 2006, pp. 1223–1230.
6. B. Stöger, K. Miesenberger, and M. Batusic, "Mathematical working environment for the blind : Motivation and basic ideas," in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and D. Burger, Eds. Berlin : Springer-Verlag, 2004, pp. 656–663.
7. N. Balacheff, "Artificial intelligence and mathematics education : Expectations and questions," in *Proceedings of the 14th Biennal of the AAMT*, T. Herrington, Ed., 1993, pp. 1–24.
8. P. Drijvers and K. Gravemeijer, "Computer algebra as an instrument : Examples of algebraic schemes," in *The Didactical Challenge of Symbolic Calculators : Turning a Computational Device Into a Mathematical Instrument*, D. Guin, K. Ruthven, and L. Trouche, Eds. Springer, 2005.
9. L. Carry, C. Lewis, and J. Bernard, "Psychology of equation solving : An information processing study," The University of Texas at Austin, Tech. Rep., 1979.
10. S. Fajardo Flores and D. Archambault, "Understanding algebraic manipulation : Analysis of the actions of sighted and non-sighted students," in *The International Workshop on Digitization and E-Inclusion in Mathematics and Science 2012 (DEIMS12)*, K. Yamaguchi and M. Suzuki, Eds., 2012.
11. B. Stöger, M. Batusic, K. Miesenberger, and P. Haindl, "Supporting blind students in navigation and manipulation of mathematical expressions : Basic requirements and strategies," in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and A. Karshmer, Eds. Berlin : Springer-Verlag, 2006, pp. 1235–1242.
12. P. Ernest, "A model of the cognitive meaning of mathematical expressions," *British Journal of Educational Psychology*, vol. 57, no. 3, pp. 343–370, 1987.
13. D. Kirshner, "The visual syntax of algebra," *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 20, no. 3, pp. 274–287, 1989.
14. A. Edwards and R. Stevens, "Mathematical representations : Graphs, curves and formulas," in *Non-Visual Human Computer Interactions : Prospects for the Visually Handicapped*, D. Burger and J. Sperandio, Eds., 1993, pp. 181–193.
15. A. Awde, Y. Bellik, and C. Tadj, "Complexity of mathematical expressions in adaptive multimodal multimedia system ensuring access to mathematics for visually impaired users," *International Journal of Computer and Information Engineering*, vol. 2, no. 6, pp. 393–405, 2008.
16. E. Bates and D. Fitzpatrick, "Spoken mathematics using prosody, earcons and spearcons," in *Computers Helping People with Special Needs*, K. Miesenberger, J. Klaus, W. Zagler, and A. Karshmer, Eds. Berlin : Springer-Verlag, 2010, pp. 407–414.

Un produit universel pour une interface sur mesure

Julien Veytizou[1], Guillaume Thomann[1], François Villeneuve[1]

[1] G-SCOP Science pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble
46 avenue Félix Viallet – 38031 Grenoble Cedex 1 - France
{Julien.Veytizou@grenoble-inp.fr}

Abstract. L'intégration des usagers et des usages dans le processus de conception reste un défi à relever ; spécialement pour des utilisateurs atypiques comme les personnes en situation de handicap. Leur environnement n'est pas toujours adapté aux interfaces Homme/Machine. Dans le domaine musical, de nombreux systèmes permettent à ces utilisateurs de jouer de la musique à partir de sons numériques. Mais peu d'entre d'elles facilitent la pratique musicale sur des instruments acoustiques. Dans ce contexte spécifique, ce papier présente notre approche de conception centrée utilisateur pour la conception d'un produit universel. Ce système transforme un objet de l'environnement de l'utilisateur en interface sur mesure pour jouer des instruments de percussion.

Keywords: conception centrée utilisateur, environnement utilisateur, handicap, interaction Homme/Machine, musique acoustique, robotique musicale

1 Introduction

Traditionnellement, les concepteurs fabriquent des produits ou des interfaces pour des utilisateurs valides censés avoir des capacités motrices normales. Les utilisateurs atypiques, comme les personnes en situation de handicap, sont forcés de s'adapter à ces produits en utilisant des aides techniques [1][2]. Mais ces aides sont souvent abandonnées à cause de leur complexité d'utilisation. La principale raison est due à une prise en compte minimale de ces utilisateurs, de leurs besoins et de leurs exigences dans les activités de conception. Il existe principalement deux grands groupes de concepteurs de systèmes pour les utilisateurs en situation de handicap : Social Pull et Techno Push [3]. Les premiers (Social Pull) ont des besoins bien définis. Ils ont une bonne connaissance du handicap. Ils recherchent principalement des solutions technologiques pratiques et robustes, en ignorant souvent les technologies les plus avancées. Le risque majeur serait ici de se concentrer sur une solution obsolète, non utilisable et trop chère. Les seconds (Techno Push) ont une innovation technologique à proposer dont ils recherchent des applications dans le domaine du handicap. Le risque majeur serait ici de proposer des solutions pour des besoins imaginaires ou non-prioritaires. Une solution pour contourner ces problèmes est de créer des liens entre ces deux stratégies en travaillant avec une équipe multidisciplinaire. L'utilisation de la conception intégrée est une solution à cette problématique car elle intègre cette multidisciplinarité ainsi que tous les acteurs du

projet dans le processus de conception. Notre travail de recherche consiste à développer et fabriquer des interfaces physiques efficaces. Ces solutions facilitent l'accès à la musique acoustique pour des utilisateurs en situation de handicap moteur. Dans ce contexte, la question des utilisateurs est la suivante :

Malgré mon handicap, puis-je jouer de la musique sur des instruments acoustiques ?

Dans le cas de la batterie, l'utilisateur en situation de handicap ne pourrait pas tenir une mailloche pour réaliser une frappe sur l'instrument. Il est forcé d'utiliser une nouvelle interface couplé à un dispositif de frappe sur l'instrument. Actuellement, l'environnement des utilisateurs en situation de handicap n'est pas organisé pour accueillir des interfaces Homme/Machine. Une solution est la conception de produit unique pour chaque utilisateur. Mais ce processus peut être long et difficile en raison de la myriade de profils utilisateurs. Dans ce contexte, la question de recherche peut s'écrire :

Comment concevoir un produit universel qui transforme l'environnement de l'utilisateur en interface sur mesure ?

Pour répondre à ces questions, notre approche est la suivante :

- Rechercher les approches de conception traitant ces questionnements dans le domaine du handicap,
- Identifier les besoins des utilisateurs finaux pour la conception d'un tel produit,
- Effectuer des expérimentations in-situ pour l'évaluation de notre solution.

Dans cet article, nous présentons notre approche de conception pour la réalisation de notre produit. Puis cette approche est mise en application avec une identification des besoins, une présentation de notre concept de solution et quelques évaluations. Enfin, nous terminons par une conclusion et les travaux futurs.

2 Méthodologie de conception

La conception pour et avec les personnes en situation de handicap se présente comme une approche centrée utilisateur dont l'objectif est d'améliorer l'utilisabilité du produit comme facteur de qualité. Une méthodologie de conception principale existe sous cette appellation : la Conception Centrée Utilisateur (UCD, User-Centered Design en Anglais) définit par sa norme ISO 9241-210. Cette méthodologie propose des points techniques que le projet de conception doit prendre en compte : une connaissance des utilisateurs finaux (tâches, environnements), une participation active de ces utilisateurs (besoins et exigences), une répartition appropriée des fonctions entre les utilisateurs et la technologie, une démarche de conception itérative, l'intervention d'une équipe multidisciplinaire [4]. Le cycle de conception centrée utilisateur est décomposé en 6 étapes (Figure 1). C'est un processus itératif (étape 1 à 4) qui se termine quand la solution de conception satisfait aux exigences de l'utilisateur final (étape 5).

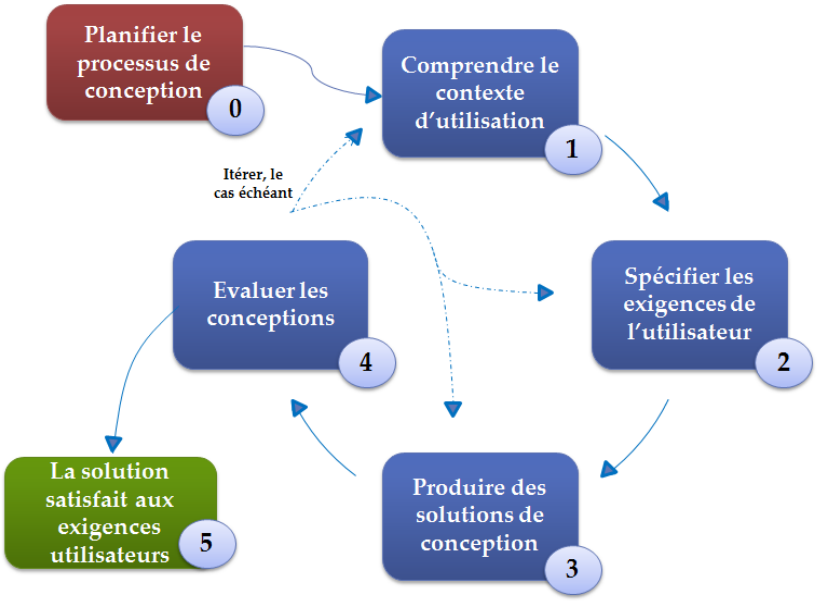


Fig.1 Le processus de conception centrée utilisateur

En liens avec cette méthodologie, différents courants de conception se positionnant aussi comme des approches centrées utilisateurs existent [5]. Parmi eux se présentent les courants universels [6][7]. Leur objectif est de concevoir des produits accessibles et utilisables par le plus grand nombre d'usagers possibles. A l'opposé, les courants spécialisés sont connus [8][9]. Leur objectif est de concevoir des produits uniques ou sur mesures basés sur les besoins de l'utilisateur ou d'une situation médicale particulière. Ces différentes approches de conception centrée utilisateur sont utilisées comme support pour la réalisation de notre produit. Nous appliquons le processus de conception défini par la norme ISO 9241-210 pour la réalisation de notre interface. Notre démarche se divise en trois parties :

- Identification des besoins pour comprendre le contexte d'utilisation et spécifier les exigences de notre système
- Prototypage d'un concept de solution après analyse d'une structure et architecture produit répondant aux besoins
- Evaluation de la solution par des expérimentations in-situ.

3 Application : étude préliminaire

Pour l'identification des besoins, nous avons travaillé en collaboration avec l'association AE2M de Grenoble. Cette association conçoit des interfaces Homme/Machine permettant la pratique de la musique sur des instruments acoustiques pour des utilisateurs en situation de handicap moteur. C'est une équipe multidisciplinaire qui est entourée de trois domaines de compétences : musical, paramédical et ingénierie. Notre identification des besoins est divisée en 3 parties : identification à partir des utilisateurs de handicap pour comprendre le contexte d'utilisation de notre produit, identification à partir des systèmes existants avec l'association AE2M pour spécifier les exigences de notre produit, identification à

partir de l'interaction homme machine pour comprendre l'interaction avec notre futur système.

3.1 Utilisateur en situation de handicap

Les caractéristiques utilisateurs définissent le contexte dans lequel le produit sera utilisé. La définition de la CIF (Classification Internationale du Fonctionnement, du handicap et de la santé) proposé par l'OMS (l'Organisation Mondiale de la Santé) est utilisée comme support pour comprendre la terminologie du terme handicap [10]. Cette définition fournit un langage commun pour tous les acteurs du projet de conception. Elle est basée sur les structures et fonctions anatomiques, les limitations d'activités, la restriction de participation et les facteurs environnementaux important à l'utilisateur. Le handicap résulte de l'interaction entre une personne ayant des conditions de santé et les facteurs contextuels (personnels et environnementaux). La déficience se réfère à des modifications des fonctions corporelles ou des structures anatomiques, comme la paralysie. Les limitations d'activités sont les difficultés qu'une personne peut rencontrer dans ces activités (marcher, manger, jouer, etc). Les restrictions de participation sont les problèmes qu''une personne peut rencontrer pour participer à une situation de la vie quotidienne, telles que l'inaccessibilité des transports ou la pratique musicale en concert. Dans notre cas, les utilisateurs demandeurs de ce système sont pour la plupart lourdement handicapés et équipés de fauteuil électrique.

3.2 Les systèmes existants

Plusieurs interfaces conçues permettent la pratique de la musique à partir de sons numériques. Le BAO-PAO [11] s'intègre parfaitement à la musique assistée par ordinateur. Il a besoin pour fonctionner d'un ordinateur et d'un logiciel spécial. Il se compose de quatre arcs en acier rigides, terminées chacune par deux sphères aux extrémités. Un faisceau laser passe entre la sphère supérieure et inférieure. Il génère un son lorsque le musicien l'a traversé avec une baguette ou à sa main. TouchTone [12] est un instrument de musique électronique. Son objectif est de développer les aptitudes musicales, de développer la coordination bi manuelle et d'accroître la participation sociale des enfants atteints de paralysie cérébrale. Le GUI // RO [13] est un instrument contrôlée par un stylet, augmenté d'un retour de force. Le système est fabriqué au moyen d'un électroaimant contrôlé par la carte Arduino. Les sons et les effets haptiques sont générés par la position du stylet sur l'écran tactile. Avec ces solutions, les utilisateurs peuvent jouer de la musique grâce aux sons synthétisés. Cependant, l'instrument de musique est dématérialisé. L'installation et le transport peut être difficile et non adapté à l'environnement des utilisateurs en situation de handicap. Les interfaces fabriquées par l'association AE2M permettent à leur utilisateur de jouer sur des instruments de percussion. Une solution spécifique réalisée est un système électromécanique permettant la frappe d'une mailloche sur des instruments de percussion. L'utilisateur actionne le système par le biais d'accessoires du commerce (contacteurs, bouton poussoir, pression, etc). Avec ce système, le musicien ne peut réaliser différentes vitesses de frappe sur l'instrument. La préparation des activités musicales peuvent être longues et difficiles à cause de la

myriade de profils utilisateurs. Ce système rencontre donc certaines difficultés de s'intégrer naturellement dans l'environnement de l'utilisateur.

3.3 Interaction homme machine

Pour définir les tâches utilisateurs sur l'interface, il important de concevoir l'interaction homme machine. Dans notre contexte musical, Métois propose une définition générale qui considère le « geste musical » comme tout ce qui remplit l'espace entre les intentions musicales (cognition) et les sons musicaux (ondes physiques) [14]. Le « geste musical » intègre le concept du « geste instrumental ». Cadoz définit « le canal gestuel » comme un moyen bidirectionnel d'agir sur le monde physique : l'envoi et la réception de l'information. Puis sa définition considère le « geste instrumental » comme une modalité de communication spécifique au « canal gestuel » [15] : il s'applique à un objet matériel et il y a une interaction physique avec lui, dans ce contexte d'interaction se produit des phénomènes physiques, ces phénomènes peuvent devenir des messages communicationnels.

3.4 Synthèse

Ces différentes analyses permettent de décrire les besoins ainsi que les exigences de notre réalisation d'interface. Dans notre contexte musical, nous devons proposer une interface innovante à des utilisateurs en situation de handicap moteur. Cette solution permettrait de jouer de la musique (activité) et ainsi de participer à un concert (participation) avec le même niveau d'autonomie qu'une personne valide (structure et fonction du corps). Pour les spécialistes du domaine musical et paramédical, notre solution doit être facile à installer, s'intégrer naturellement dans l'environnement de l'utilisateur. Le système doit réaliser différentes vitesses de frappes sur l'instrument de musique. Les ingénieurs recommandent une solution avec un minimum d'équipement électronique. La maintenance doit être facile. En plus, le temps entre la détection de l'action de l'utilisateur et la réponse du système doit être transparent. Le musicien recommande un temps de retard de moins de dix millisecondes. **Notre proposition est de transformer n'importe quel objet de l'environnement de l'utilisateur comme une unité d'action pour un système électromécanique positionné sur l'instrument.**

4 Proposition d'un concept de solution

Cette partie présente notre concept de solution à partir de la synthèse précédente. La structure produit est définie avec une représentation de l'interaction Homme/Machine dans notre contexte spécifique. Son architecture est décrite avec une décomposition fonctionnelle des composants.

4.1 Structure produit

La structure produit se base sur notre propre représentation de l'interaction Homme/Machine en utilisant les définitions du « geste musical et instrumental » (Figure 3). Dans notre contexte, l'utilisateur a une intention musicale. Il réalise une

action sur un objet de son environnement. Cette interaction produit des phénomènes physiques (vibration, pression…) qui peuvent être contrôlés par l'utilisateur (durée, amplitude). Ces phénomènes peuvent donc devenir des messages communicationnels pour contrôler un système électromécanique. Ce système permet la frappe d'une mailloche sur un instrument de percussion. Les éléments essentiels dans la conception de notre futur produit sont : « un capteur à pince » pour la détection de phénomènes physiques, des cartes électroniques pour transformer ces phénomènes en message d'action pour des actionneurs (électroaimant) positionnés sur l'instrument de musique. Le développement est inspiré des différents travaux réalisés par le L.E.M.U.R[1]. Il est le réalisateur du célèbre Orchestrion de Pat Metheny composés de quarante instruments de musique robotisés. Les moyens mis en œuvre mobilisent principalement des moteurs pas à pas, des servomoteurs et des électroaimants comme actionneurs, contrôlés par des signaux PWM (Pulse Width Modulation) [16][17].

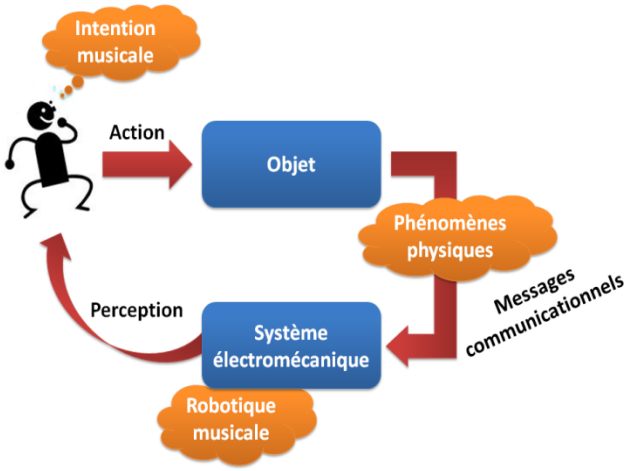


Fig.3 Interaction Homme/Machine de notre produit

4.2 Architecture produit

A partir des définitions précédentes, cette partie décrit l'architecture de notre produit. Elle est divisée en deux parties (Figure 4) : une partie contrôle avec un capteur à pince, des cartes électroniques et les entrées d'un microcontrôleur, et une partie actionneur avec les sorties d'un microcontrôleur, des cartes électroniques et un système mécanique.

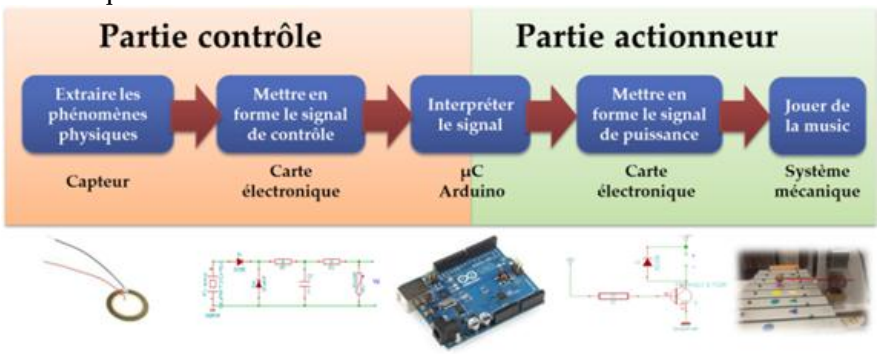


Fig.4 Architecture produit

1. *L.E.M.U.R League of Electronic Musical Urban Robots*

Le capteur délivre un signal. Il est interprété par un microcontrôleur pour commander un système mécanique. Cette commande est relative aux intentions musicales de l'utilisateur. Dans notre cas, la carte Arduino correspond à nos attentes. Ce matériel est open source et facile à utiliser. Ce matériel est très utilisé dans la conception de nouvelles interfaces pour l'expression musicale [18]. Après cette interprétation, un signal PWM est généré en sortie du microcontrôleur pour commander un électroaimant. Le courant de sortie est trop faible pour commander ce système, un traitement de signal de puissance est donc nécessaire. Tous ce processus doit être réalisé en moins de dix millisecondes.

5 Evaluation de la solution

Cette section présente une évaluation de la solution de conception par rapport aux besoins et exigences des utilisateurs. Différentes expérimentations ont permis le choix du capteur et l'étude de la vitesse de frappe.

5.1 Choix du capteur

Notre choix s'est dirigé vers l'utilisation de capteur piézoélectrique pour détecter les vibrations provoquées par l'utilisateur sur un objet. Ils sont peu chers (moins de deux euros), discrets (petite taille) et nécessitent aucune alimentation. Un protocole expérimental a été défini pour étudier la sensibilité de trois capteurs. Ils sont différents en taille et en forme: deux circulaires (Multicomp et Murata) et un rectangulaire (Prowave). Les trois capteurs sont disposés en arc de cercle à égale distance (d) d'une zone de perturbation (Figure 5). Dans cette zone, des poids différents sont jetés d'une même hauteur d'origine. La sensibilité est mesurée à l'aide d'un oscilloscope. L'amplitude du signal en volt est mesurée lorsque le poids entre dans la zone de perturbation (Figure 6).

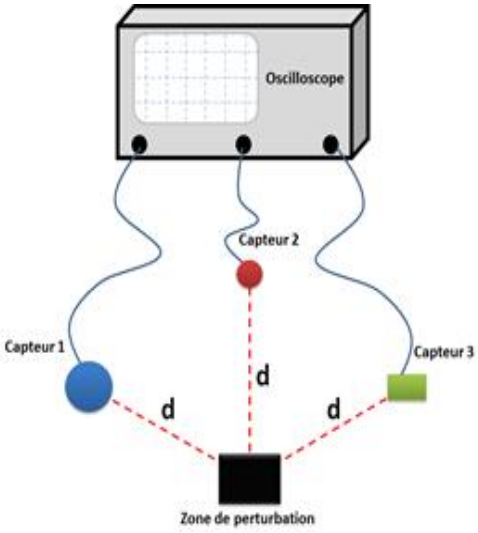


Fig. 5 Protocole de test pour le choix du capteur

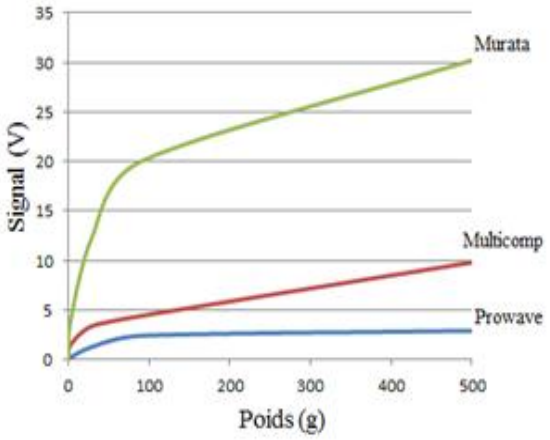


Fig.6 Analyse de la sensibilité des capteurs piézoélectriques

Pour un poids de 500 grammes, Murata donne un signal de 30,2 volts, Multicomp 9,8 volts et Prowave 2,9 volts. Multicomp dépasse 5 volts pour un poids supérieur à 120 grammes et Murata pour quelques grammes. Cependant, Prowave ne dépasse jamais cette valeur. A partir de ces résultats, le capteur Murata est le plus sensible des trois. Il sera utilisé pour l'expérimentation suivante pour l'analyse de la vitesse de frappe.

5.2 Vitesse de frappe

Pour l'étude de la vitesse de frappe, le musicien demande à l'utilisateur d'effectuer trois coups différents (Piano, Mezzo, et Forte) sur une boîte en plastique. Sur cet objet est positionné notre capteur à pince. (n°1 sur la figure 7). Après le traitement de signal (n°2 sur la figure 7), le mouvement de la mailloche (n°3 sur la figure 7) sur l'instrument (n°4 sur la figure 7) est filmé. La vitesse de frappe est ensuite analysée avec le logiciel libre Kinovea, utilisé pour l'analyse vidéo par les entraineurs sportifs, les artistes, les ingénieurs ou les ergonomes. Les résultats obtenus sont très encourageant (Figure 8). Trois vitesses de frappe en mètres par secondes sont enregistrées: la première à 0,4 m/s, la seconde à 0,7 m/s et la troisième à 1,9 m/s. Cette expérimentation a permis de mesurer le temps de réponse du système.

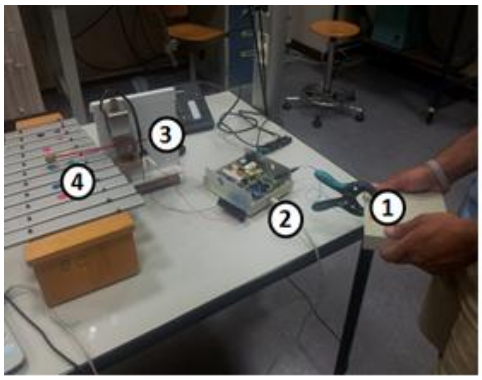


Fig.7 Protocole de test pour l'analyse des vitesses de frappes

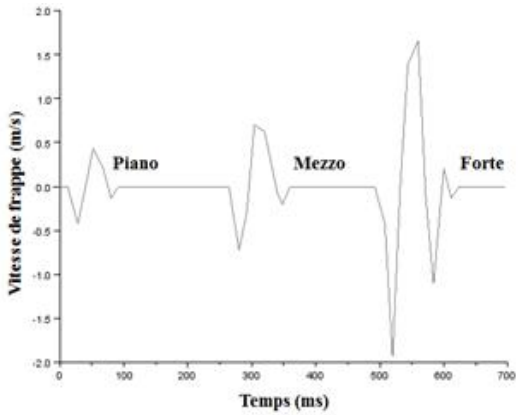


Fig.8 Analyse de la vitesse de frappe

6 Discussion

Notre défi est de proposer un produit universel pour une interface sur mesure. Le risque majeur dans le domaine de la conception de produit pour les utilisateurs en situation de handicap est de proposer des solutions avec une complexité d'utilisation et d'installation. L'utilisation de la méthodologie de conception centrée utilisateur a permis d'intégrer l'utilisateur ainsi que les parties prenantes du projet dans le processus de conception. Cette approche a permis une meilleure compréhension du contexte d'utilisation, une meilleure spécification des exigences liées aux futurs utilisateurs, de notre produit à concevoir. Dans notre contexte musical, la structure produit proposée permet la pratique musicale sur des instruments acoustiques pour les personnes en situation de handicap moteur. Avec un capteur piézoélectrique très sensible, l'utilisateur peut avec un minimum de mobilité contrôler la frappe d'une mailloche sur un instrument de percussion. Notre solution permet une installation

rapide grâce au capteur à pince ainsi qu'une meilleure intégration du système dans l'environnement de l'utilisateur. Il est possible d'ajuster la vitesse de frappe aux actions de l'utilisateur. Le temps de retard a été estimé à deux millisecondes, inférieur aux dix millisecondes préconisées par le musicien. L'architecture produit est basé sur une conception modulaire pour une meilleure séparation des principaux éléments du système. Elle permet d'utiliser au maximum des composants existants pour se connecter aux parties de l'architecture. L'utilisation de ce type conception réduit les délais de développement et facilite donc la maintenance des systèmes. Ainsi, notre solution de concept a permis de répondre aux critères d'utilisabilité : efficacité (notre solution permet aux utilisateurs d'obtenir le résultat prévu, jouer de la musique sur des instruments acoustiques), efficience (notre solution permet d'atteindre le résultat prévu avec un moindre effort, par exemple actionner le système mécanique à partir du mouvement du doigt sur un objet). Les évaluations présentées ont permis de valider la satisfaction du système pour les professionnels du musical.
Cependant, d'autres études sont nécessaires pour évaluer la satisfaction (confort, bien-être et sécurité) de notre solution avec des utilisateurs potentiels. Des essais sont en cours de réalisation avec des enfants IMC (Infirmité Motrice Cérébrale) lors de séances musicales dans des IEM (Institut d'Education Motrice).

7 Conclusion

Notre objectif est la création d'interface Homme/Machine facilitant la pratique de la musique sur des instruments acoustiques. Notre approche est basée sur l'intégration des futurs « utilisateurs » et leurs besoins, ainsi que l'intégration d'une équipe multidisciplinaire dans nos activités de conception. Les différents supports de notre approche sont : une approche centrée utilisateur pour améliorer l'utilisabilité de notre futur produit, une intégration de compétences multiples avec l'association AE2M pour une bonne identification des besoins et exigences, une structure produit pour mieux intégrer notre système dans l'environnement de l'utilisateur, différentes expérimentations in-situ pour l'évaluation de notre concept de solution. Ainsi, notre contribution a permis une meilleure définition des situations d'usages de ces futurs produits dans notre contexte musique/handicap.
Avec ces résultats très prometteurs, les perspectives de travail reposent sur trois points essentiels. En utilisant des procédés de prototypages rapides, le futur système intègrera le capteur piézoélectrique dans une pince spécifiquement conçu aux conditions d'utilisation. Il sera possible d'adapter de manière intelligente les vitesses de frappes aux capacités motrices de l'utilisateur (Smart Product). Différentes évaluations seront effectuées sur la manipulation de notre système en concert.

Références

1. Keates, S., P. Clarkson, L. Harrison, and P. Robinson.: Towards a practical inclusive design approach. ACM Press New York, NY, USA, 2000
2. Krzysztof Z. Gajos, Jacob O. Wobbrock, and Daniel S. Weld.: Automatically generating user interfaces adapted to users' motor and vision capabilities. UIST '07: Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology, New York, NY, USA, 2007.
3. Jean-Claude Sperandio: Designing technological devices for a normal population, namely

also including disabled people and the elderly, in Pistes, p. Vol 9 No 2, 2007.
4. ISO 9241-210.: International Organization for Standardization. Ergonomics of human-system interaction -- Part 210: Human-centred design for interactive systems, 2010
5. Plos, O., Buisine, S., Dupin, M., Aoussat, A., Dumas, C. : Universal Design : Proposition d'une nouvelle approche appliquée à la conception d'une table adaptative. Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, pp. 339-348, 2007
6. Plos, O., Buisine, S., Aoussat, A., Mantelet, F., Dumas, C.: A Universalist strategy for the design of Assistive Technology. International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 42, pp. 533-541, 2012
7. Clarkson, J., et al.: Inclusive Design: design for the whole population. Springer 2003
8. Harrison, M.; Stockton, C.; Pearson, E.: Inclusive, Adaptive Design for Students with Learning Disabilities Advanced Learning Technologies, ICALT '08. Eighth IEEE International Conference 2008
9. Karmarkar, A., E. Chavez, and R.A. Cooper: Technology for successful aging and disabilities, in The Engineering Handbook of Smart Technology for Aging, Disability and Independence, 2008
10. Ustün TB, Chatterji S, Bickenbach J, Kostanjsek N, Schneider M.: The International Classification of Functioning, Disability and Health: a new tool for understanding disability and health. Disability and Rehabilitation, 25, 565–571, 2003
11. BAO- PAO, « http://www.bao-pao.com/index.php ». 2012
12. S. Bhat: TouchTone: an electronic musical instrument for children with hemiplegic cerebral palsy, in Proceedings of the fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction, New York, *NY, USA*, 2010
13. Alexander Müller, Fabian Hemmert, Götz Wintergerst, et Ron Jagodzinski: Reflective Haptics : Resistive Force Feedback for Musical Performances with Stylus-Controlled Instruments, in Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, p. 477-478, 2010
14. E. Métois.: Musical Gestures and Audio Effects Processing - DAFX proceedings 1998.
15. C. Cadoz: Gestural channel of the man machine communication: instrumental communication, TSI. Technique et science informatiques, vol. 13, no. 1
16. Ajay Kapur, Eric Singer, Afzal Suleman, et George Tzanetakis, A comparison of solenoid-based strategies for robotic drumming, ICMC Copenhagen, 2007.
17. Ajay Kapur et Michael Darling: A Pedagogical Paradigm for Musical Robotics, presented at the New Interfaces for Musical Expression, Sydney, Australia, 2010
18. Dimitri Diakopoulos, Ajay Kapur: HIDUINO : A firmware for building driverless USB-MIDI devices using the Arduino microcontroller, Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression, pp. 405–408, 2011.

Développement d'un prototype nomade améliorant l'accès des aveugles aux contenus multimédias des musées.

Godefroy Clair[1], Lassana Sangare[1], Pierre Haman[1], Gérard Uzan[1], Jérome Dupir[2], and Dominique Archambault [⋆1]

[1] CHArt/THIM EA 4004, Université Paris 8-Vincennes-Saint-Denis
[2] CEDRIC/Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris

Résumé Les dispositifs interactifs offrant toutes sortes de contenus multimédias foisonnent aujourd'hui dans les musées et leurs expositions. Qu'ils aient des objectifs pédagogiques, ludiques ou instructifs, ils servent en général à rendre les visites plus vivantes, à moins qu'ils ne fassent directement partie des oeuvres présentés. Comme ces dispositifs s'appuient souvent sur la vue, les personnes aveugles et malvoyantes en sont de facto excluent. Le projet "OUI" est le résultat d'une collaboration entre plusieurs institutions culturelles et différents laboratoires de recherche. Son but est de définir et de développer un prototype permettant de donner accès aux personnes aveugles à l'information et aux interactions que proposent les différents bornes multimédias proposées dans les musées.

Key words:
Accessibilité aux musées et aux expositions, art, médiation technique et scientifques, Arduino, Bluetooth, Android, objets communiquants, aveugles, malvoyants.

1 Introduction

Afin de rendre la visite moins passive et du fait de l'utilisation artistique accrue de l'audio-visuel, les musées offrent de plus en plus de contenus multimédia aux visiteurs. Ces nouvelles formes d'interactions s'appuient dans une grande mesure sur le sens de la vue pour contrôler le dispositif et transmettre les informations. Cela exclue de fait les personnes aveugles et malvoyantes (PAM). Le projet OUI ("Outil Universel d'Interfaçage pour les personnes ayant des difficultés de communication et/ou d'interaction avec les interfaces classiques (écran/pad/souris), personnes aveugles et malvoyantes") est une collaboration entre plusieurs laboratoires (le THIM à Paris 8 et le CEDRIC au Conservatoire National des Arts et Métiers - CNAM) et musées (Bibliothèque Nationale Française - BNF), Universcience, Cité des Sciences et de l'Industrie, Quai Branly) née

⋆. Corresponding Author : Dominique Archambault, Université Paris 8, Master Technologie et Handicap, 2 rue de la Liberté, 93526 Saint-Denis Cedex, France ; E-mail : dominique.archambault@univ-paris8.fr

dans le but de réfléchir à des moyens de permettre l'accès des personnes aveugles et malvoyantes à ces contenus sans perdre l'aspect ludique et la simplicité qu'ont les dispositifs proposés.

2 Un point sur les connaissances.

Un certain nombre d'articles de recherche ont été publiés sur le sujet de l'acces-sibilité aux musées. Notamment, l'utilisation de la "Radio-frequency identification" (RFID), permettant d'identifier des objets grâce à une puce qui capte et répond aux requêtes radio transmises depuis un émetteur a été décrite par plusieurs chercheurs. L'article [1] décrit un prototype d'application utilisé dans plusieurs musées. Ce prototype permet aux visiteurs d'ajouter une nouvelle dimension à leur visite et de poursuivre leur investigation au-delà de leur présence dans le musée. [2] retrace le développement d'une visite d'exposition du type "jeu de piste" se basant sur la RFID pour assister les visiteurs dans leur orientation et décrit un test réalisé dans une grande exposition ayant eu lieu à Gênes en 2006. [3] utilise la RFID pour localiser et identifier les œuvres dans chaque salle. L'article se concentre sur les moyens utilisés par le visiteur pour s'orienter dans le musée. Le visiteur utilise un PDA (Personal Digital Assistant, *ie* assistant numérique personnel) pour télécharger la piste audio appropriée en fonction de la localisation du visiteur. [4] discute des différents types de conceptions des guides individuelles (audio, vidéo, etc.) utilisés dans les musées, en s'appuyant sur les théories de l'apprentissage et des études portant sur les comportements des visiteurs dans les musées. [5] s'interroge sur les conditions nécessaires pour intégrer les questions d'accessibilité dans les fonctions des guides électroniques, tandis que [6] les applique dans la conception d'un guide multimédia pour tous (Multimedia Guides for All – MGA).

3 Comment accéder aux dispositifs ?

Le projet OUI s'est fixé pour but de permettre aux aveugles d'accéder aux dispositifs (que leur fonction soit informative, ludique, *etc.*) présents dans les musées par un moyen simple et le plus universel possible (capable de fournir le plus grand nombre des services proposés par les musées).

3.1 Une surcouche logiciel

Nos premières discussions nous ont amené à l'idée que la solution choisie devait être non un nouvel appareil qui reproduirait les fonctions proposées mais plutôt une surcouche logiciel qui "récupèrerait" et "traduirait" les informations nécessaires pour faire fonctionner le logiciel originel - cette surcouche pouvant ou non être insérée dans une nouvelle machine). Plus précisément, cette surcouche a principalement trois rôles d'analyser, de synthétiser et de communiquer :

- analyser : récupérer les informations qui transitent entre le dispositif et le visiteur et qui sont nécessaires pour que ce dernier puisse faire fonctionner le dispositif. Par exemple, dans le cas du cartel dynamique (que nous étudierons plus en détail par la suite), puisque les informations sont fournies sous la forme de pages HyperText Markup Language (HTML) et XML (Extensible Markup Language), selon les normes d'HTML5, il fallait "parser" ces pages HTML pour en tirer les liens, les textes, les images et les vidéos (et leur description alternative grâce à la balise "alt").
- synthétiser : regrouper, voire réorganiser ces différentes informations dans une forme accessible à une personne aveugle. Toujours dans le cas des cartels, pour lire, voir, entendre toutes les informations, l'utilisateur doit naviguer entre des pages web grâce à des liens hyper-textes. Pour qu'une PAM puisse s'y retrouver, nous avons diviser les liens en deux groupes : la navigation "interne" qui correspond à la navigation entre les différentes pages d'un cartel et la navigation "externe" qui permet d'accéder à d'autres cartels (par exemple le précédent et le suivant) ou à différents outils (comme un lexique, une fryse chronologique, etc.)
- communiquer : transmettre les informations dans un mode accessible aux PAM . Pour les cartels, nous avons utilisé principalement un outil de synthèse vocale disponible sur les téléphones mobiles pour lire les différentes informations.

3.2 Etudes des tâches et des interactions des dispositifs multimédias

Par ailleurs, pour adapter nos solutions au plus grand nombre des services offerts par les musées, nous avons procédé à plusieurs études de terrain et organisé des réunions avec les personnels des musées qui collaboraient au projet afin de nous faire une idée du spectre des différentes activités proposées aux visiteurs. Il en a résulté deux études analysant respectivement les tâches et les interactions qui ont permis un classement et dans la mesure du possible une hiérarchisation des dispositifs. Ce classement va des contenues les plus généraux et simples (ceux pour lesquels l'ensemble des tâches et interactions étaient communes à l'ensemble) aux plus complexes et particuliers (ceux ajoutant à ces tâches et interactions communs, d'autres plus spécifiques). Il s'est avéré qu'un certain type de dispositifs, les *"cartels"*, rassemblaient les tâches et interactions les plus générales tout en excluant celles trop particulières que l'on peut par exemple retrouver dans les jeux du type simulateur.

3.3 Un double objectif pour le projet OUI

Nous avons alors fixé plus précisément nos ambitions pour ce projet. Nous avons choisi de nous donner deux objectifs complémentaires : à la fin de la période du projet (9 mois), il nous fallait à la fois proposer un prototype qui rende accessible un dispositif fréquemment utilisé dans les musées et en même temps nous voulions fournir des recommandations dans l'optique de rechercher

une solution plus générale au problème de l'accessibilité aux contenus multimédia dans les musées.

Il faut noter que, du fait de spécificités relatives aux cartels dynamiques, ce choix de poursuivre un double objectif n'est pas contradictoire. Les cartels sont un dispositif au fonctionnement simple et très largement utilisé par les musées dans leur exposition (donc pour lequel notre prototype serait plus facile à mettre en œuvre et utile). Mais, en même temps, ils offrent des réponses dans notre recherche d'un dispositif compatible avec un maximum de bornes multimédias présents dans les musées. En effet, les cartels fonctionnent en proposant des tâches et des interactions très générales qui sont intégrées à d'autres programme. Par exemple, pour contenir l'information et décrire l'organisation générale des différents éléments, les cartels utilisent des fichiers XML et HTML. Trouver des moyens simples pour "traduire" ses informations pourra être utilisé pour permettre la communication avec beaucoup d'autres dispositifs qui utilisent la même structure.

Comme nous le voyions, les cartels dynamiques jouent un rôle essentiel dans notre projet. Nous allons maintenant décrire son fonctionnement.

4 Le prototype

4.1 Notre choix : les cartels dynamiques.

Les cartels sont à l'origine des affiches cartonnées placées à côté des oeuvres dans les expositions afin de fournir des informations supplémentaires. Le développement de l'informatique a amené les musées à troquer leurs cartels pour des ordinateurs connectés à un ou pluieurs écrans qui sont depuis quelques années de plus en plus souvent tactiles. Cela a permis d'enrichir le contenu (intégrant plusieurs textes, des images et des vidéos) et de proposer des interactions (l'utilisateur peut accéder à plusieurs contenus grâce à des interfaces généralement assez simples). Cela a aussi permis de relier les cartels à des réseaux et entre eux. Le fait qu'ils soient accessibles à distance permet aux développeurs et administrateurs de les contrôler et modifier facilement. Sûrement pour toutes ces raisons, ces nouveaux types de cartels sont appelés « dynamiques ».

Les exemples que nous avons pu observer à la BNF ou à la Cité des Sciences nous ont montré que la structure des cartels dynamiques était celle de pages HTML suivant les recommendations de HTML5, qu'elles intégraient des textes, des images, des vidéos et parfois des scripts javascript. De plus, l'accès se faisait par des navigateurs classiques (Firefox et Internet Explorer) ayant subis de légères modifications (restriction de l'accès, installation de plug-in, etc.)

4.2 Le cahier des charges

La création d'un prototype capable de rendre les cartels dynamiques accessibles aux aveugles doit implémenter un certain nombre de services et caractéristiques importants pour permettre à son utilisateur de retrouver l'aspect ludique et agréable de la visite du musée :

- La détection et la présentation des dispositifs doit se rapprocher le plus possible de ce que ressent le visiteur voyant qui se promène dans un musée et découvre au fur et à mesure de son parcours les différents dispositifs à sa disposition. Ce *"service"* qu'offre le musée constitue nous semble-t-il un élément essentiel d'une visite (et de son plaisir !)
- Elle doit offrir le choix d'interagir avec les dispositifs sans que la proposition ne soit intempestive (la fréquence de la proposition doit être choisie avec précaution) et en même temps facile à obtenir lorsqu'on le désire. Cela signifie prendre en compte les choix passés (le cartel a-t-il déjà été proposé ? consulté ?) et l'action actuel du visiteur (utilise-t-il déjà le dispositif pour un autre cartel ?). De nombreux autres facteurs doivent être pris en compte pour rendre la visite agréable.
- Elle doit permettre de naviguer facilement entre les différentes pages en proposant une ergonomie adaptée et une interface intuitive. Par ailleurs, il fallait prendre en compte le format habituel des pages webs des cartels dynamiques, afin de faciliter l'adaptation aux pages écrites par des développeurs qui n'ont pas toujours en tête le problème de l'accessibilité.
- Le dispositif devait être pensé pour pouvoir servir dans le futur pour d'autres appareils présents dans les musées.
- Enfin, le dispositif devait être facile à installer pour le musée et les visiteurs.

4.3 Les raisons du choix du "hardware"

Comme nous avons l'avons expliqué précédemment, nous avons rapidement fait le choix d'implémenter une surcouche "par-dessus" les logiciels que nous voulions rendre accessible aux visiteurs PAM. La question restait de savoir où installer cette surcouche. Il était possible de faire cela dans chaque borne disposant d'un cartel, dans une autre machine reliée par le réseau du musée ou encore dans un dispositif portatif qui accompagnait le visiteur. C'est cette troisième solution qui a été choisie. La raison est assez simple : regrouper au maximum l'ensemble des fonctions dans un appareil unique afin de limiter la communication (souvent compliquée puisque sans fil) au minimum. Toute autre solution signifiait séparer le traitement et la communication. Or, en utilisant un smartphone "standard", il est possible de pratiquement fournir les trois fonctions que nous avons décrites plus haut (analyser, synthétiser et communiquer). Cela nécissitait uniquement de mettre en oeuvre une communication avec les cartels pour transmettre les informations tirées des pages web [3] et d'améliorer l'interaction avec l'utilisateur car les téléphones n'ont pas une interface très simple d'utilisation pour les personnes aveugles). Notre choix s'est donc arrêté sur un couple smartphone - joystick. La durée de ce projet (9 mois) nous a incités à partir d'appareils existants.

3. l'existence de modules wifi, 3G et blutooth sur la plupart des machines offraient de nombreuses possiblités pour cela

4.4 Les composants du prototype

Le smartphone est d'une utilisation de plus en plus fréquente parmi le grand public (dont les personnes ayant un handicap visuel), ce qui permet aux musées de limiter les problèmes de logistique. Il leur suffit de proposer une application à télécharger sur le téléphone mobile des utilisateurs. Comme nous l'avons dit, son accès à de nombreux réseaux (Bluetooth,Wi-Fi...) et la possibilité d'utiliser la synthèse vocale fait du smartphone le candidat idéal comme élément de base. Le téléphone choisit est de type Android, le système d'exploitation développé par Google. Outre sa domination du marché des smartphones, celui-ci a pour avantage d'utiliser un langage d'une grande modernité. En effet, ce langage "objet" utilisent la notion d'évènement et d'intention (pour l'iinformation et la communication entre les classes) et des classes particulières (les services et les broadcast receivers qui gèrent respectivement les tâches de fond et la reception des signaux) qui permet de créer des logiciels particulièrement modulables [4]. Cela permet de développer des programmes qui peuvent facilement s'intégrer dans d'autres projets, en totalité ou en partie et dont la validité est plus facilement vérifiable.

Mais le manque d'ergonomie des téléphones (l'écran tactile est d'une utilisation assez difficile pour un aveugle) nécessite de lui ajouter un joystick - plus facile à avoir en main - qui sera relié au smartphone par le biais d'un microcontrôleur intégré (le circuit imprimé Arduino qui est un matériel libre). Le smartphone peut alors rester dans la poche et des écouteurs permettent à l'utilisateur d'obtenir les informations nécessaires. La forme, la taille et le coût du joystick secondaire "nunchuck" créé par Nintendo pour sa console de jeu *"WII Nintendo"* en faisait le bon complément pour notre smartphone.

Concernant la communication entre le microcontrôleur recevant les actions de l'utilisateur sur le joystick et le téléphone et celle entre le téléphone et les cartels, nous avons décidé d'utiliser le protocole Bluetooth. En ce qui concerne la communication entre la manette de jeu et le téléphone, le choix de l'utilisation du Bluetooth s'est fait sur la base des critères suivants : simplicité de la mise en oeuvre, consommation énergétique faible et grand nombre de téléphones mobiles intégrant un module Bluetooth. Nous avons aussi envisager d'utiliser une communication par câble USB (communication plus fiable mais matériel trop contraignant) ou une communication grâce à des modules de type ZigBee [5]. L'avantage de ZigBee est sa consommation réduite par rapport au Bluetooth mais peu de téléphones intègrent pour le moment un tel composant.

Pour ce qui est de la communication entre les cartels et le prototype, plusieurs possiblités ont été envisagées :

---

4. Dans une application Android, on peut voir les classes principales comme des "briques" qui forment ensemble le programme mais qui sont isolées les unes des autes. Elles n'interagissent en effet pas directement les unes sur les autres et ne font que communiquer grâce à la diffusion d'évènements ("events") et de souhaits ("intents").

5. ZigBee est un protocole de haut niveau, basé sur la norme IEEE 802.15.4 et permettant la communication de petits modules émetteurs et recepteurs de fréquence radio.

- La géolocalisation permettrait de détecter la position de l'utilisateur et, en utilisant une communication Wi-Fi, de lui transmettre les informations lorsqu'il est à proximité d'un cartel. Seulement, la géolocalisation dans un lieu clos est souvent peu fiable ou nécessite l'installation d'un réseau Wi-Fi pour compléter le réseau 3G. Comme les normes légales de sécurité dans les lieux publics sont assez strictes en ce qui concerne l'émission des ondes radioélectriques, les musées sont généralement peu enclins à instaler un r éseau Wi-Fi assez puissant pour permettre la géolocalisation en intérieur [6].
- L'utilisation de puces RFID a aussi été envisagée. Comme nous l'avons détaillé dans la revue de littérature, plusieurs expérimentations ont été réalisées avec cette technologie. Mais il se pose encore le problème du faible nombre de télphone intégrant un lecteur de "radio-étiquettes" RFID [7]. Or l'utilisation d'un smartphone nous semble primordiale comme nous l'avons expliqué plus haut.

5 Le développement des logiciels

Le microcontrôleur et le téléphone nécessitent deux applications disctinctes. En bref, les tâches de l'application pour le mobile sont les suivantes :

- Détecter des appareils de l'exposition dans un environnement clos et classement selon leur proximité.
- Renseigner l'utilisateur grâce à l'énoncé auditif de la liste des cartels détectés et sélectionnés en fonction des actions de l'utilisateur sur le joystick.
- Télécharger des contenus multimédias nécessaire et stockage temporaire dans le téléphone
- Permettre à l'utilisateur d'interagir avec le contenu, lui fourni une présentation audio, lire les textes, etc.

La navigation entre les contenus est basée sur des listes dans lesquelles le visiteur se déplace puis, ayant fait son choix, sélectionne une entrées grâce à un joystick. Différentes voix synthétisées permettent au visiteur de discriminer entre les différentes navigations.

Pour faire cela, nous avons créé deux "bibliothèques" [8] centrées chacune autour d'une classe de service qui permet pour la première de connecter et de faire communiquer le télélphone avec le joystick et pour la seconde d'informer de la présence de cartels aux alentours. Dans ces deux cas, la bilbliothèque est indé-

6. Même si la situation peut varier d'un établissement à un autre. La cité des sciences développe ainsi deux systémes de géolocaliation indoor : Google Map Indoor et Nao Campus développé par la société Pole Star

7. M"RFID tag"

8. ce sont des bibliothèques un peu particulières car elles regroupent bien des classes et des éthodes qui peuvent être implémentées et appelées dans une application mais elles peuvent aussi être utilisées de manière autonome, un peu comme une bibliothèques standard en C ou en JAVA qui incorporerait une fonction "main".

pendante du reste du programme. La communication entre les bibliothèques et les activités se fait grâce aux Intents envoyés par les bibliothèques[9].

En ce qui concerne la navigation, nous avons une activité principale à partir de laquelle on lance les bibliothèques, on récupère les signaux envoyées et on propose et valide la connexion aux cartels environnants (qui représentent d'autres activités qui héritent toute de l'interface Cartel et de différentes classes abstraites correspondant aux différents types de cartels suivant les musées, les expositions, etc.)

Pour communiquer avec l'usager, toutes les classes utilisent la classe de synthèse vocal TextToSpeech présente sur les API d'Android depuis version 4 (aujourd'hui nous en sommes à la version 17) et pour analyser les pages HTML et XML, on utilise la bibliothèque Java jsoup qui est un "parceur" qui utilise les conventions Document Object Model (DOM).

Pour conclure, une démonstration a été proposée à une réunion incluant une dizaine de personnes de différents musées participants au projet et des PAM. Cette démonstration incluait le contenu de deux expositions différentes, une de la Bibliothèque Nationale et une de la cité des sciences.

6 Perspectives et recommandations

La mise en œuvre d'un prototype a renforcé la volonté des différents participants, notamment des représentants des musées, de développer ce projet. Ils ont pu se rendre compte de sa faisabilité et de son potentiel si les appareils présentés étaient utilisés dans un musée. D'autres tâches et interactions doivent être étudiées et incluses dans le prototype. Plus de contenus doivent être travaillés pour pouvoir être inclus. Le prochain défi est d'arriver à mettre en œuvre du même prototype au cours d'une exposition. La collaboration entre des universitaires et des personnels de musées ont permis à tous de prendre conscience de la nécessité d'un dialogue pour fixer des buts communs si l'on veut rendre les musées plus accessible aux personnes handicapées. Les buts fixés ne seront atteints que si un travail préliminaire est mise en œuvre. Une première étape pourrait être de proposer certaines recommandations pour le développement des pages web et des scripts pour pousser plus loin les possibilités d'interactions avec les contenus multimédias disponibles grâce aux cartels.

Mais, à terme, nous pensons que, si nous voulons généraliser ce concept de surcouche à tous les contenus multimédias proposés par les musées, des indications sur la manière de créer les dispositifs multimédias restent incomplets. Si l'on veut véritablement faire progresser l'accessiblité, il faudra envisager un moyen d'authentifier le type de contenu (par exemple, un document xml intégré dans le fichier du logiciel qui décrirait ses caractéristiques : type de contenu, normes d'accessibilité mis en oeuvre...), ce qui permettrait pour la surcouche

9. Le système d'exploitation propose ces Intents à tous processus actifs qui s'est inscrit au préalable au près de lui pour cela grâce à des objets appelés "filtres". Cela permet d'utiliser ces deux services avec d'autres applications en même temps.

de proposer différents niveaux d'accessibilité. De la même manière, on pourrait proposer une "carte d'identité" de l'utilisateur qui permettrait d'adapter le contenu à l'utilisateur (type et importance du handicap du visiteur, niveau de ses connaissances artistiques, etc.).

Remerciements

Le projet a été financé grâce au Labex Arts-H2H, de l'Université Paris8-Vincennes-Saint-Denis. Nous voulons remercier également Hoelle Corvest de la Cité des Sciences et l'Industrie, Anne Broquet, Aurélie Brun et Anne-Hélène Rigogne de la BNF et Jean-Michel Douin et Anne Wei, enseignants au CNAM pour leur aide dans ce projet.

Références

1. Sherry Hsi and Holly Fait. RFID enhances visitors' museum experience at the Exploratorium. *Communications of the ACM*, 48(9) :60–65, 2005.
2. Bellotti, F. and Berta, R. and De Gloria, A. and Margarone, M. Guiding visually impaired people in the exhibition. In *Mobile Guide 2006*, Turin, 2006. http ://udine3d.uniud.it/sigchi/doc/Virtuality06/Bellotti%26al.pdf
3. Giuseppe Ghiani, Barbara Leporini, Fabio Paternó, and Carmen Santoro. Exploiting RFIDs and Tilt- Based Interaction for Mobile Museum Guides Accessible to Vision-Impaired Users. In *Proceedings of the 11th international conference on Computers Helping People with Special Needs*, ICCHP '08, pages 1070–1077, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer-Verlag.
4. Damala, Areti : DESIGN PRINCIPLES FOR MOBILE MUSEUM GUIDES USING VISITOR STUDIES AND MUSEUM LEARNING. In *Archives and Museum Informatics*, pages 277–281. IADIS Press, 2007.
5. Lourdes Moreno, Ma Carmen Gálvez, Belén Ruiz, and Paloma Martínez. Inclusion of Accessibility Requirements in the Design of Electronic Guides for Museums. In *Proceedings of the 11th international conference on Computers Helping People with Special Needs*, ICCHP '08, pages 1101–1108, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer-Verlag.
6. Beln Ruiz, Jos Luis Pajares, Francisco Utray, and Lourdes Moreno. Design for All in multimedia guides for museums. *Computers in Human Behavior*, 27(4) :1408–1415, 2010.

LA ROBOTIQUE AU SERVICE DE L'AUTISME

MARICA
Mesure des Activités Robotiques et son Impact sur les Comportements des sujets Autistes

Christophe Chavatte

Université Paris VIII, Saint Denis

Résumé. Ce projet étudie l'utilisation de la robotique avec des sujets autistes, plaçant l'enfant au centre de l'activité avec le robot afin d'améliorer les interactions avec le thérapeute. En effet, les autistes ne comprennent pas les expressions faciales, socle sensori-moteur indispensable au développement, ayant plus de facilités à se concentrer sur les objets. Travailler avec un robot aux attitudes ritualisées à travers des scénarios « pédago-thérapeutiques » permet d'aider ces sujets à développer progressivement une meilleure interaction sociale. Le robot Pléo est un dinosaure évolutif doté d'émotions et d'algorithmes génétiques. Nous cherchons à mesurer les différents comportements suscités par l'utilisation du robot et donner des pistes pour l'aide à la thérapie et au diagnostic. Il s'agit également d'établir le cahier des charges d'un robot prototype centré sur ce type d'utilisation.

Mots clés. Handicap mental, robotique, thérapie, autisme.

1. Introduction

Les nouvelles technologies ont prouvé leur intérêt et leur légitimité dans le domaine du handicap créant parfois des initiatives dynamiques et des découvertes pour ces champs de recherche. Le handicap moteur en est un bon exemple. Les systèmes qui s'y sont développés ont permis par extension des améliorations pour l'ensemble des utilisateurs avant de devenir des produits de consommation grand public comme la technologie tactile, les bras articulés, la domotique, l'exosquelette, etc...
Cependant, le handicap mental reste un secteur peu investi par cette recherche, ces maladies de l'âme vont de l'autisme à la dépression, de la psychose à la déficience en passant par la dépendance. Cela fait pourtant partie des plus beaux défis dont la science doit s'emparer car tout ce qui pourra être fait dans ce domaine participera à l'amélioration de notre société sur un plan éthique et technologique. C'est faire

également le pari que des découvertes majeures du XXIème siècle sont à accomplir ici. Longtemps, sous l'éclairage unique de la psychologie clinique, les sciences se sont comme interdit ce domaine. Les choses changent. Les progrès des sciences cognitives peuvent aujourd'hui créer le lien entre investissements et assistance technologique. Aussi, l'état avancé des technologies peut permettre d'intégrer des domaines comme celui du handicap mental comme il le fait déjà dans les apprentissages. Ces évolutions ouvrent un chemin vers ce que l'on pourrait appeler « l'assistance cognitive » qui, pour mieux appréhender l'étude psycho-physiologique des personnes déficientes, proposent des aides et des solutions techniques dans l'optique d'une assistance globale du handicap mental et des nombreuses pathologies associées.

2. Champs théorique

On sait depuis de récentes études (Dautenhahn et al., 2003 ; Scassellati, 2005 ; Stanton et al., 2008) que les enfants autistes sont plus fortement impliqués par des interactions avec les robots. La robotique intéresse donc ce domaine à double titre. Tout d'abord, dans l'étude des comportements et leur reproduction, Jacques Loeb étudie à travers la robotique un certain nombre de comportements pouvant être expliqués par des mécanismes réflexes purement chimiques et mécaniques. Ensuite, par l'utilisation d'un ensemble de méthodes d'enregistrements et d'analyses des situations sociales développées par la communauté de robotique sociale (Breazeal, Robinson-Mosher et Scassellati, 2004). Ainsi, ce que l'on pourrait appeler la « robotique cognitive » à mi chemin entre l'étude des situations sociales et l'intelligence artificielle peut constituer une aide dans la compréhension des déficiences et de leurs suites comportementales des sujets autistes.
Des projets ont déjà exploité la robotique dans l'autisme, plaçant l'enfant au centre de l'activité avec le robot, sans nécessairement poser une relation triangulaire entre enfant, thérapeute et robot. On nommera parmi eux les projets Robota, Keepon, Tito, Kismet, Bandit, Ploc ou encore Aurora. Ce dernier mis en place dès 1998 par l'Université d'Hertfordshire exploitait différents robots tels que Mel, Pekee, Robota, Aibo. Le projet Kaspar: (Kinesics And Synchronisation In Personal Assistant Robotics) étudie également l'interaction homme-robot né des projets européens "Robotcube Project" et "AuRoRa Project" développé par l'Université d'Hertfordshire, Hatfield, Angleterre. On peut aussi citer Ploc : Robot développé par l'Université de Tours, le projet IROMEC ou encore le robot. iCat, robot sollicitant l'échange d'émotion. L'équipe du projet « RobAutisTIC » a également développé un robot à forme non humanoïde « Gipy » pour améliorer les interactions entre l'enfant autiste et le thérapeute. Le robot est donc utilisé comme un médiateur dont les caractéristiques sont adaptables. Le but est toujours d'inciter l'enfant à interagir avec le thérapeute s'il désire faire fonctionner le robot.
Ces projets fournissant des robots toujours plus compétents et adaptés aux comportements humains peuvent constituer les outils d'une approche thérapeutique différente. Les enfants autistes ne comprennent pas les expressions faciales, ciment même de l'étape sensori-motrice essentielle au développement, ayant plus de

facilités à se concentrer sur les objets aux caractéristiques immuables qu'aux visages siège d'expressions complexes, d'échanger avec un robot aux attitudes ritualisées plutôt que des comportements imprévisibles. L'idée est donc d'utiliser ces outils pour cibler des scénarios « pédago-thérapeutiques » afin d'aider ces sujets à développer progressivement une meilleure interaction sociale. Dans la thèse de Maud Simon « L'enfant face à des expressions robotiques et humaines », elle observe que « l'utilisation d'un robot expressif peut aider les enfants autistes à exprimer des émotions hors d'un face-à-face humain souvent difficile ». Elle démontre que la joie du robot fait sourire comme celle de l'humain, citons (Robins & Dautenhahn) dans le projet AURORA : « Une fois confirmé, un tel résultat ouvre des possibilités d'évaluation des capacités empathiques des enfants avec autisme, plus rassurés par les machines que par les humains ».
Le robot Pléo est un dinosaure évolutif doté d'émotions et d'algorithmes génétiques. Avide de découvertes, son agilité et ses sens vont se développer et créer une véritable interaction avec son environnement. Son concepteur Bob Christopher explique : « Nous ne voulons pas que vous considériez Pleo comme un robot. Notre objectif est de recréer la vie. ». Un premier projet (Merisa, 2012) cherchait à quantifier les interactivités à partir d'une grille d'évaluation proposant une trentaine d'items qui mesurent l'expression, la locution, les contacts visuels, physiques, corporels, l'intérêt pour le robot, l'interactivité avec l'intervenant, l'ajustement des comportements.

3. Hypothèses

Comment capter l'attention d'un enfant autiste et déduire du répertoire des comportements du robot ceux qui favorisent des réactions positives des sujets ? Comment évaluer qualitativement et quantitativement les interactions et leurs administrer des propriétés thérapeutiques ? Cette étude suggère des possibilités de thérapies de l'émotion par des agents non humains, et en particulier des robots autonomes. Ces robots, à mi-chemin entre sujet et objet, entre animé et inanimé, proposent d'avantage de possibilité de diagnostic et d'échange avec les cliniciens, les éducateurs ou les thérapeutes. Ces dernières années, plusieurs groupes de recherche ont mis en avant l'intérêt d'utiliser des robots pour étudier, diagnostiquer des enfants atteints d'autisme (Dautenhahn et al., 2003 ; Scassellati, 2005 ; Duquette et al., 2008 ; Kozima et al., 2005 ; Stanton et al., 2008).
La robotique s'est emparée ces dernières années de la théorie de l'inscription corporelle de l'intelligence et du comportement exposée et argumentée par un certain nombre de philosophes (Merleau- Ponty, 1942, 1962 ; Dreyfus and Dreyfus, 1982) qui proposait que le corps n'était pas seulement une interface mais bien partie intégrante des mécanismes de l'intelligence. Cette théorie, repris par les sciences cognitives initia un certain nombre d'expériences robotiques qui l'articulaient et l'illustraient. Notre projet MARICA induit de manière sous-jacente cette approche en attribuant aux interactivités avec l'environnement le caractère de pré-requis d'apprentissages plus importants. Des pré-tests ayant montré que les pratiques avec ces robots avaient un effet apaisant pour les sujets, nous voulons étudier ces résultats

de manière plus générale. Notamment pour préparer les sujets à affronter une activité qu'ils appréhendent, les rendre plus apte à la sociabilité avec l'entourage et le personnel de soin. Les réponses à ces questions demandent des protocoles complexes et longs et c'est ce travail que nous avons amorcé.
Il a fallu pour cela nous intéresser à d'autres types de mesure, faute de données physiologiques, nous avons ciblé nos efforts sur l'observation. Nous avons donc cherché à savoir si la sollicitation du robot Pléo qui semblait avoir un effet apaisant lors des séances de pré-test pouvait avoir un impact sur le comportement global des sujets.

4. L'expérience

Choisir de travailler avec un robot peut permettre de générer des scénarios ciblés où l'intervention humaine est réduite afin de présenter à l'enfant des repères émotionnels sans grande variation et des comportements figés et stables. Toutefois, pour stimuler l'interactivité de ces enfants, la plupart des robots restent encore inappropriés et rarement distribués. Suite à cette remarque, nous avons mis en place des cellules d'observation sur le robot Pléo qui semblait le plus adapté aux activités qui nous intéressent.
Nous avons donc ébauché une grille comportant six niveaux d'attitudes s'apparentant comme des problèmes comportementaux. Ces niveaux donnent lieu à une classification hiérarchique de comportements autistiques et sont encore en cours d'élaboration. L'équipe a également déterminé les éléments de contexte. Parmi ces éléments de contexte nous avons fragmenté les éléments de contexte de milieu et les éléments de contexte opérationnels :
Les contextes opérationnels au cours desquels les comportements sont produits. Nous avons retenus pour cela huit items : refus-frustration, demande, contrainte, transition de lieu, transition d'activités, transition personne, attentes, utilisation robot. Ces items sont suffisamment larges pour englober l'ensemble des moments et assez fines pour relater des évènements concrets.
Les contextes de lieux que nous avons retenus sont évidemment propres aux lieux de l'institution ou les jeunes évoluent. Les lieux correspondent à des activités spécifiques mais aussi à un contexte particulier. Ainsi les lieux de repas, de promenade, les véhicules (transports), les loisirs organisés, les loisirs non organisés (impromptus), les activités extérieures, les activités d'autonomie (intérieures) et les activités d'apprentissage y sont distingués.
Nous avons également déterminé les fonctions qu'avaient ces comportements. De manière hypothétique dans un premier temps par un travail sur l'expérience des intervenants et leurs connaissances des sujets. Nous avons un groupe de fonction dont le but est d'obtenir :
de l'attention, de la nourriture, une activité, un objet, le robot. Un second groupe dont le but est d'éviter un bruit, une contrainte, une intention, une activité, le robot. Enfin un dernier item « ne sait pas » permet aux intervenants le bénéfice du doute.
Une dernière mesure concerne les conséquences de ces comportements que nous avons groupé en : isolement, réprimande, indifférence, aucune, autres. Enfin, une

case permet des commentaires qui pourront éclairer n'importe quel item en apportant des précisions sur les conditions de réalisation et les observations. Toutes ces données sont présentées dans le tableau suivant :

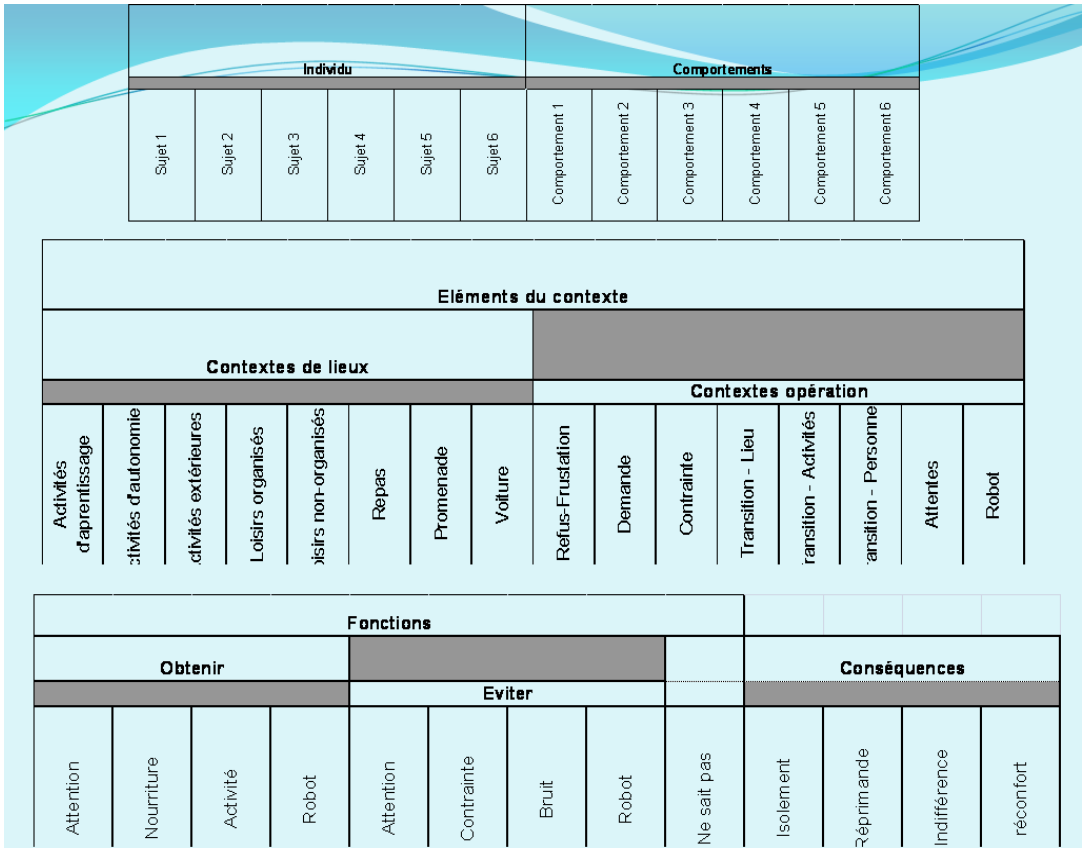


Fig.1.

5. L'observation

Les sujets ont été mis en observation pendant les activités avec le robot Pléo. Ainsi, nous avons pu considérer que la majeure partie des sujets montre de l'intérêt pour ce robot et que durant les séances où ils étaient seuls avec le robot, il montrait peu d'agressivité et semblait intéressés. Aussi, mesurer le réel impact des activités de Robot chez ces sujets s'est avéré essentiel. Nous avons établi un tableau synoptique et statistique des comportements autistique dans le but de relier ces comportements à des évènements déclencheurs.

Les équipes thérapeutiques et éducatives ont donc relaté les comportements autistiques (violence, crise, cris, agressivité) afin qu'ils soient retranscrit dans la grille d'évaluation classée par élèves et par dates. Pour aller au-delà de l'expérience et dans le cadre d'un journal quotidien des usages et des activités des enfants, d'autres éléments ont été notés comme par exemple les rectifications de

comportements apportés et des commentaires qui pouvaient éclaircir par le bon sens des accompagnants les situations décrites. Les grilles d'observations ont ensuite été regroupées par sujet et analysées statistiquement afin de pointer les éléments qui se dégagent comme présenté dans la figure2 suivante :

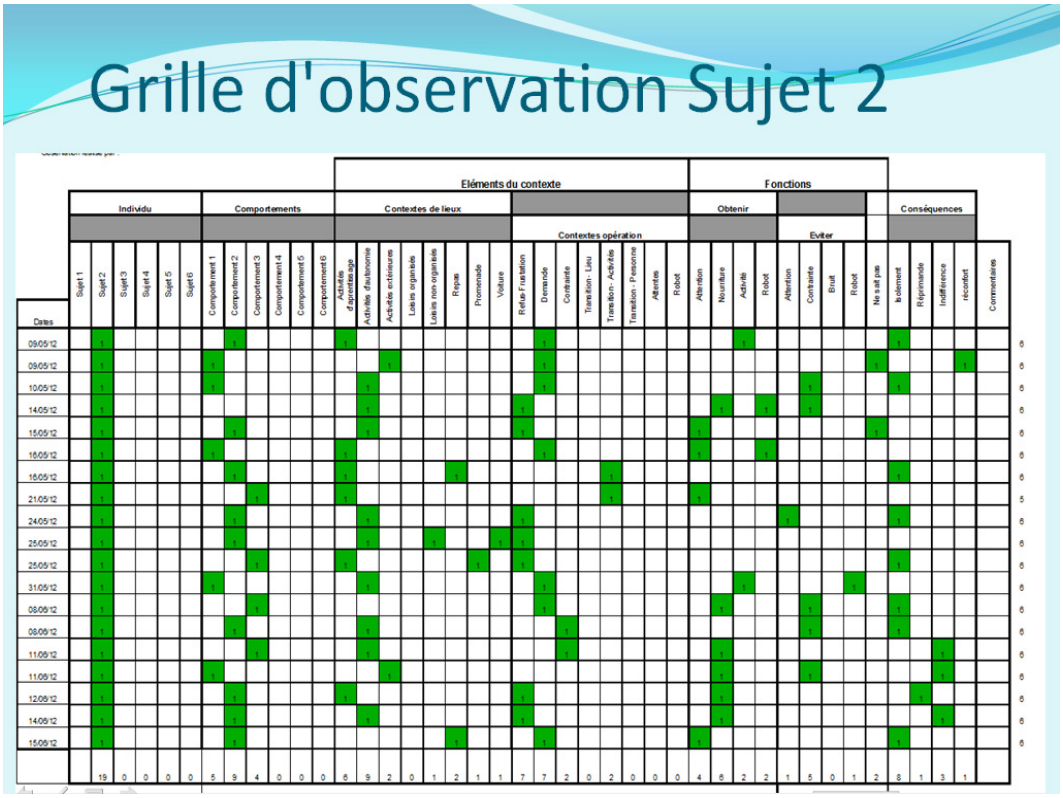


Fig. 2.

Cette étude devait également permettre de repérer les élèves les plus aptes à tolérer les séances suivantes qui incluent des tests d'oculométrie plus intrusifs. Il permettrait de mesurer l'impact sur l'attention et la direction du regard qui reste une mesure importante et caractéristique de cette pathologie. Si ces séances permettaient de poser l'attention des jeunes, d'accéder à une focalisation plus nette sur les sources émettrices d'information et d'accélérer ainsi la voie vers la communication.

6. Résultats

Pour l'analyse des données nous avons simplement effectué des tableaux dynamiques croisés afin de recouper les données d'observation avec les temps de séances avec Pléo afin de repérer un impact possible des séances sur les comportements comme présenté dans la figure 3.

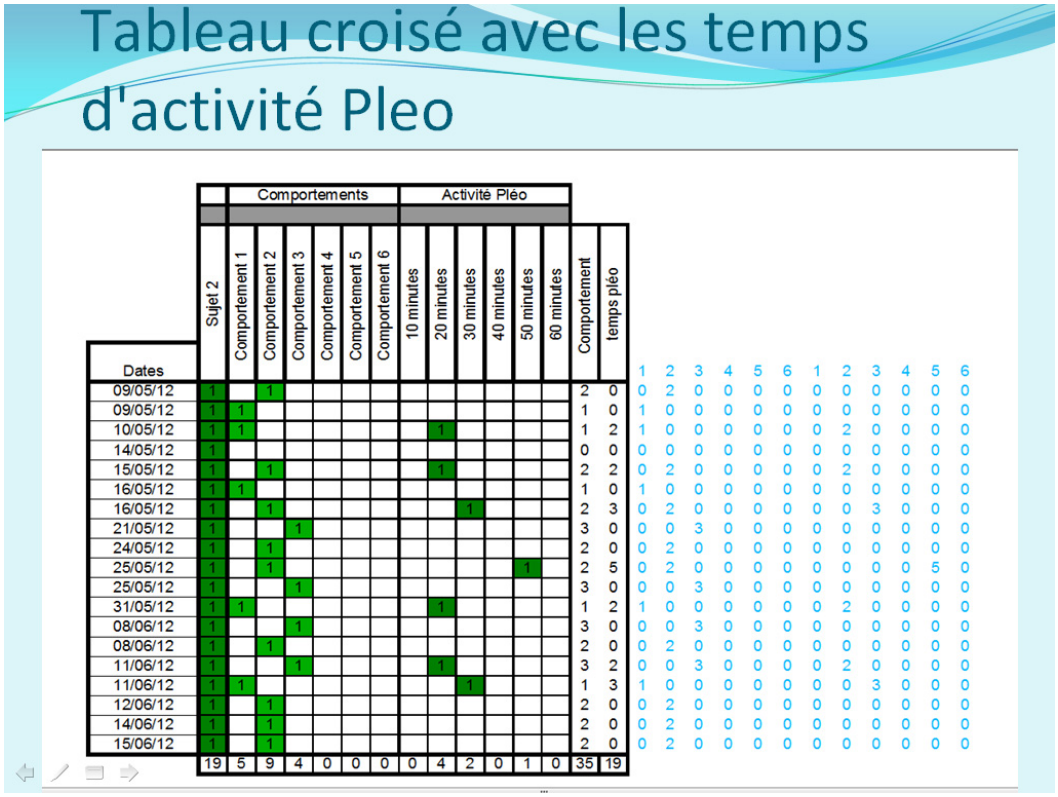


Fig. 3.

Les données n'ont pas permis d'apporter les réponses nécessaires à la mesure des bienfaits de ces approches thérapeutiques particulières. En effet, rien ne permet d'en dégager des dispositions innovantes, des interactions possibles dans les différents spectres de l'autisme ainsi qu'une évaluation précise de l'impact de ces mises en pratique. Toutefois elle indique la démarche à suivre pour la création d'un nouveaux protocole expérimental qui pourraient satisfaire ces exigences.

Ces données représentent pourtant une somme considérable d'observations des jeunes du centre, soit une dizaine de tableaux comprenant tous les détails des comportements relevés par ordre chronologique et par sujet. Nous avons pu en faire une synthèse présentant la classification des moments de comportements excessifs par sujet. Données que nous pourrons croiser avec les temps d'utilisation de Pléo pour évaluer le bénéfice de certaines utilisations.

Les résultats bien que peu démonstratifs sur l'effet des séances robot sur les sujets ont permis de montrer certaines associations entre les niveaux de comportements et les contextes de lieux et d'opération chez certains sujets. L'ensemble des données montre aussi une relation dans certaines conditions entre séance robot et réduction des comportements agressifs mais quelques sujets qui sont à contrepied de ces tendances viennent fausser le résultat global. De plus, il aura été difficile de récolter des données fiables tant les conditions et les facteurs sont complexes. En effet les

sujets autistes peuvent montrer une grande inertie dans leurs réactions et un comportement observé peut trouver son explication dans des évènements bien antérieurs ou encore qui subir des transpositions par le raisonnement altéré des sujets autistes. Egalement, le manque d'éléments de comparaison sur lesquels s'appuyer (qui sont en cours) et l'implémentation de cette expérience dans une organisation stricte déjà mise en place montre qu'un tel dispositif qui fait plutôt l'objet d'une étude devant s'étaler sur plusieurs années pour montrer des résultats sérieux synonymes de pistes pertinentes à développer dans ce domaine.

7. Analyse

Les robots apparaissent comme possédant un caractère d'êtres animés dotés d'intentions (Premack, 1990), ils sont donc considérés comme des partenaires sociaux potentiels et attirent l'attention. Par le fait que les robots peuvent être adaptés à chaque enfant (c'est aussi le projet de recherche d'IROMEC), le cadre de ces interactions positives peut permettre aux thérapeutes de leur faire travailler l'imitation gestuelle et faciale (Nadel et al., 2004), le jeu libre (Dautenhahn et Werry, 2004), la conscience de leur corps (Dautenhahn et al. 2003), ou l'attention partagée (Duquette et al., 2008) participant ainsi à l'arrêt des comportements stéréotypés. L'enfant prisonnier d'un fonctionnement ritualisé peut ici « s'accrocher » à l'objet robot que l'on pourra faire évoluer en fonction des exercices que l'on veut soumettre au sujet.

Il n'est pas encore possible de programmer Pléo pour qu'ils soient parfaitement interactifs mais des adaptations sont en cours. On peut toutefois déjà produire des stimuli standardisés et répétables permettant de disposer d'un même test pour tous les enfants offrant des observations objectives pour le diagnostic. Ceci est couplé avec l'utilisation d'un ensemble de méthodes d'enregistrements et d'analyses des situations sociales développées par la communauté de robotique sociale (Breazeal, Robinson-Mosher et Scassellati, 2004), accédant à la mesure précise et en temps réel des informations comme la direction du regard, la position du sujet dans son environnement, les rapport aux personnes et aux objets et les caractéristiques d'intonation de la voix qui sont incontestablement des éléments pertinents pour le diagnostic et le suivi de l'autisme. Ainsi en comparant certaines études oculométriques réalisées dans le même domaine nous analyserons ces interprétations et tenterons de nous en servir pour la construction des scénarios, les données physiologiques permettant de mesurer l'attention du sujet pouvant constituer un complément.

Ces orientations constituent une aide au dépistage précoce qui nécessite des outils perfectionnés dont certains restent à créer. En effet, la pluralité des formes de handicap, le manque de recul, le risque d'anthropomorphisme par rapport à une normalité difficile à définir sont autant de barrière qui peuvent faire perdre un temps précieux quand on connait l'importance du diagnostic précoce des maladies mentales. Or, cela nécessite des protocoles plus précis et le plus objectifs possibles. Malheureusement, et malgré l'existence de protocoles standardisés (Mullen, 1995), ceux-ci reposent la plupart du temps sur l'appréciation intuitive par les cliniciens des

capacités sociales de l'enfant rapport au contrôle du regard, aux expressions faciales et à une gestuelle plus ou moins caractéristique. On observe ainsi un certain désaccord entre cliniciens, d'autant plus fâcheux que les sujets n'interagissent pas de manière spontanée.
Cette expérience a montré également qu'il était préférable pour l'obtention des données de ne pas travailler directement avec des grilles mais d'avoir recours à des écrits professionnels qui expliquent au plus près les évènements et de créer des tableaux à partir de ces données en regroupant ce qui peut constituer des universaux, construisant la grille de lecture à partir de données même. Après discussions nous avons remarqué que certaines notations étaient différentes en fonction des éducateurs, ce travail de fond constituait un vrai travail de recherche. Or, différents éducateurs ayant noté un même événement de manière trop subjective créant différentes appréciations peut importer certains artefacts. En effet, un comportement doit être contextualisé avant de l'interpréter. La transcription en tableau pourra donc contenir l'interprétation des faits par les équipes thérapeutiques et permettre ainsi de prendre le temps du recul sur l'interprétation des évènements.

8. Conclusion

Nous avons pu observer que le sujet attend des réponses immédiates dans ses comportements. Le robot montrant des insuffisances en ne pouvant répondre par des plaintes à la maltraitance et par des sons réconfortants pour des caresses, ces réponses étant plutôt distribués au hasard, ne permettent pas au sujet d'affiner le clivage important de ce qu'il fait bien ou mal. En revanche, un point plutôt intéressant étant que le robot peut avoir un aspect apaisant pour le sujet autiste par sa texture agréable et sa réaction aux activités tactiles, renforçant l'acceptation de l'objet comme élément d'affect ou objet transitoire par les sujets.
Le comportement du robot, prédictible donc rassurant permet aux sujets autistes de s'engager dans une interaction sociale inhabituelle avec l'intervenant où le robot favorise une attention partagée (Duquette et al., 2008) et pour le thérapeute facilite la relation avec l'enfant paraissant donc jouer un rôle de médiateur. Ainsi se pose le défi nécessaire d'une interaction naturelle entre le sujet et la machine. Les robots à physionomie humaine (Qrio, Rubi, Roobovie, Nao, Roboto, Asimo, ICube etc.) ont l'objectif de provoquer des réactions attentionnelles, motivationnelles et émotionnelles chez ces sujets via l'empathie afin de stimuler des interactions cognitives et sociales (Breazeal, 2003 ; Chang et al., 2010). L'analyse transactionnelle quant à elle permet d'examiner les enjeux qui sont en place dans le triangle intervenant-sujet-robot par les comportements observables et de satisfaire les paramètres ajustables. Ainsi, les IHM ont amené l'idée de « co-thérapie », il serait ainsi l'assistant du psychothérapeute.
Comment favoriser l'intérêt d'un sujet autiste par l'utilisation d'un robot dans le cadre du jeu, seul ou avec partenaire ? Peut-on déterminer des indices et des réactions significatifs de la pathologie ? Comment optimiser le répertoire des comportements du robot qui favorisent les réactions de l'enfant ? Cette étude permet la proposition de scénarios nouveaux ciblés pour les aptitudes cognitives

d'évaluation et d'apprentissage à partir de la robotique pédagogique et l'établissement du cahier des charges d'un robot prototype dédié au diagnostic et la thérapie des enfants autistes, ciblant principalement le diagnostic précoce, l'interactivité et les apprentissages par le PECS (Pictures Exchange Communication System) via la reconnaissance des pictogrammes ainsi que l'imitation des émotions. On voit également que la méthode ABA et TEACCH (Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren) habituellement appliquée en thérapie peuvent facilement s'intégrer.

Les personnes en situation de handicap mental ayant peu recours aux apprentissages « naturels » ou spontanés doivent pouvoir profiter de systèmes d'aides aux apprentissages. Les 'évènements didactiques doivent être débarrassés de tout parasitage et calibré. De plus, le sujet doit pouvoir rencontrer ces éléments un grand nombre de fois pour laisser une trace mnésique suffisante. Il est intéressant alors d'étudier des supports qui permettent ces répétitions sans engendrer de lassitude ou de fatigue. L'utilisation des nouvelles technologies peut permettre d'augmenter ces occurrences sans pour cela créer une charge additionnelle de travail, au risque de stagnation ou de régression. Aussi l'utilisation des nouvelles technologies et de la robotique peut être un instrument qui peut nous épargner ces contraintes sans verser dans le ludique à outrance.

Références

M. Johnson, C. Wilhelm, D. Eisert, and D. Halperin-Phillips, Assessment of children with motor impairments, in R. Simeonsson and S. Rosenthal, Psychological and developmental assessment: children with disabilities and chronic conditions, New York: The Guilford Press, 2001, 205-224.

A.M. Cook, K. Adams, J. Volden, N. Harbottle, and C. Harbottle, Using Lego robots to estimate cognitive ability in children who have severe physical disabilities, Disability and Rehabilitation: Assistive Technology (2010) Early Online, 1–9.

A.M. Cook, B. Bentz, N. Harbottle, C. Lynch, and B. Miller, School-Based use of a robotic arm system by children with disabilities, IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 13(4) (2005), 452-460.

A.M. Cook, P. Hoseit, K.M Liu, R.Y. Lee, and C.M Zenteno-Sanchez, Using a robotic arm system to facilitate learning in very young disabled children, IEEE Transactions on Biomedical Engineering 35 (1988), 132–137.

M. Wang, K. Adams, P. Encarnação, and A.M. Cook, Virtual assistive robots for play, learning, and cognitive development, submitted for presentation at RESNA 2011, Toronto, Canada, June 5-8, 2011.

BEN. Robins. Encourager les capacités d'interaction sociale chez des enfants avec autisme jouant avec des robots, in L'enfant, le robot et l'ordinateur, enfance vol.59 [en ligne] Cairn Info, Consulté le 30/11/2011. Revue. Disponible sur internet : http://www.cairn.info/revue-enfance-2007- 1-p-72.htm

GIAMARCHI Frédéric, Je construis mon robot sumo : bases techniques, programmation et réalisation, [Paris]:ETSF, Éd. techniques et scientifiques françaises, 2011.

GUIMARD Marie, Exploration des visages dans l'autisme : étude en suivi du regard et corrélats cliniques, thèse doctorale, 2011

LAINE France. Perception et imitation du mouvement dans l'autisme : une question de temps : [en ligne] Cairn.info. Consulté le 31/11/2011. Revue, 112p. Disponible sur internet : http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=ENF_602_0140

SIMON Maud, L'enfant face à des expressions robotiques et humaines [Texte imprimé] : étude développementale et comparative dans le cas d'autisme / Maud Simon ; sous la direction de Jacqueline Nadel Mémoire de thèse.

5ème Challenge Technologie et Handicap 2013

Time Access

Mikael Morelle

ISEN, 41 Boulevard Vauban
59000 Lille
mikael.morelle@isen-lille.fr

Nous sommes quatre étudiants de quatrième année à l'Institut Supérieure d'Électronique et du Numérique (ISEN) dans des filières orientées vers l'informatique. Au cours de notre formation, nous avons la chance de pouvoir réaliser un projet de 6 mois et nous avons choisi ce projet, Time Access. Il s'agit d'un projet de développement informatique mobile qui a pour but de faciliter la vie quotidienne de personnes ayant des troubles de la mémoire. Ce projet est encadré par notre professeur référent Mikael Morelle et par Thierry Danigo ergothérapeute et conseiller au centre d'expertise et réseau nouvelles technologies (C-RNT) pour l'association des paralysés de France (APF). Le projet est une application Android qui a pour objectif de rappeler les actions que doivent effectuer les utilisateurs au cours de la journée. Une action peut être programmée par l'utilisateur lui-même ou par un tiers. Pendant l'enregistrement d'une action, la personne a la possibilité de la personnaliser selon le besoin de la personne qui l'utilise. Un rappel comporte une date, une heure et un titre. A cela, on peut ajouter un descriptif, une image ou un son. Les sons et les images sont accessibles par plusieurs sources afin d'avoir un rappel adapté au besoin. En effet nous souhaitons toucher un grand nombre de personne, il est donc nécessaire que l'application puisse s'adapter à chacun et, à chaque situation. Time Access a été conçue pour tablette et en utilisation non connecté afin d'être utilisable en tous lieux, cependant si on a accès à internet, des options supplémentaires sont accessibles. Nous avons tous les quatre pris ce projet très à cœur, non seulement il correspond à notre domaine de prédilection qu'est l'informatique, mais il a surtout une dimension sociale. Cet aspect nous a permis d'aller rencontrer de futurs utilisateurs de notre application dans les établissements spécialisés de manière à ce que le résultat soit le plus adapté à leur besoin.

CMS Web Accessible "MHP8 CMS"

Tahar Ben Medjbour, Sabrina Boudjema, Pierre Charles Hanse

Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
taharbenmedjbour@yahoo.fr

L'accessibilité du Web signifie que le Web est conçu pour que ces personnes handicapées puissent percevoir, comprendre, naviguer et interagir de manière efficace avec le Web, mais aussi créer du contenu et apporter leur contribution au Web. Des limitations fonctionnelles empêchent des millions de personnes d'utiliser le web vu que la plupart des sites Web comportent des barrières qui rendent difficile voire impossible leur utilisation par un nombre important de personnes handicapées.

Objectifs du projet MHP8 CMS: Mettre en place un système de gestion de contenus web accessible permettant de créer des blogs respectant les normes d'accessibilité web. Public cible : En priorité, les personnes malvoyantes désirant créer du contenu web et interagir avec les autres et les personnes valides désirant créer des blogs accessibles.

Description : Le projet porte sur la création d'un système de gestion de contenu web accessible se basant sur deux aspects majeurs, le développement d'application web et l'accessibilité. Ce qui caractérise le projet c'est la priorité donnée à l'accessibilité, tant dans la création du projet lui-même que dans les technologies et techniques de développement utilisées. Notre projet consiste à mettre à la disposition des personnes malvoyantes un CMS utilisable facilement pour créer des blogs accessibles se basant sur des Templates et des feuilles de style CSS bien définies, l'idée est de permettre l'utilisation du gestionnaire de contenu web de façon autonome sans avoir de connaissance en programmation ni en accessibilité. Nos efforts seront concentrés sur la création d'un tableau de bord d'administration des contenus, des templates web accessibles et base de données ou seront stocké les informations éditées sur le site ainsi que les utilisateurs de l'application.

MARICA (Mesure des Activités Robotiques et son Impact sur les Comportements des sujets Autistes)

Christophe Chavatte, Valérie Vincendeau

Centre de La Gabrielle, Université Paris 8, 2 rue de la liberté
93200 Saint Denis
christophechvt@yahoo.fr

Ce projet étudie l'utilisation de la robotique avec des sujets autistes, plaçant l'enfant au centre de l'activité avec le robot afin d'améliorer les interactions avec le thérapeute. Le robot est utilisé comme un médiateur dont les caractéristiques sont adaptables. En effet, les autistes ne comprennent pas les expressions faciales, socle sensori-moteur indispensable au développement, ayant plus de facilités à se concentrer sur les objets. En le faisant échanger avec un robot aux attitudes ritualisées plutôt que des comportements imprévisibles, l'idée est donc d'utiliser ces outils pour cibler des scénarios « pédago-thérapeutiques » afin d'aider ces sujets à développer progressivement une meilleure interaction sociale. Le robot Pléo est un dinosaure évolutif doté d'émotions et d'algorithmes génétiques. A partir d'une grille d'évaluation nous cherchons à mesurer les différents comportements suscités par l'utilisation du robot (expression, locution, contacts, intérêt, interactivité). Cette étude donnera des pistes pour l'aide à la thérapie et au diagnostic pour établir des scénarios pertinents. Il s'agit également d'établir le cahier des charges d'un robot prototype centré sur ce type d'utilisation.

Algebra Editor

Silvia Fajardo Flores, Dominique Archambault

EA 4004 – CHArt-THIM, Université Paris 8, France
silvia.fajardo-flores@etud.univ-paris8.fr,
dominique.archambault@univ-paris8.fr

Algebra Editor est un logiciel de support pour l'apprentissage de l'Algèbre et pour faciliter la communication entre personnes voyantes et non voyantes. Le logiciel utilise une sortie synchronisée visuelle et auditive, et permet d'écrire des expressions mathématiques en utilisant le clavier. Les fonctions incluses permettent de manipuler une expression, d'accéder directement aux termes, de naviguer par les blocs structurels qui composent l'expression, et d'enregistrer la démarche en fichier. Le prototype a été développé sur la plateforme Mozilla : XUL+XPCOM, avec Python comme langage de script et MathML de présentation pour représenter les expressions mathématiques.

PICTODYS

Rihab Ben Khedher, Soukeina Fehri, Enmar Khalis
Université Paris 8, 2 rue de la liberté
93200 Saint Denis
kheder_rihab@yahoo.fr

Le projet PictoDys vise à créer un site web dynamique d'apprentissage interactif et gratuit pour enfant dyslexique, le site s'adresse pour les enfants en maternelle grande section (5 ans), il contient des cours simplifiés ainsi que des exercices chronométrés dans de différents modules qui présentent la base d'apprentissage pour un enfant (alphabet, chiffre, mots selon des modules), l'enfant peut aussi accéder aux loisirs pour jouer. Les différents cours et exercices sont créés en utilisant des pictogrammes, des vidéos et de la synthèse vocale. Les buts principaux sont d'améliorer le niveau de l'enfant dyslexique et d'offrir à son parent une interface pour suivre l'avancement de l'enfant et lui permettre de discuter et d'échanger des informations sur forum.

Mots clés : enfant dyslexique – apprentissage – pictogramme.

Abstract: The project PictoDys aims to create a dynamic website and interactive learning free dyslexic child, the site is designed for children in kindergarten large section (5 years), it contains over simplified and timed exercises in different modules that are the basis of learning for a child (alphabet, numbers, words by modules), the child can also access to leisure to play. Different courses and exercises are created using pictograms, video and speech synthesis. The main goals are to improve the level of the dyslexic child and the parent to provide an interface to monitor the progress of the child and allow him to discuss and exchange information on the forum.

Keywords: dyslexic child- learning –pictograms.

Véhicule électrique de randonnée pour personne à mobilité réduite

Fouzi Chikhi
Institut des sciences et techniques des yvelines (ISTY) Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, 28 bd Roger Salengro, 78711 Mantes la ville
fouzi.chikhi@uvsq.fr

The Escapade non-profit association acts toward the disabled people (physical disability caused either by an handicap, illness, or by an old age). The aim of this organisation is to enable those person and their families and friends to enjoy outdoor activities in the nature within places that are unusually non-welcoming landscapes. Our project deliverable is to develop a new prototype of the existing all-terrain vehicle (see the link). The aim is to: - reduce the cost by 2 (from 30000€ to 15000€), by principally adding a new chassis but also replacing other components by cheaper ones; - lighten the vehicle weight; - arrange the space to permit one person with his wheelchair and two persons without wheelchairs to take place onto the vehicle (in the existing, only one person with wheelchair is able to do so). To achieve this, we have at our disposal a garage to build the prototype, calibrate it and finally to test the vehicle. We also use electrical testing systems for the vehicle electric components (example: calibrating and testing the electrical power steering calculator). We also use computer analytical tools as Matlab/Simulink to modelise and simulate subsystems of the powertrain (example: low voltage motor piloted by a joystick to replace the vehicle user's steering wheel). Other features are not detailed because of the lack of space. This is an exciting as well as a personally valuing project to work on. Helping people to delight from activities that they can't usually do is a complete fulfilment for them, and for us. We share with them common feelings: happiness and fun!

Miroir 360

Denis Thevenin

New Miroir 360, 2 rue Charles Péguy
61000 Alençon
miroir360@gmail.com

Nous lançons une gamme innovante de systèmes de visualisation de sa tête et sa chevelure, à 360° (ou 100%). Miroir 360 est un ensemble permet de contrôler sa présentation, notamment sa coiffure, sur les plans esthétique, et médical / hygiène.. Le visage, le profil et la chevelure sont les parties corporelles permettant d'être reconnus et de reconnaître tout le monde, surtout pour nos amis, famille, voisins, collègues…. Le principe de fonctionnement est très simple, il suffit de regarder les 4 ou 5 miroirs devant pour voir les côtés, le haut et l'arrière de sa tête. Les personnes à mobilité réduite en ont encore plus besoin pour faciliter leurs soins de coiffure et éventuellement de santé. Ce projet s'inscrit par conséquent dans plusieurs défis, la mobilité, communication, compensation, polyhandicap, et libre. Ainsi Miroir 360 participe au lien social, à la confiance en soi, et à la réinsertion professionnelle, notamment pour les personnes attentives à leur présentation.

Projet OUI (Outil universel d'interfaçage)

Godefroy Clair, Lassana Sangare, Pierre Hamant

Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
godefroy.clair@gmail.com

Afin de rendre la visite moins passive et du fait de l'utilisation artistique accrue de l'audio-visuel, les musées offrent de plus en plus de contenus multimédia aux visiteurs. Ces nouvelles formes d'interactions s'appuient dans une grande mesure sur le sens de la vue pour contrôler le dispositif et fournir des informations et excluent de fait les visiteurs mal ou non-voyants. Le projet OUI ("Outil Universel d'Interfaçage pour les personnes ayant des difficultés de communication et/ou d'interaction avec les interfaces classiques (écran/pad/souris), personnes aveugles et malvoyantes") est une collaboration entre plusieurs laboratoires (Paris 8 et le CNAM) et musées (Bibliothèque Nationale Française, Universcience, Cité des Sciences et de l'Industrie, Quai Branly) née dans le but de réfléchir à des moyens de faciliter l'accès des personnes aveugles et malvoyantes à ces contenus.

Fauteuil Holonome

Stéphane Bochard

Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Bretagne Sud (ENSIBS),
2 Rue le Coat Saint-Haouen, 56321 Lorient
stephane.bochard@univ-ubs.fr

Fruit de la collaboration entre l'ENSIBS et le centre de rééducation et de réadaptation de KERPAPE (Ploemeur - 56), le projet du Fauteuil Holonome a pour principaux objectifs : - d'apporter une relative autonomie - de les maintenir dans un univers à leur échelle Les particularités essentielles de ce fauteuil sont : - Sa modularité : chaque siège adapté spécifiquement à l'enfant peut être installé sur la coque - Sa manœuvrabilité : le caractère holonome permet un déplacement multidirectionnel - Son IHM: Modulaire en fonction de l'enfant (âge, pathologie) - Sa maintenance aisée: Mise à jour logicielle sans démontage, système mécanique simple, éléments de commande du commerce, protocoles standards Ce projet a vu la contribution de plusieurs groupes d'étudiants; de l'ENSIBS via sa spécialité mécatronique et du parcours Sciences de l'Ingénieur de l'Université de Bretagne Sud. Le projet se poursuit avec un volet recherche sur le thème des IHM pour la petite enfance.

NatBraille

Bruno Mascret, Frédéric Schwebel, Vivien Guillet, Alexis Fruet, Alain Mille

Université Claude Bernard Lyon 1, bâtiment Nautibus
69622 Villeurbanne Cedex
bruno.mascret@liris.cnrs.fr

L'accessibilité NAT est un logiciel libre de transcription et de détranscription en braille, développé au LIRIS (Université Lyon 1), issus à l'origine d'un projet technique du master Handi de Paris VIII. Il a été conçu de manière à permettre à un utilisateur novice de produire facilement et rapidement des transcriptions sans qu'il ait pour autant besoin de connaître le braille. NAT permet de transcrire, détranscrire et de mettre en forme les textes littéraires en braille intégral ou abrégé, les contenus mathématiques, la chimie. NAT permet également l'embossage des documents, la gestion des règles des règles d'abrégé à appliquer (abrégé partiel possible lors de l'apprentissage de l'abrégé en classe) et de coupure braille. Le logiciel propose de nombreuses options et de paramétrages afin de s'adapter à un public très large. Il dispose d'un éditeur de détranscription interactif utilisable en classe et d'un éditeur simple pour l'édition des transcriptions (possibilité de saisie en mode Perkins).

LSF Translator

Belkacem Amroun, Fiala Slimani, Abdelghani Madagh
Université Paris 8, 2 rue de la liberté
93200 Saint Denis
abel.amroun@gmail.com

Il est très courant que les personnes entendantes trouvent énormément de difficultés à communiquer et surtout à transmettre des informations aux personnes sourdes dans la vie quotidienne et courante, notamment dans les lieux publics (restaurants, cabinets médicaux et centre commerciaux...etc). Le projet LSF-translator consiste à développer une application fonctionnant sur tout appareil de type Androïd. L'application se basera sur la lecture de vidéos en LSF, Chaque vidéo sera identifiée par une phrase bien spécifique. La lecture de ces vidéos se déclenchera après qu'un utilisateur (personne entendante et voyante) aura choisi l'item (lieux publics) et puis la phrase qui exprime le plus clairement l'information qui voudra transmettre à la personne sourde. Cette application permettra de répondre aux besoins exprimés par les personnes sourdes, et ces derniers sauront comprendre l'information émise par les personnes entendantes qui ne pratiquent pas la langue des signes françaises (LSF).

PICTOKIDS

Mohammed Zbakh, Irene Lopez, Karima Ahanache, Nadege Devos
Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
medzbakh@hotmail.com

Le projet Pictokids présente un logiciel d'aide à la communication bidirectionnelle par le biais de pictogrammes. Il s'adresse aux personnes présentant un handicap de communication, ainsi qu'à leur entourage. Pictokids regroupe un choix varié de plus de 1400 pictogrammes permettant la rédaction de phrases pictographiques au travers de trois modes au choix. La phrase pictographique est, par la suite, traduite en texte en respectant des règles de grammaire et conjugaison française, et propose une lecture par une synthèse vocale. Notre objectif est de permettre aux personnes atteintes de troubles de la communication, de dialoguer avec leurs proches de manière autonome, par le biais d'un outil attrayant, ludique et adaptable à chacun.

AZIMUT

Kamel Guissous, Waël Elloumi, Aladine Chetouani
Polytech'Orléans, 12 rue de Blois BP 6744
45067 Orléans
aladine.chetouani@univ-orleans.fr

Depuis la carte et la boussole, les systèmes d'assistance à la navigation ont connu un formidable essor. Parmi ces avancées, le GPS (Global Positioning System) qui a facilité le déplacement de nombreuse de personnes. L'apparition de cet outil et son déploiement a suscité un engouement véritable. Ainsi, d'autres systèmes ont vu le jour (RFID,…). Nous proposons de s'intéresser à l'aide à la navigation de personnes malvoyantes qui représentent en Europe près de 15 millions de personnes avec plus de 1,7 million en France (soit près de 3 français sur 100 sont malvoyants et 3 sur 1000 sont aveugles). L'objectif principal est ici de renforcer ou in fine de remplacer les outils de guidage et de détection d'obstacles existants (chien guide et canne blanche) par des outils technologiques avancés de navigation. La finalité de cet outil est de leur assurer une meilleure intégration en facilitant et sécurisant leurs déplacements. Nous présentons une application mobile (Smartphone) de localisation de personnes à partir de la caméra du mobile. La capture vidéo est ici utilisée pour l'extraction d'informations dans un environnement donné. Ces informations sont ensuite exploitées pour guider et orienter la personne. Il est à noter que l'utilisation de cet outil nécessite uniquement un Smartphone.

Robot ramasseur de balle BOCCIA

Heimanarii Amo
Institut des sciences et techniques des yvelines (ISTY) Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines, 28 bd Roger Salengro, 78711 Mantes la ville
heimanariiamo@gmail.com

Il s'agit de réaliser un robot télé-opéré qui aide les participants aux jeux de BOCCIA, à ramasser les balles. Cette tâche dévolue à un arbitre valide normalement, peut désormais être effectué par une personne à mobilité réduite pouvant l'usage de ses mains.

Livre Tactile Interactif

Abdelaziz Alaoui, Aurélie Bornerand, Aurélie Casson, Émilie Martin
Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
master.handi@univ-paris8.fr

La conception d'un livre tactile interactif est multimodale en vue de s'adapter au mieux à un maximum de personnes et fonction de ses besoins spécifiques particulières. Les supports utilisés sont : une tablette tactile (style keyboard), planches en relief (braille et noir), différentes textures tactiles, retraçant une histoire et proposant un jeu. Il utilise aussi les sons et une description vocale. Le livre tactile interactif permet à l'enfant déficient visuel d'appréhender différentes modalités, de découvrir ainsi le braille mais aussi l'écriture gros caractère tout en s'amusant et en découvrant toutes sortes de textures et de sons de la vie quotidienne. Ce livre permet à l'enfant de s'amuser de façon autonome. Ce livre permet de jouer avec différentes modalités dans le but de donner à l'enfant les moyens de s'approprier un contenu sous des formes différentes (tactile, sonore, visuel). Il peut être parcouru et découvert par l'enfant de façon autonome, il se veut à fois attractif et distrayant pour tout enfant âgé de 3 à 6 ans et le moins onéreux possible. La technologie utilisée n'est plus très actuelle, (ce prototype a été développé en 2005), mais le concept est facilement adaptable aux tablettes tactiles.

LUDVIN - Localisation d'un Usager Déficient Visuel en INtérieur

Benoît Lathière, Johana Bodard, Fadoua Laazioua
Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
benoit.lathiere@gmail.com

Ce projet consiste à développer un ensemble d'applications sous Android pour aider la personne déficiente visuelle à se repérer à l'intérieur d'un bâtiment. La personne saura ainsi facilement dans quel endroit du bâtiment elle se trouve (étage, salle, couloir, escalier, ...) et quels sont les points d'intérêt proches d'elle (toilettes, porte, sortie, ...).

Serious Games et Handicap

Patrick Abellard, Dorian Abello, Pierre-Nicolas Joilan, Rémy Peretti, Cédric Charroy, Geoffrey Costa, Aurélien Rosso
IUT Toulon, BP 20132
83957 La Garde
abellard@univ-tln.fr

Deux enseignants-chercheurs de l'IUT de Toulon, Alexandre Abellard et Patrick Abellard ont encadré 6 étudiants de 2ème année de Génie Electrique pour la réalisation d'un Projet Tutoré : Serious Games et Handicap. Afin de permettre à des personnes handicapées d'améliorer leurs performances sportives, un outil de mesure et de quantification des gestes a été développé. Il utilise une manette de jeux WIIMOTE et un ordinateur type PC. Il fournit toutes les données utiles au joueur, à son entraîneur et son thérapeute. Il a servi de base au développement de plusieurs Serious Games pour les sportifs handicapés lorsqu'ils ne peuvent pas se rendre sur site. De plus, au-delà de l'aspect HandiSport, grâce à l'utilisation du réseau et d'une Kinect, ce Transfert de Technologie (des jeux vers le handicap) peut devenir très utile à un kinésithérapeute pour rééduquer son patient à distance lorsqu'il ne peut pas se rendre à sa séance.

Application pour l’accessibilité tactile des personnes aveugles

Yong Chen
Université Paris 8, 2 rue de la Liberté
93526 Saint-Denis
chenysun@gmail.com

L’objectif de notre recherche est de transformer automatiquement les informations visuelles d’une image en informations accessibles pour les personnes aveugles. Actuellement des images tactiles à usage des personnes aveugles sont créées manuellement par le travail de retouche avec des logiciels spécifiques. Nous présentons une procédure de transformation basée sur le traitement des images avec des méthodes automatiques de segmentation d’image, de reconnaissance de formes, de détection du texte, etc. Cette procédure est appliquée à des images cartographiques.

Index des auteurs

A

Abdulrazak Bessam 3
Abellard Patrick 120
Abello Dorian 120
Ahanache Karima 117
Alaoui Abdelaziz 119
Amo Heimanarii 118
Amroun Belkacem 117
Arab Farah 3
Archambault Dominique 67, 87, 112

B

Ben Khedher Rihab 113
Ben Medjbour Tahar 111
Bochard Stéphane 116
Bodard Johana 119
Bornerand Aurélie 119
Boudjema Sabrina 111
Bourhis Guy 1
Bousefsaf Frédéric 17

C

Casson Aurélie 119
Charroy Cédric 120
Chavatte Christophe 97, 112
Chen Yong 7, 120
Chetouani Aladine 57, 117
Chikhi Fouzi 114
Clair Godefroy 87, 115
Costa Geoffrey 120

D

Devos Nadege 117
Dupire Jérome 87

E

Elloumi Waël 57, 118

F

Fajardo Flores Silvia 67, 112
Farcy René 47
Fehri Soukeina 115
Fruet Alexis 116

G

Gabrielli François 37
Guillet Vivien 116
Guissous Kamel 57, 118

H

Hamant Pierre 87, 115
Handouzi Wahida 37
Hanse Pierre Charles 111

J

Joilan Pierre-Nicolas 110

K

Khalis Enmar 113

L

Laazioua Fadoua 119
Lathière Benoît 119
Lopez Irene 117
López Krahe Jaime 7

M

Maaoui Choubeila 17, 37
Madagh Abdelghani 117
Martin Émilie 119
Mascret Bruno 116
Mille Alain 116
Morelle Mikael 110
Moussaoui Abdelhak 37

P

Peretti Rémy 120
Pruski Alain 17, 37
Pudlo Philippe 37

R

Rosso Aurélien 120

S

Sangare Lassana 87, 115
Schiro Jessica 37
Schwebel Frédéric 116
Slimani Fiala 117

T

Thevenin Denis 115
Thomann Guillaume 77
Treuillet Sylvie 57

U

Uzan Gérard 87

V

Veytizou Julien 77
Villeneuve François 77
Vincendeau Valérie 112

Z

Zbakh, Mohammed 117
Zegarra, Jesus 47

Institut Fédératif de Recherche
sur les Aides Techniques
pour les personnes Handicapées

Association loi 1901
N° de parution : 20080045, JO 11 nov. 2008
Id. WALDEC : W931006165
SIRET : 519 490 130 00019, Code APE 9499Z
IBAN FR76 4255 9000 6141 0200 1298 517

`http://ifrath.fr`