



Conception rapide d'aides techniques pour personnes tétraplégiques

Philippe Truillet, Mathieu Raynal

► To cite this version:

Philippe Truillet, Mathieu Raynal. Conception rapide d'aides techniques pour personnes tétraplégiques. *Médiation et Information: revue internationale de communication*, 2013, vol. 36, pp. 103-115. hal-01131773

HAL Id: hal-01131773

<https://hal.science/hal-01131773>

Submitted on 16 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Open Archive TOULOUSE Archive Ouverte (OATAO)

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

This is an author-deposited version published in : <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID : 12340

To cite this version : Truillet, Philippe and Raynal, Mathieu
[Conception rapide d'aides techniques pour personnes tétraplégiques.](#)
(2013) Médiation et Information, vol. 36. pp. 103-115. ISSN 1252-0993

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

Conception rapide d'aides techniques pour personnes tétraplégiques

Philippe TRUILLET¹,
Mathieu RAYNAL²

Les aides techniques permettent à de nombreuses personnes tétraplégiques d'accomplir des tâches qu'elles ne pourraient pas accomplir sans elles. Selon Laffont (2008), la possibilité de contrôler son environnement est d'ailleurs déterminante pour la qualité de la réinsertion sociale, familiale et professionnelle. En parallèle, nous pouvons constater qu'une grande proportion des aides techniques disponibles est peu ou pas utilisée. Ceci peut s'expliquer par de multiples raisons : manque d'écoute dans la sélection, difficulté d'obtention des aides techniques, des performances et du changement de besoins. Néanmoins, le développement récent de technologies à très bas coût, l'engouement du public pour le *Do-It-Yourself* et la diffusion des connaissances en interaction homme-machine permettent d'affirmer qu'il est possible de concevoir rapidement des aides techniques réellement adaptées. Nous illustrerons ces aspects au travers d'expériences menées de la conception à la réalisation de prototypes matériels et logiciels pour personnes tétraplégiques.

MOTS-CLÉS : TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE, PROTOTYPAGE RAPIDE, PERSONNES TÉTRAPLÉGIQUES

¹ Philippe Truillet est Maître de Conférences à l'Université Paul Sabatier (Toulouse III) depuis 2001 dans laquelle il enseigne notamment l'interaction homme-machine et les réseaux. Il est membre de l'IRIT dans l'équipe ELIPSE. Ses travaux de recherche portent sur la modélisation, la conception et l'évaluation de « systèmes interactifs avancés » dans des situations complexes.

² Mathieu Raynal est Maître de Conférences à l'Université Paul Sabatier (Toulouse III) où il enseigne l'informatique. Il est rattaché à l'équipe ELIPSE à l'IRIT. Ses recherches portent sur la modélisation, la conception et l'évaluation de nouveaux systèmes de saisie de texte et dispositifs de pointage pour des contextes d'interaction « dégradée » : situation de mobilité, cas d'une déficience motrice, perceptive ou cognitive.

Technical aids enable many quadriplegics to perform tasks they could not do otherwise: read their e-mails, change TV channel, etc. According to Laffont (2008), the ability to control one's environment is crucial to the quality of social, family and professional inclusion. However, there is a large proportion of technical aids on the market that are rarely or hardly ever used. This low acceptance rate is due to several reasons such as lack of support in the selection of an aid, difficulty in obtaining technical aids, performance and changing needs of the patient. Nevertheless, the recent development of technologies at a very low cost and the public's enthusiasm for DIY show that it is possible to design 'customized and personalized' assistive technologies. We illustrate these aspects in this paper through experiments undertaken from design to prototypes for quadriplegic people.

KEYWORDS: ASSISTIVE TECHNOLOGIES, RAPID PROTOTYPING, QUADRIPLAGIC PEOPLE

Introduction

Dans les sociétés modernes, l'information et la communication interindividuelles ont pris une grande importance et leur accès et partage par et pour tous représentent un enjeu de société considérable. Ne pas prendre en compte les besoins et les spécificités des personnes les plus fragiles (handicapés, personnes âgées...) revient à les exclure en leur fermant l'accès à l'éducation, au marché du travail, à la culture et à tout ce qui fait le ciment de nos sociétés. Il est cependant à noter que, dans de très nombreux pays, des lois ont été votées pour obliger les contributeurs d'information à proposer des solutions accessibles à tous. En France, la loi 2005-102 du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » affirme dans son titre IV l'obligation pour les pouvoirs publics de rendre accessibles les services de communication « quels que soient le moyen d'accès, les contenus et le mode de consultation »³. En France, deux millions de personnes⁴ sont atteintes de déficiences motrices. Parmi ces déficiences, la tétraplégie⁵ recouvre beaucoup de situations individuelles différentes. On se rappelle sûrement le livre poignant de Jean-Dominique Bauby (Bauby, 1996), atteint de Locked-In Syndrom suite à un accident vasculaire cérébral, et celui de Philippe Pozzo di Borgo (Pozzo, 2001), immortalisé dans le film *Intouchables*⁶, devenu tétraplégique suite à un accident de parapente. Il existe en réalité de multiples causes de tétraplégie : tumorales, infectieuses, inflammatoires ou vasculaires, mais la cause la plus fréquente est d'ordre traumatique. Les enquêtes réalisées (Mailhan, 2002) montrent que les personnes atteintes sont majoritairement des hommes jeunes, et que les accidents de la voie publique sont la cause la plus fréquente de lésion.

Cependant, pour de multiples raisons, tant budgétaires que sociétales, les hôpitaux ou centres spécialisés ont tendance à réduire les temps de séjour et à favoriser dès que possible le retour à domicile des personnes en situation de handicap lourd et leur réinsertion professionnelle. Il faut donc permettre très rapidement une plus grande autonomie à la personne en situation de handicap (Ducrot, 1991).

3 Légifrance, <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000809647>, dernier accès le 26 novembre 2012.

4 Chiffres de 2006 basés sur le nombre de personnes ayant une assistance à domicile et/ou percevant l'Allocation aux Adultes Handicapés – AAH. Source : Ministère de l'équipement, 2006.

5 Paralysie des quatre membres causée généralement par une lésion de la moelle épinière au niveau des vertèbres cervicales C1 à C7.

6 Long métrage réalisé par Olivier Nakache et Eric Toledano, sorti en novembre 2011.

De multiples technologies pour l'autonomie

La plupart des personnes handicapées utilisent des périphériques adaptés à leur handicap. Il existe sur le marché un très grand nombre d'outils d'assistance (ou *Assistive Technologies*) qui vont de la chaise roulante à des bras robotisés en passant par les contacteurs *on-off*, joysticks, souris. Brangier (2002) souligne que le but fondamental de ces aides est « de restaurer les fonctions sensorielles, motrices, cognitives ou sociales des personnes atteintes par des déficiences ou dégénérescences ». Ces aides ont des caractéristiques évidemment différentes suivant le niveau de motricité de la personne. Par exemple, pour celles qui ont des mouvements involontaires et mal coordonnés, un guide doigt (grille posée sur un clavier physique) peut être suffisant afin d'éviter les appuis simultanés de plusieurs touches et de permettre de reposer les mains, alors qu'à une personne qui ne dispose plus d'aucune mobilité ni de ses membres supérieurs, on ne peut proposer que des dispositifs d'interaction comme un système de suivi du regard (*eye-tracker*) ou de suivi de tête (*head-tracker*). Malheureusement, on constate que toutes ces aides peuvent être très onéreuses, surtout lorsque le handicap est lourd, alors qu'elles restent nécessaires pour briser la solitude dans laquelle beaucoup de ces personnes sont plongées.

Comme le souligne Laffont (2008), la possibilité de contrôler son environnement est déterminante pour la qualité de sa réinsertion sociale, familiale et professionnelle. Verdonck (2009) et Pino (2000) définissent en outre cinq thèmes liés à l'usage des technologies : l'autonomie, la liberté, la sécurité, du temps pour soi et les relations avec les autres. Ceci démontre que ces outils doivent surtout être vus comme un droit fondamental de la personne.

Du point de vue des usages, les résultats d'un questionnaire envoyé en 2004 à plus de 100 personnes tétraplégiques hospitalisées au CMRRF⁷ de Kerpape (Brochard, 2008) montrent que plus de la moitié des personnes dispose d'un équipement de contrôle domotique et que 20 % souhaitent en bénéficier. De plus, la communication (e-mail, Internet...) constitue le premier usage de l'ordinateur (82,5 %), possédé par 69,5 % des personnes. L'étude de Kane (2009) montre en outre que, de manière surprenante, les utilisateurs optent plutôt pour le choix de technologies répandues, même si cela implique quelques difficultés d'usage. Cependant, le simple fait d'avoir accès aux technologies n'abolit pas forcément les barrières de l'accessibilité. Phillips (1993) et de Boer (2009) – dans un contexte légèrement différent – soulignent que le taux d'abandon des technologies d'assistance reste important (aux alentours de 30 %) du fait d'utilisateurs non consultés, de difficultés à obtenir les périphériques, parfois de leur faible performance ou encore du fait de changement des priorités et des besoins. Cette difficulté à comprendre les usages de tous les jours est d'ailleurs souvent reprise dans la littérature.

7 Centre Mutualiste de Rééducation et de Réadaptation Fonctionnelles.

C'est pour cela qu'il nous semble nécessaire de développer des stratégies et services qui augmentent l'engagement des utilisateurs et de considérer les besoins à long terme. Il nous semble que les technologies *DIY* (*Do-It-Yourself* – « faites-le par vous-même »), associées à une démarche de conception centrée sur l'utilisateur, peuvent être une solution pour résoudre ce problème. Hurst (2011) montre, par exemple, que le *DIY* permet un accès plus aisé à la technologie récente et qu'il réduit les temps de décision et d'implémentation, avec des coûts moindres par rapport aux solutions commerciales. De plus, il affirme que le *DIY* permet une émulation de tous les acteurs concernés et crée des communautés riches et imaginatives.

Une nécessité de concevoir avec et pour des déficients moteurs

Hurst (2011) fait aussi le parallèle entre le mouvement *DIY* et la théorie de la diffusion de l'information de Rogers (1995) concernant l'adoption des technologies. On retrouve peu ou prou ces étapes dans l'approche centrée utilisateur utilisée en IHM⁸. En effet, cette approche se focalise sur les besoins de l'utilisateur plutôt que sur la technologie, ce qui permet de réduire *a priori* les problèmes d'utilisabilité. Beaucoup de travaux ont été menés sur cette méthodologie et il existe un grand nombre de méthodes et d'outils pour la mettre en œuvre. Quelques règles de base pour la mise en œuvre sont définies par la norme ISO 9 241-210 (ISO, 2010). Selon cette norme, il est, entre autres, indispensable de réaliser une « participation active des utilisateurs » dans les quatre phases du processus de conception : l'analyse des besoins et activités des utilisateurs, la production d'idées, la conception et le prototypage, et l'évaluation par rapport aux exigences. Quelques méthodes utilisables pour la conception sont présentées par Muller (1993). Parmi celles-ci, la conception dite « participative » met en avant une collaboration tout au long du processus de conception entre différents acteurs : concepteurs, développeurs, décideurs... et utilisateurs.

Comme nous l'avons vu précédemment, la tétraplégie recouvre un large panel de situations individuelles différentes, avec une mobilité et des capacités qui peuvent varier au cours du temps. Cela pose d'emblée au moins deux problèmes : le temps important à consacrer afin de concevoir une aide personnalisée et le travail « artisanal » requis pour répondre au mieux aux problèmes de handicap, ce qui exclut en outre la possibilité de réutiliser le résultat. Ce sont autant de raisons pour lesquelles nous plaçons aussi pour une démarche de conception d'aides techniques réellement centrée sur l'utilisateur.

⁸ ISO 9 241-210, 2010, *Ergonomie de l'interaction homme-système. Partie 210 : « Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs »*, http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=52075, dernier accès le 26 novembre 2012.

Il y a de notre point de vue de nombreux avantages à utiliser cette méthode, particulièrement pour des personnes tétraplégiques, d'abord parce que de nombreux outils destinés aux personnes tétraplégiques restent peu interopérables, assez rigides et compliqués à utiliser (Kemoun, 2002). Ensuite, il nous semble important de fournir très rapidement des outils d'aide sous forme de prototypes, même s'ils ne sont pas complètement fonctionnels, parce que cela peut générer un « cercle vertueux » permettant à la fois d'affiner les besoins ou d'en créer de nouveaux.

L'étape du prototypage et le « Do-It-Yourself »

Le prototypage est une étape essentielle à la fois pour réduire le coût de développement, pour tester l'utilisabilité d'un système ou d'une technologie, mais également pour améliorer la connaissance sur l'attitude, le comportement des utilisateurs et les fonctionnalités du système (en termes de modalités d'interaction utilisées, de stratégies d'utilisation, etc. Arnowitz, 2007). De plus, le prototypage permet de tester à moindre frais un certain nombre de solutions innovantes pouvant être utiles aux utilisateurs dans le contexte envisagé. Le retour sur expérience peut alors être employé pour guider les développements ultérieurs.

Dans ce sillage, l'apparition récente de plusieurs plateformes électroniques simples, peu onéreuses, « ouvertes » et programmables comme Wiring⁹, arduino¹⁰ et plus récemment Teensy¹¹ ou makey-makey¹² est très prometteuse. Parmi celles-ci, la plateforme arduino présente de nombreux avantages. Créée en 2005 comme un modeste outil pour étudiants à l'Interaction Design Institute d'Ivrea (Italie), arduino a initié une véritable révolution dans le monde du *DIY* auprès d'artistes, passionnés et professionnels, de par son prix modique (25 euros environ), sa puissance et sa simplicité d'usage. Ces plateformes permettent à tout un chacun de s'approprier les systèmes physiques et d'utiliser des capteurs ou effecteurs aussi facilement que de piloter son ordinateur.

Tout ceci ouvre donc de nombreuses perspectives dans le cadre du handicap, notamment lorsque l'usage de capteurs physiques devient nécessaire pour piloter son ordinateur. En effet, l'adaptation de l'interface au regard des interacteurs adaptés (ensemble des périphériques et techniques d'entrée) et de l'évolution du handicap des patients est souvent un problème majeur à résoudre.

9 <http://wiring.org.co>, dernier accès le 26 novembre 2012.

10 <http://www.arduino.cc>, dernier accès le 26 novembre 2012.

11 <http://www.pjrc.com/teensy>, dernier accès le 26 novembre 2012.

12 <http://www.makeymakey.com>, dernier accès le 26 novembre 2012.

Des exemples de systèmes développés

Nous allons illustrer l'application de la conception centrée utilisateur avec deux systèmes développés à l'IRIT ces dernières années. Le premier système concerne le développement d'un clavier logiciel phonétique. Le second utilise quant à lui des dispositifs physiques associés à une interface logicielle.

CLAPOTI : un clavier virtuel à entrée phonétique

Ce système a été développé sur une durée d'un an pour M. R., tétraplégique avec une mobilité faible des bras, malvoyant et aphasique suite à un accident de la route. Le système CLAPOTI (Vella 03) est une aide technique qui permet la communication orale au travers d'un dispositif de synthèse vocale. L'objectif est de permettre une production vocale rapide en utilisant la concaténation de phonèmes (plus petite unité de sons d'une langue). Ainsi, chaque touche du clavier est associée à un caractère phonétique IPA¹³ (International Phonetic Alphabet). Un des besoins exprimés par M. R. était que ce système devait être utilisable pour deux situations d'interaction : en face-à-face ou, le plus souvent, à distance au travers d'un téléphone. CLAPOTI a donc été conçu et développé en utilisant une approche participative. Nous avons débuté par l'analyse fonctionnelle du système existant utilisé par la personne. Cette analyse a mis en exergue certains problèmes cruciaux comme, par exemple, celui de la saisie des messages au clavier. L'ensemble des résultats a été utilisé pour prototyper une première version de CLAPOTI (cf. Figure 1) développée à l'aide de Mbrola¹⁴, système libre de synthèse de phonèmes multilingues libre¹⁵.

Nous avons ensuite utilisé un scénario de travail correspondant à une des activités essentielles du système, à savoir la prise de rendez-vous par téléphone à l'aide du système utilisé. L'usage de scénarios en IHM permet de se focaliser d'abord sur les problèmes d'usages et non des problèmes techniques. À l'issue de cette phase, nous avons ainsi pu identifier deux problèmes récurrents : la rupture de la communication par l'interlocuteur distant (qui ne comprend pas ce qui se passe – lenteur des messages tapés...) et la mauvaise intelligibilité de la synthèse utilisée (« voix de type robotique »). Ceci a conduit à implémenter deux propositions : l'ajout d'un message d'accueil en message préenregistré par une voix humaine afin d'expliquer la situation (« vous allez entrer en communication avec une personne s'exprimant au travers d'une voix de synthèse... ») et l'ajout d'un *feedback* sonore reflétant l'activité d'écriture.

¹³ <http://www.phon.ucl.ac.uk/home/wells/ipa-unicode.htm>, dernier accès le 26 novembre 2012.

¹⁴ Mbrola Project, Faculté Polytechnique de Mons (Belgique) <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola.html>, dernier accès le 26 novembre 2012.

¹⁵ Pour des applications non commerciales.

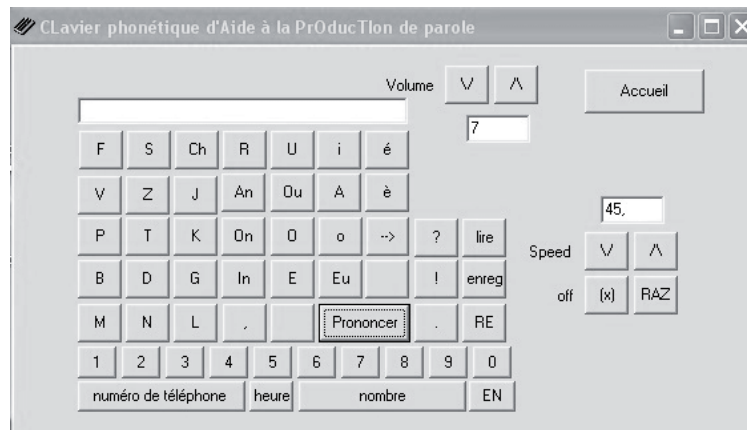


Figure 1 : Interface logicielle de CLAPOTI

Nous avons enfin évalué le prototype fonctionnel autour de deux objectifs : évaluer le type de rétroaction sonore et le message de bienvenue, et évaluer le système CLAPOTI par un questionnaire.

Quinze personnes ont ainsi pris part à l'évaluation. Nous avons réutilisé le scénario conçu comme support à l'évaluation. En termes d'usage, il est apparu que la rétroaction « son phonétique » était intéressante, car elle renseigne sur l'activité de l'utilisateur (quelle touche l'utilisateur du clavier saisit à un moment donné). Toutefois, ce retour sonore tend à faire perdre l'attention de l'interlocuteur qui demande souvent à répéter le message. Les résultats montrent aussi que si la perception du temps concernant la saisie varie en fonction de l'utilisateur, elle est considérée comme relativement longue. Il est à noter que l'utilisateur du système ne peut entrer qu'un seul phonème après l'autre et qu'aucun mécanisme de prédiction n'a été mis en œuvre. De manière globale, les objectifs ont été atteints dans la mesure où le dialogue n'a jamais été rompu et que les scénarios ont tous pu être menés au bout.

TetraX : une aide technique adaptable

Le deuxième système conçu avec la méthode participative concerne la conception et la proposition d'une aide technique tant à la fois matérielle et logicielle pour M. P., tétraplégique de niveau C1 suite à un accident de ski (Boujrad, 2010).

Afin de définir les aides appropriées, nous avons mené la démarche de conception participative durant plusieurs mois avec M. P., des médecins et ergothérapeutes au sein du service de Médecine Physique et de Réadaptation (MPR) du CHU de Toulouse. De très nombreuses adaptations du cycle de conception ont été nécessaires. En effet, le patient étant hospitalisé et alité, les séances de conception étaient peu fréquentes et assez courtes (moins d'une heure par séance).

À partir des besoins exprimés par le patient et avec les ergothérapeutes, nous avons défini un certain nombre de services que nous avons fait tester par notre utilisateur. Nous avons utilisé une approche par prototypes itératifs haute-fidélité permettant à la fois de tester l'utilisation des différentes applications, mais surtout d'identifier rapidement les capacités d'interaction, les usages et les besoins en contexte réel d'usage. Nous avons aussi pris en compte un critère de coût du système, qui peut être rédhibitoire pour de nombreuses personnes (Holme, 1997). Nous avons ainsi pris la décision de développer des solutions peu onéreuses pour les aspects matériels (ce qui permet en outre de bénéficier d'une communauté importante de développeurs) et à base de langages « ouverts » pour les aspects logiciels.

Nous avons testé en parallèle différents interacteurs physiques auprès de notre patient, ainsi que défini et utilisé des applications développées sous forme de « Magicien d'Oz » (Green, 1985). Cette méthode, communément utilisée en interaction homme-machine, propose de simuler le fonctionnement interactif du prototype final. Ceci repose sur un maquettage papier, vidéo (Mackay, 1999) ou, plus récemment, sur un maquettage rapide logiciel.

À l'aide de nos maquettes, l'usage de la reconnaissance vocale nous est rapidement apparu peu pratique voire impossible pour notre utilisateur intubé. Nous avons dès lors proposé un système de suivi de regard, basé sur l'usage d'une webcam du marché, afin de permettre au patient de piloter un pointeur à l'écran. Malheureusement, nous nous sommes heurtés à un problème d'émission de lumière infrarouge dans la chambre du patient, causé par les équipements de suivi médical qui venaient parasiter la détection de la pupille. Compte tenu des possibilités réduites de motricité du patient, notre choix, en accord avec le patient et les ergothérapeutes, s'est alors porté sur un contacteur rond permettant de simuler le clic souris, choix pouvant néanmoins évoluer avec les progrès physiques du patient. Nous avons finalement développé un démonstrateur intégrant les services suivants : envoi/réception de SMS et une télécommande infrarouge universelle pour piloter un téléviseur ou une chaîne hi-fi. Ce démonstrateur s'articule autour d'un PC portable. Par exemple, le service de « télécommande » est constitué d'un module physique comportant un émetteur/récepteur infrarouge permettant l'encodage et le décodage des signaux et un afficheur LCD architecturé autour d'un dispositif arduino (cf. Figure 2), le tout pour un coût inférieur à 30 euros. Ce service permet l'envoi et l'enregistrement de toute commande infrarouge afin de rester indépendant de tout matériel et de contrôler des équipements audiovisuels ou domotiques. Enfin, ce service a été doté de capacité de communication sans fil zigbee¹⁶ afin de pouvoir être utilisé à distance.

¹⁶ <http://www.zigbee.org>, dernier accès le 26 novembre 2012.



Figure 2 : Partie matérielle de TetraX à bas d'arduino



Figure 3 : Partie logicielle de TetraX

Afin de limiter le plus possible les mouvements du patient sur l'interface logicielle, l'usage d'un défilement automatique nous a paru le plus adapté. Le curseur se déplace automatiquement entre les différents items du menu, et l'utilisateur n'a qu'à agir sur le contacteur par un bref appui pour sélectionner la fonction désirée. L'opération de sélection prenant du temps (défilement et temps de réaction), nous avons choisi de ne jamais proposer plus de quatre choix par menu et par sous-menu. La zone principale, qui est la plus utilisée, est aussi la plus importante en taille, facilitant ainsi la focalisation de l'utilisateur (cf. Figure 3). Enfin, pour faciliter l'accès aux informations concernant l'état des différents modules qui composent le système, nous avons ajouté un panneau latéral de statut. De plus, afin de permettre une adaptation rapide à l'utilisateur, il est possible pour un médecin, une personne du milieu hospitalier ou de l'entourage de la personne tétraplégique d'interagir avec l'interface à l'aide d'une souris ou d'un autre système de pointage pour entrer dans un menu de reconfiguration.

Nous avons finalement à notre disposition un outil ouvert, adaptable, adaptatif, hautement configurable et donc réutilisable pour de nombreux patients. L'usage au quotidien de ce type d'outil peut en outre permettre d'aider les ergothérapeutes dans le suivi des patients afin de suivre leurs évolutions et d'adapter au fur et à mesure des progrès les interacteurs et les services proposés. Enfin, il peut permettre d'acquérir des données d'interaction (actions effectuées, contexte...) pour une analyse fine de l'usage de la part des patients et permettre à terme une adaptation dynamique du système.

Conclusion

Nous avons, dans cet article, montré l'importance de développer des aides techniques pour des personnes tétraplégiques. Nous avons aussi montré que les technologies *DIY* pouvaient être très intéressantes afin d'explorer des solutions innovantes adaptées au plus près des besoins des patients. Nous pensons enfin qu'il est nécessaire de travailler sur ce point de manière pluridisciplinaire : utilisateurs, aides de vie, médecins, ergothérapeutes, concepteurs et informaticiens. Il reste bien évidemment de larges champs à explorer dans ce domaine. Tout d'abord, l'adaptation de méthodes de conception participative adaptées aux handicaps moteurs nécessite de mieux comprendre les aspects collaboratifs entre les différents acteurs intervenant dans la vie quotidienne de la personne. Il nous semble aussi important d'étudier les usages des technologies afin de permettre le retour le plus rapide possible à une vie sociale la moins dégradée possible.

Enfin, nous soulignons que toutes les recherches menées dans le cadre du handicap, au-delà de leur aspect social et humain évident, ont très souvent un fort impact sur l'innovation : la télécommande est un bel exemple de technologie inventée pour les personnes handicapées moteur et utilisée quotidiennement par toute la population.

RÉFÉRENCES

- Arnowitz J., Arent M. & Berger N. (2007). *Effective Prototyping for Software Makers (Interactive Technologies)*, San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Bauby J.-D., (1997). *Le Scaphandre et le Papillon*, Paris : Robert Laffont.
- de Boer IG, Peeters AJ, Runday HK, Mertens BJ, Huizinga TW, Vliet Vlietand TP (2009). "Assistive devices : usage in patients with rheumatoid arthritis", *Clinical Rheumatology*, volume 28, issue 2, 119-128.
- Boujrad A., Jouffrais Ch., Truillet Ph. & Marque Ph., (2010). « Conception d'un outil de contrôle et de communication pour personnes tétraplégiques », in : *22^e Conférence Internationale Francophone sur l'interaction Homme-Machine* (pp. 117-120), Luxembourg, ACM Press.
- Brangier E. & Pino P. (2002). « Approche ergonomique de la réhabilitation de personnes handicapées tétraplégiques et aphasiques : ergonomie de conception de systèmes prototypes dédiés à la fin de vie », in : *Conférence Ergonomie et Informatique Avancée*, Biarritz, France, pp. 217-231.
- Brochard S., Pedelucq J-P, Cormerais A., Thiebaut M. & Rémy-Néris O., (2007). "Satisfaction with technological equipment in individuals with tetraplegia following spinal cord injury". *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, mars 2007, Vol. 50, n° 2, pp. 78-84.
- Ducrot H., Martin E. & Scherrer J-R, (1991). « Le système robotique "MASTER" au service des personnes handicapées », *Nouvelles Technologies et Traitement de l'Information en Médecine, Informatique et Santé*, volume 4.
- Green P. & Wei-Haas L., (1985). *The Wizard of Oz : a tool for rapid development of user interfaces*. Final Report number UMTRI-85-25.
- Holme S.A., Kanny E.M., Guthrie M.R. & Johnson K.L. (1997). "The use of environmental control units by occupational therapists in spinal cord injury and disease services", *American Journal of Occupational*, 51(1), pp. 42-48.
- Hurst A. & Tobias J. (2011). "Empowering Individuals with Do-It-Yourself Assistive Technology", in *13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Dundee, Scotland: ACM Press, pp. 11-18.
- International Standard Organization (2010). *Ergonomie de l'interaction homme-système*, Partie 210 : « Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs », Retrieved November 26, 2012, from : <http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-en-iso-9241-210/ergonomie-de-l-interaction-homme-systeme-partie-210-conception-centree-sur-l-operateur-humain-pour-les-systemes-interactifs/article/774240/fa160301>.
- Kane S.K., Jayant C., Wobbrock J.O. & Ladner, R.E. (2009). "Freedom to roam : A study of mobile device adoption and accessibility for people with visual and motor disabilities", in *Proceedings of the ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ACM Press, pp. 115-122.
- Kemoun G., Lefebvre-Donze AC. & Magnier E. (2002), « Qualité de vie des personnes handicapées à domicile : impact de l'action d'une équipe pluridisciplinaire de soutien », Retrieved October 30, 2002, from : <http://www.moteurline.apf.asso.fr/epidemiostatsevaluation/etudeshp/csapf/qolkemmoun.htm>.
- Laffont I., Biard N., Bouteille J., Pouplin S., Guillon B., Bernuz B. & Rech C. (2008). « Tétraplégie : solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l'atteinte des membres supérieurs », *La Lettre de Médecine Physique et de Réadaptation*, 24(3), pp. 113-121.
- Mackay W.E. & Fayard A.L. (1999). "Video brainstorming and prototyping : techniques for participatory design", in : *ACM CHI'99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, Pittsburg, USA, ACM Press, pp. 118-119.
- Mailhan L. & Genêt F. (2002). « Évaluation des déficiences et incapacités : clinique, neurologique et orthopédique », *Neurologies*, novembre 2002, 45, pp. 413-417.
- Muller, M.J. & Kuhn S. (1993). "Participatory design", in : *Communications of the ACM*, 36(6), pp. 24-28.
- Phillips B. & Zhao H. (1993). "Predictors of assistive technology abandonment", *Assistive Technology Journal*, 5, pp. 36-45.
- Pino P. & Brangier E. (2000), « Environnement digital de téléactions pour handicapés : adaptation automatique du temps de défilement aux caractéristiques et intentions de l'utilisateur », *Conférence Handicap 2000*, Paris, France.
- Pozzo di Borgo Ph. (2011). *Le Second Souffle, suivi du Diable gardien*. Paris: Bayard Jeunesse.
- Rogers E. M. (1995). *Diffusion of Innovations*, Free Press.

Vella F., Vigouroux N. & Truillet Ph., (2003), "A User-Centered Approach for Designing CL-APOTI : an Assistive Technology Designed for Speech and Motor Disorders", *AAATE Conference 2003*, Dublin : Ireland, IOS Press, pp. 289-293.

Verdonck M., Steggles E. & Chard G., (2009), "The meaning of living with or without environmental control systems for people with tetraplegia : An Irish focus group study", *AAATE Conference 2009*, Florence : Italy, IOS Press, pp. 297-302.