Etat de l'art sur les systèmes d'aide à la communication envisageables pour des utilisateurs de profil IMC athétosique

Yohan Guerrier, Christophe Kolski, Franck Poirier

▶ **To cite this version:**

Yohan Guerrier, Christophe Kolski, Franck Poirier. Etat de l'art sur les systèmes d'aide à la communication envisageables pour des utilisateurs de profil IMC athétosique. Journal d'Interaction Personne-Système, 2018, Volume 6, Number 1 (1), pp.1-45. 10.46298/jips.2662 . hal-01433734v3

HAL Id: hal-01433734
https://hal.science/hal-01433734v3

Submitted on 10 Jul 2018

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.

JIPS

Journal d'Interaction Personne-Système
Volume 6, Numéro 1, Article 1, Janvier 2017, pages 1 à 45
http://jips.episciences.org

Le journal de l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine

État de l'art sur les systèmes d'aide à la communication envisageables pour des utilisateurs de profil IMC athétosique

Yohan Guerrier

UVHC, LAMIH, CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes

Yohan.Guerrier@univ-valenciennes.fr

Christophe Kolski

UVHC, LAMIH, CNRS, UMR 8201, F-59313 Valenciennes

Christophe.Kolski@univ-valenciennes.fr

Franck Poirier

Laboratoire UMR Lab-STICC Université de Bretagne Sud F-56000 Vannes

Franck.Poirier@univ-ubs.fr

State of art on possible communication support systems for users with athetoid cerebral palsy

Abstract. This article proposes a state of art on communication support systems that can be used by users with Athetoid Cerebral Palsy. Today, many communication support systems are available on the market and/or presented in the literature. They include (1) virtual keyboards, (2) software using pictograms, (3) speech recognition, and (4) other types of input systems dedicated to physically disabled users (brain-computer interface and physical aids). After the description of these four categories of communication support systems, this article ends with a synthesis in which our view of each category of system in relation to the considered user profile is provided.

Key words: Communication aid, cerebral palsy, data entry.

Résumé. Cet article propose un état de l'art des systèmes d'aide à la communication utilisables par des utilisateurs de profil Infirme Moteur Cérébral (IMC) athétosique. De nos jours, de nombreuses aides à la communication sont proposées sur le marché et/ou présentées dans la littérature. Ces aides rassemblent (1) les claviers virtuels, (2) les logiciels exploitant des pictogrammes, (3) la reconnaissance vocale et (4) les autres types de systèmes de saisie dédiées aux personnes handicapées physiques (interface cerveau-ordinateur et aides physiques). Après la description successive de ces quatre catégories d'aide, cet article se termine par une synthèse dans laquelle notre point de vue sur chaque catégorie de système relativement au profil visé, est fourni.

Mots-clés : système d'aide à la communication, infirme moteur cérébral, saisie de données.

Édité par Joëlle Coutaz, Université de Grenoble et Patrick Girard, Université de Poitiers
Soumis le 23 janvier 2017 – Accepté le 30 juin 2018

afihm

Copyright AFIHM © 2017, Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Les articles de JIPS sont publiés sous licence Creative Commons Paternité 2.0 Générique.

1 INTRODUCTION

La loi n° 2005-102 du 11 février 2005 stipule que chaque personne handicapée doit être intégrée dans la société. Cela passe par une accessibilité des lieux publics pour permettre à ces personnes de sortir de chez elles et de vaquer à leurs occupations aussi bien professionnelles que personnelles. La loi prévoyait une accessibilité totale pour 2015. Malheureusement, cette obligation a été reportée à 2018, 2021 ou 2024 selon le type et le contexte de l'établissement.

Il existe de nombreux handicaps, aussi bien physiques que mentaux (pour plus de détails, cf. [site internet unapei]). Cet article se focalise sur les personnes de profil IMC (Infirmité Motrice Cérébrale). Dans cette catégorie nous pouvons trouver deux grandes familles : les IMC athétosiques et les IMC plastiques.

Les IMC athétosiques ont pour particularité d'avoir des mouvements involontaires, de même qu'une dysarthrie, mais ils n'ont pas de problème au niveau de l'intelligence [Liptak *et al*., 2004]. 40% d'entre eux environ sont en fauteuil roulant [Rapp *et al*,. 2000]. La dysarthrie provoque des problèmes d'élocution limitant l'intelligibilité de la parole [encyclopédie Larousse]. Les personnes dysarthriques prononcent mal les mots, mais elles n'ont aucun problème pour formuler des phrases correctes. Les mouvements involontaires des IMC athétosiques sont dus à un dommage neurologique à cause d'un manque d'oxygène durant la naissance. Ces mouvements sont plus ou moins importants par rapport au degré du handicap. Les personnes souffrant de cette pathologie dans la forme la plus grave ne peuvent manipuler de joystick à cause de leurs mouvements involontaires trop importants. Dans ce cas, l'athétose s'exprime également sur leur visage.

Les IMC plastiques n'ont pas de mouvements involontaires, mais ils ont des raideurs dans tous les membres. Leur précision dans les mouvements est beaucoup plus importante par rapport aux IMC athétosiques [Bérard *et al*., 2006] [Sankar *et al*., 2005] [Koman *et al*., 2003]. Cela leur permet d'avoir une plus grande autonomie.

Dans cet article, nous nous intéresserons essentiellement aux utilisateurs de profil IMC athétosique.

De manière générale, les nouvelles technologies ne sont pas toujours accessibles aux personnes handicapées. Nous pouvons par exemple trouver une importante quantité d'informations à propos des nouvelles technologies et du handicap dans [Stephanidis, 2012]. Dans cet ouvrage concernant tout type de handicap, différents chapitres expliquent comment rendre accessibles des interfaces graphiques ou des produits exploitant un ensemble de nouvelles technologies. De manière générale, de nombreuses recherches sont effectuées dans le domaine du handicap et aux aides logicielles qu'il est possible d'apporter selon le type de handicap.

Pour en revenir aux personnes IMC athétosiques et comme précisé précédemment, celles-ci ont des problèmes d'élocution. Cela rend difficile leur compréhension pour une personne n'ayant pas l'habitude d'en côtoyer et écouter. Les besoins en aides à la communication sont ainsi très importants pour les personnes IMC athétosiques [Guerrier *et al*., 2012b].

Parmi les aides à la communication existantes [Abraham, 2003], celle qui est la plus connue est le clavier virtuel. Nous pouvons trouver des dizaines de claviers virtuels différents sur le marché [MacKenzie *et al*., 2002]. Aucun n'est parfait, ils possèdent tous des avantages et des inconvénients. De nombreux brevets ont été déposés à ce sujet, relativement à des principes visant à accélérer la saisie à l'aide des claviers virtuels. Cependant, malgré de telles aides, la saisie par une personne IMC athétosique reste longue et fatigante. La personne doit utiliser un dispositif (par exemple un joystick) pour manipuler le pointeur de la souris. Il place le pointeur sur la lettre voulue et il appuie sur un contacteur pour valider. Cela laisse imaginer le temps et la fatigue physique engendrés pour écrire un texte de longueur importante.

Nous verrons également dans cet article d'état de l'art d'autres systèmes de communication comme la reconnaissance vocale ou les aides à la communication physique. Encore une fois, ces aides possèdent leurs propres avantages et inconvénients.

Un point important peut d'ores et déjà être noté : l'utilisation de tout type d'aide à la communication provoque généralement de la fatigue physique chez l'utilisateur en situation de handicap physique, de profil IMC athétosique. A ce sujet, la littérature fait mention de plusieurs fatigues physiques différentes : (1) la fatigue physique due à un effort physique répété, (2) celle accentuée par la vieillesse, (3) celle provoquée par le handicap [Allain *et al*., 1999]. Dans cet article, nous considèrerons naturellement la fatigue physique due au handicap. En effet, une personne IMC athétosique effectue un nombre important de mouvements involontaires, provoquant un épuisement au niveau des muscles sollicités. C'est pour cela par exemple qu'il est important de réduire les mouvements de la souris durant la saisie.

Cet article reprend le chapitre d'état de l'art de la thèse du premier auteur de cet article, intitulée « Proposition d'une aide logicielle pour la saisie d'information en situation dégradée - Application à des utilisateurs IMC athétosiques dans des contextes liés au transport et aux activités journalières » [Guerrier, 2015], sous la co-direction des deux autres auteurs. D'un point de vue général, il s'agissait de proposer, réaliser et tester un logiciel d'aide à la communication pour aider des personnes IMC athétosiques à communiquer, en se focalisant particulièrement sur les transports en commun.

De nos jours, de nombreuses aides à la communication sont proposées sur le marché et/ou présentées dans la littérature. Ces aides rassemblent (1) les claviers virtuels, (2) les logiciels exploitant des pictogrammes, (3) la reconnaissance vocale et (4) les autres types de systèmes de saisie dédiées aux personnes handicapées physiques (interface cerveau-ordinateur et aides physiques). Après la description successive de ces quatre catégories d'aide, cet article, initié dans [Guerrier *et al*., 2012a, 2012b], se terminera par une synthèse dans laquelle notre point de vue sera fourni sur chaque catégorie de système, relativement au profil visé : utilisateur IMC athétosique.

LES APPORTS DE CETTE RECHERCHE :
- ✓ **Focus sur les utilisateurs de profil Infirme Moteur Cérébral athétosique**
- ✓ **Etude des catégories d'outils susceptibles de contribuer à une aide à la communication**
- ✓ **Description d'exemples représentatifs d'outils possibles**

2 METHODOLOGIE

À notre connaissance, il n'existe pas ou très peu d'études de dispositifs d'aide interactifs impliquant des utilisateurs IMC athétosiques. De plus, malgré différents contacts avec des centres spécialisés, il n'a pas été possible de faire participer des utilisateurs de ce profil dans le cadre d'une étude des systèmes d'aide à la communication, faisant l'objet de cet article.

La décision a donc été de suivre la méthodologie suivante.

Nous sommes partis de la méthode consistant, pour un analyste, à se mettre pour un temps à la place d'opérateurs (utilisateurs dans notre cas) et en conséquence à apprendre leur métier. Cette méthode est encore appelée "expérience de l'analyste". Issue de l'ergonomie, cette méthode a été suggérée par plusieurs auteurs tels Faverge (voir dans [Ombredane et Faverge, 1955]) et Pacaud [Pacaud, 1959], pour des tâches gestuelles ou à dominance sensori-motrice, en faisant l'hypothèse que cet apprentissage permet dans certains cas à l'analyste de mieux appréhender certaines difficultés rencontrées par les opérateurs. Notons que nous sommes conscients de ses limites en général ; Sperandio explique que cette méthode est à exclure lorsque les tâches sont compliquées (ce qui n'était pas notre cas, cf. ci-dessous), que l'analyste a souvent tendance à se prendre comme modèle et à pratiquer l'introspection sur lui-même, et enfin qu'il ne peut que devenir un opérateur sans expérience donc éprouver des difficultés à analyser objectivement le travail [Sperandio, 1991]. Cependant, pour des tâches interactives bien spécifiques et cadrées

(dans notre cas surtout pour la saisie de données) où l'analyste devient un utilisateur potentiel, la mise en œuvre de cette méthode entraîne moins de difficultés et en tout cas permet au moins l'évaluation de la prise en main du système (voir un exemple d'utilisation avec différents types d'utilisateurs dans [Kolski, 1997]).

Le premier auteur de cet article est lui-même de profil IMC athétosique. Il connaît parfaitement les difficultés que des utilisateurs de ce profil peuvent rencontrer en exploitant des dispositifs, pour en avoir côtoyé à de multiples occasions depuis son enfance. Il a naturellement joué le rôle de l'analyste pour cette étude : il a utilisé et évalué lui-même chaque aide à la communication décrite ci-dessous. Il s'est basé sur son ressenti durant les tests. À chaque fois, il a estimé la fatigue physique ressentie pendant l'utilisation des aides à la communication. La comparaison de cette fatigue se faisait avec une échelle de ressenti : 0 pour aucune fatigue et 10 pour une grande fatigue. Ensuite il a estimé globalement le temps d'apprentissage pour chaque système. Pour ce faire, il a saisi un texte pour apprendre la disposition des touches, puis lorsqu'il parvenait à une performance de saisie de plus de dix mots par minutes, il considérait que le système était maitrisé. En même temps, il pouvait juger la disposition des touches en mesurant le nombre de déplacements du pointeur de la souris, et ceci dans un but de première estimation globale et informelle.

Lorsqu'une référence bibliographique permet un complément pertinent dans l'estimation globale du dispositif, celle-ci est fournie.

3 LES CLAVIERS VIRTUELS POUR LES PERSONNES HANDICAPÉES PHYSIQUES

De manière générale, le domaine de la saisie a évolué en trois étapes [Soukoreff, 2004]. La première étape a été l'invention de la machine à écrire. Cette invention a eu lieu à la fin du XIXème siècle. La seconde a coïncidé avec l'apparition de l'ordinateur personnel dans les années 1970-1980. Enfin, la dernière évolution a coïncidé avec l'invention des appareils mobiles permettant d'effectuer de la saisie souvent à l'aide de clavier virtuel.

Dans cette partie, nous allons nous intéresser aux claviers virtuels utilisables sur un ordinateur ou une tablette tactile ou un téléphone portable. Les claviers projetés [Roeber et al., 2003] ne seront pas traités, car ils ne sont pas utilisables par les utilisateurs IMC.

Dans le domaine des claviers virtuels, de nombreux travaux ont été réalisés. Parmi tous ces travaux nous pouvons dans un premier temps souligner ceux de F. Vella [Vella, 2008]. Durant sa thèse, celui-ci a créé un outil original permettant d'évaluer les claviers virtuels selon un handicap donné, en se basant sur différentes formules mathématiques. Selon l'approche proposée, l'utilisateur sélectionne un clavier virtuel et un handicap, et le logiciel est capable de répondre si le clavier est adapté à ce handicap.

Malgré les nombreux travaux déjà menés, la différence de vitesse de saisie entre une personne valide et une personne handicapée reste importante. Certes, on considère que les personnes valides peuvent être différentes en termes de vitesse de saisie sur des claviers physiques, selon leur niveau d'expérience [MacKenzie et al., 1999]. Nous pouvons ainsi classer grossièrement ces personnes dans deux catégories :

- La première catégorie concerne les débutants en saisie ; ces personnes ont peu d'expérience (voire aucune) avec un clavier physique. Leur saisie est lente.
- La seconde catégorie regroupe les personnes ayant une importante expérience avec les claviers physiques. Elles peuvent saisir rapidement.

Pour comparer ces performances, les personnes effectuent des tests dont le but est de saisir des mots de cinq lettres le plus rapidement possible [MacKenzie *et al*., 2002]

Malheureusement, les personnes handicapées physiques sont moins rapides que la première catégorie (avec en outre de la fatigue physique ressentie durant l'utilisation des claviers virtuels [Bérard, 2004], [Vella *et al*., 2005]), et cela quel que soit leur niveau

d'expérience ; cela est dû aux difficultés de pointage [Zhai *et al.*, 2000]. C'est pour cela que de nombreuses recherches sont effectuées dans le domaine des claviers virtuels. Ces recherches ont pour but d'accélérer la saisie des personnes handicapées. Parmi les résultats de ces recherches, nous pouvons citer la prédiction de mots. Ce principe permet de proposer à l'utilisateur un ensemble de mots selon les lettres saisies. Par exemple si l'utilisateur saisit la lettre « M », le clavier virtuel proposera le mot « Maison ».

Il existe des prédictions de mots évolués, comme le système VITIPI [Boissière *et al.*, 2002]. Ce système est capable de proposer un mot par rapport aux lettres saisies par l'utilisateur et en rapport avec le contexte de la phrase. Si l'utilisateur est en train d'écrire un texte qui a pour sujet la météo, le système VITIPI va lui proposer des mots en rapport à la météo.

On peut également trouver d'autres systèmes de prédictions de mots plus ou moins évolués [Menier *et al.*, 2001] [Hunnicutt, 1985] [Magnuson, 1995] [Maurel *et al.*, 2000] [Maurel *et al.*, 2001] [Masui, 1999].

Les différents claviers virtuels seront classés dans les trois sous-parties suivantes : (1) claviers optimisés monotapes, (2) claviers non optimisés monotapes, (3) claviers non optimisés multitapes. Pour chacun d'eux (passés en revue avec un objectif de représentativité et non d'exhaustivité), nous fournissons une description, leurs avantages et inconvénients relativement à des utilisateurs de profil IMC athétosique, une appréciation globale sur le système, le développeur ou la société qui les commercialise, la date de réalisation (annoncée ou supposée), un site ou une référence (ou plusieurs).

Dans chaque catégorie, les claviers sont décrits en respectant un ordre chronologique.

3.1 Claviers optimisés « monotape »

Les claviers optimisés ont pour but de diminuer la distance parcourue par la souris pendant la saisie ; pour ce faire les lettres sont regroupées par rapport à la fréquence d'apparition dans la langue voulue [Bellman et MacKenzie, 1998]. Grâce à cette technique, l'effort physique est diminué pendant la saisie.

Les claviers monotape possèdent une seule lettre par touche. Pour saisir le caractère voulu, l'utilisateur clique une seule fois sur la touche en question. Le meilleur exemple est le clavier physique standard.

Plusieurs claviers virtuels représentatifs de ce type sont passés en revue dans cette partie : Dvorak, Metropolis, Dasher, Opti et Fitaly, Skeleton Keys, Comlis, Chewing Word, K-THOT optimisé, B-link, H-MOUSE, XPeRT.

La particularité du clavier **Dvorak** (Figure 1) est que les consonnes et les voyelles les plus probables sont placées sur la ligne médiane. Le mode de saisie se fait par clic, temporisation (paramétrable) ou par balayage (le nombre et la durée des cycles sont paramétrables). Il existe aussi un balayage « par étape » : à l'aide d'un premier contacteur, on fait défiler les lignes ou les cases d'une ligne, avec un deuxième contacteur on sélectionne la ligne ou la case désirée.

- Avantage : l'organisation des lettres permet la réduction du nombre de mouvements de la souris.
- Inconvénient : l'apprentissage des positions des lettres est long (20h) [site internet algo].
- Appréciation sur le système : l'organisation des lettres permet d'accélérer la saisie.
- Date de réalisation : 1930 (pour la proposition initiale de disposition)
- Site ou référence : [Norman et al., 1982] [Matias et al., 1994] [Brook, 2000]

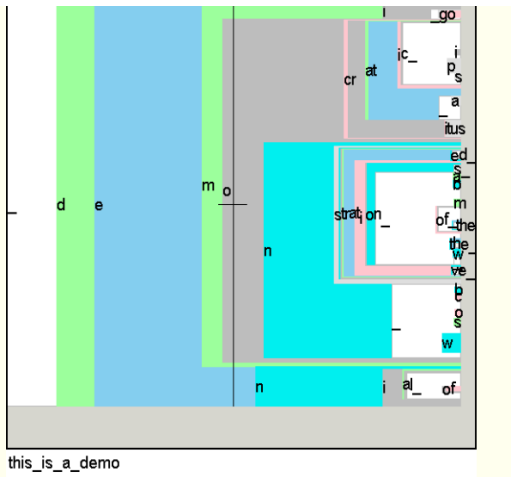
Figure 1. Clavier Dvorak

3.1.1 Le clavier Dasher

Le clavier **Dasher** (Figure 2) permet d'écrire des mots sans utiliser de clic. Au début de la saisie, le pointeur de la souris est au centre de l'écran, tandis que des lettres rangées dans des carrés de couleur se trouvent alignées tout à droite de la fenêtre. Ecarter la souris vers la droite de la croix centrale lance le défilement des lettres vers la gauche de la croix.

- **Avantage** : selon le constructeur, on peut atteindre 30 mots à la minute, avec une prédiction de mot efficace. Le mot proposé par le clavier est proche du pointeur, cela diminue le parcours de la souris.
- **Inconvénients** : la prise en main est difficile. Le clavier demande une bonne vue et de la concentration pour trouver la lettre voulue.
- **Appréciation sur le système** : ce clavier demande trop de concentration pour être utilisé au-delà de quelques minutes par un utilisateur IMC athétosique.
- **Date de réalisation** : 1997
- **Site ou référence** : [Ward *et al.*, 2000] [Méthel, 2005]

Figure 2. Clavier Dasher



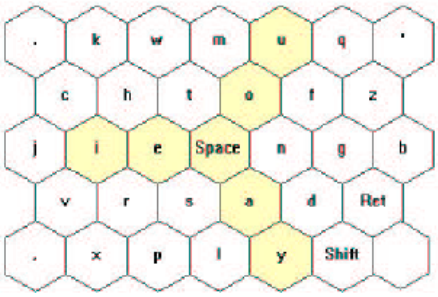
3.1.2 Le clavier Metropolis

Le clavier **Metropolis** (Figure 3) a été créé à partir de l'algorithme d'optimisation de type glouton du même nom. Il regroupe les lettres selon leurs attirances, par rapport aux caractéristiques du langage (par exemple en français la lettre u a de fortes probabilités de suivre la lettre q) et en s'appuyant sur les conclusions de la loi de Fitts [Fitts, 1954] (La *loi de Fitts* est un modèle du mouvement humain, prédisant le temps requis pour aller rapidement d'une position de départ à une zone finale de destination, en fonction de la distance à la cible et de la taille de la cible.).

- **Avantage** : la disposition des touches est optimisée grâce à la loi de Fitts et, par conséquent, le mouvement de la souris.
- **Inconvénient** : l'utilisateur doit apprendre la position des lettres.
- **Appréciation sur le système :** la disposition des lettres permet la diminution de l'effort physique durant la saisie.
- **Date de réalisation** : 2000

- **Site ou référence** : [Zhai *et al.*, 2000]

Figure 3. Clavier Metropolis



3.1.3 Le clavier Opti et Fitaly

Le clavier **Opti et Fitaly** (Figure 4) est un clavier qui propose les lettres les plus probables en leur centre ; ce clavier dispose également de plusieurs barres d'espace sur les côtés et d'une grande barre Shift en bas pour une saisie plus facile et plus rapide afin de diminuer les coefficients de la loi de Fitts, qui permet de conclure que plus les lettres sont proches sur le clavier, plus la saisie d'un mot ou d'un caractère est rapide.

- **Avantage** : le regroupement de lettres permet d'accélérer la saisie car la distance parcourue par la souris est diminuée.
- **Inconvénient** : l'apprentissage prend du temps car l'utilisateur doit apprendre la position des lettres.
- **Appréciation sur le système** : l'atout majeur de ce clavier est sa rapidité de saisie (50 mot par minute pour un utilisateur valide [site internet textware]) ; il serait intéressant de faire la même étude avec des utilisateurs IMC athétosiques.
- **Société** : Textware
- **Date de réalisation** : 1998
- **Site ou référence** : [Raynal, 2006] [Magnien *et al.*, 2004] [Zhai *et al.*, 2002]

Figure 4. Clavier Fitaly

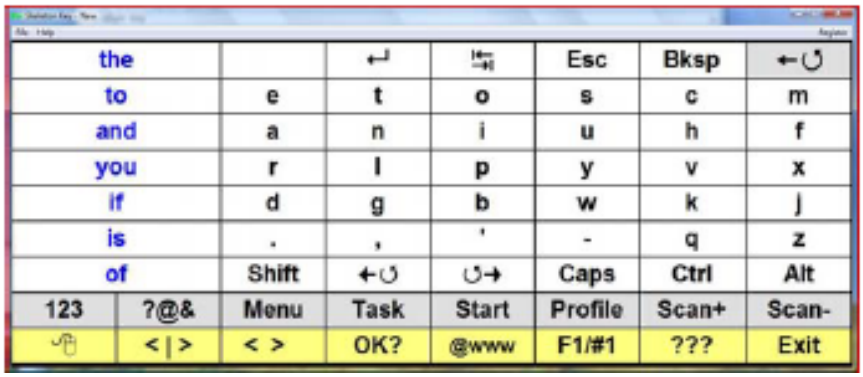
3.1.4 Le clavier Skeleton key

Dans **Skeleton Keys** (Figure 5), les touches ont été placées par rapport à la fréquence d'apparition des lettres dans la langue d'utilisation (en anglais initialement ou en français). Le mode de saisie peut être par clic, par temporisation (paramétrable) ou par balayage (le nombre et la durée des cycles sont paramétrables). Il existe aussi un balayage « par étape » : à l'aide d'un premier contacteur on fait défiler les lignes ou les cases d'une ligne,

avec un deuxième contacteur on sélectionne la ligne ou la case désirée. L'utilisateur a la possibilité de modifier le clavier, d'éditer de nouvelles touches, de choisir la taille des cases, la police des étiquettes, etc. On peut trouver les fonctionnalités suivantes : un émulateur de souris permettant un pilotage du curseur en mode radar ou mire ou avec des flèches, une prédiction dynamique (en anglais initialement, mais comme la prédiction est basée uniquement sur la fréquence d'utilisation des mots, il est possible d'obtenir rapidement une prédiction correcte en français). Ce clavier est destiné aux utilisateurs handicapés moteur.

- **Avantages** : le contrôle de l'ordinateur est assez complet (menus, navigation entre les fenêtres, etc.) en mode défilement. L'organisation des lettres permet de réduire le nombre de mouvements pendant la saisie.
- **Inconvénient** : le clavier demande un apprentissage car l'organisation des lettres peut perturber l'organisateur.
- **Appréciation sur le système** : le placement des lettres permet de réduire le nombre de mouvements.
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : [Magnien *et al*., 2004] [Zaitsev, 2010]

Figure 5. Clavier Skeleton Keys



3.1.5 *Le clavier Comlis*

Le **Comlis** (Figure 6) est un clavier à l'écran optimisé pour un accès par balayage, avec dictionnaire prédictif. Il s'agit cependant d'une aide à la communication uniquement, il ne permet pas de faire du traitement de texte.

- **Avantages** : il est facile d'utilisation, la saisie par balayage est optimisée car les lettres les plus fréquentes sont en première position.
- **Inconvénients** : on ne peut pas le configurer, les majuscules ne sont pas faciles à atteindre en mode balayage car elles se trouvent en dernière position dans le parcours du rectangle lumineux.
- **Appréciation sur le système** : si le placement des lettres est optimisé pour le balayage, il doit l'être également pour l'utilisation avec un joystick (fréquemment utilisé par des utilisateurs de profil IMC athétosique).
- **Société** : idée-association
- **Date de réalisation** : 2007
- **Site ou référence** : http://idee-association.org/les-programmes/les-claviers-a-lecran/comlis/

Figure 6. Clavier Comlis

3.1.6 Le clavier Chewing Word

Le principe du clavier Chewing Word (Figure 7) diffère largement des précédents ; seules quelques lettres sont affichées simultanément, et s'agencent en fonction de la position du curseur lors de la dernière entrée. Si la lettre souhaitée n'apparaît pas (ce qui est assez rare), le mouvement du curseur affiche les lettres suivantes, toujours par probabilité d'apparition croissante ; une case permet sinon l'affichage de l'alphabet entier (toujours classé comme précédemment). Une case permet l'insertion d'un espace, une autre celle d'un caractère spécial ou d'un signe de ponctuation. La saisie se fait par clic normal ou par clic long. Il existe aussi un mode défilement et un mode autoclic. La prédiction de mots est intégrée et dynamique, elle s'adapte au vocabulaire de l'utilisateur. Il n'est même pas nécessaire de pointer le mot pour le valider, il suffit de faire un clic long sur la lettre. En outre, il est possible de ne sélectionner qu'une partie du mot prédit, s'il ne correspond pas tout à fait au mot souhaité.

Avantages : la distance parcourue par la souris est optimisée, la prédiction de mots est très efficace. Les accents, les mises en forme et les ponctuations sont insérées automatiquement.

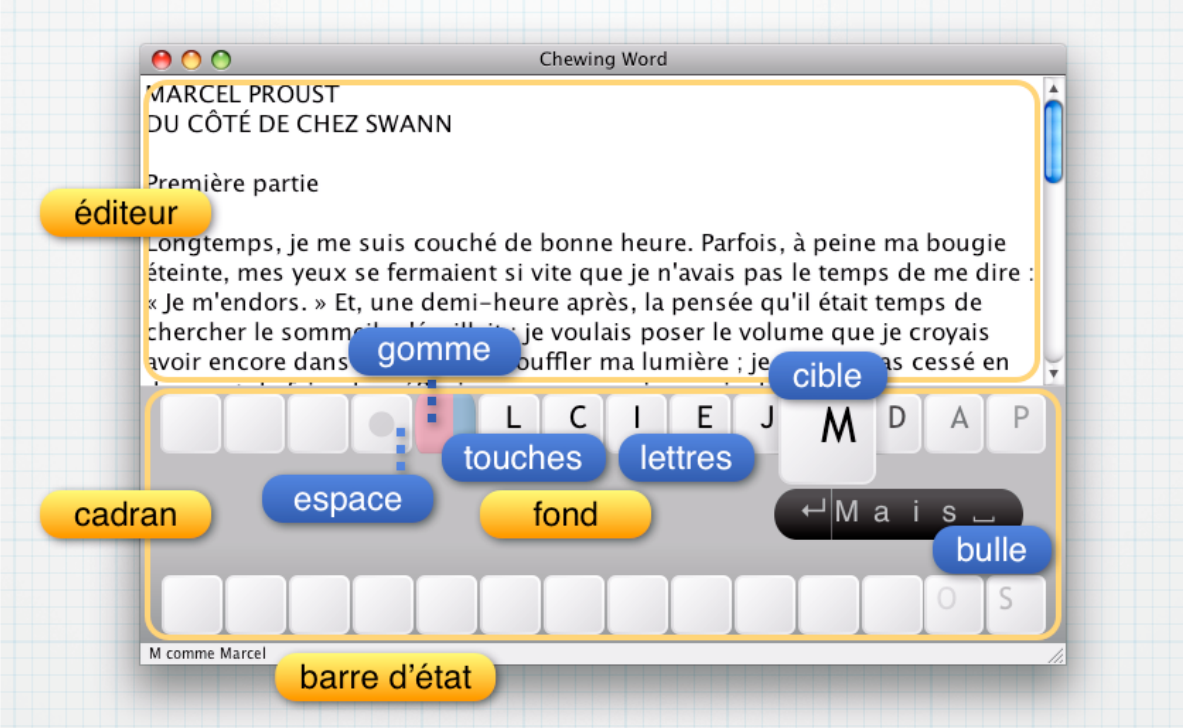
Inconvénient : le fait que les lettres changent de place en permanence demande une concentration plus élevée par rapport aux claviers statiques (pour lesquels les lettres sont toujours à la même place).

Appréciation sur le système : ce clavier permet d'écrire rapidement et avec un effort physique faible. Cependant, à la suite de quelques heures d'utilisation les personnes handicapées moteur ressentent une fatigue mentale [Grange, 2011] ; ce point est à considérer aussi pour des utilisateurs de profil IMC athétosique.

Date de réalisation : 2008

Site ou référence : [Grange, 2010] [Grange, 2011]

Figure 7. Chewing Word



3.1.7 *Le clavier K-THOT*

Avec **K-THOT** optimisé (Figure 8) chaque bouton contient quatre lettres. Pour sélectionner une lettre, l'utilisateur clique sur le bouton voulu et fait sortir la souris du côté de la lettre. Les lettres ont été regroupées par rapport à la fréquence d'apparition dans la langue française. Ce clavier a été conçu pour les personnes IMC.

- **Avantage** : la distance parcourue de la souris est diminuée. Car les lettres sont organisées par rapport à leur fréquence d'apparition dans la langue française.
- **Inconvénient** : le clavier demande un effort de concentration important pour trouver la lettre voulue, cela entraîne une fatigue visuelle et mentale.
- **Appréciation sur le système** : Le nombre réduit de touches permet une diminution de l'effort physique, durant la saisie.
- **Date de réalisation** : 2010
- **Site ou référence** : [Baas *et al.*, 2010]

Figure 8. Clavier K-THOT optimisé

3.1.8 Le logiciel B-link

B-link (Figure 9) est un logiciel qui permet à l'utilisateur de commander l'ordinateur en clignant des yeux, les clins d'œil étant reçus par sa webcam. Le clavier réalise un balayage (mouvement d'un carré lumineux sélectionnant chaque touche à tour de rôle). L'utilisateur effectue un clignement d'yeux lorsque le carré lumineux est sur la touche voulue.

- **Avantages** : Le logiciel offre un outil de souris virtuelle. On peut également arrêter l'ordinateur à partir du clavier.
- **Inconvénient** : Le clavier ne fonctionne pas avec toutes les webcams. Il demande beaucoup de concentration.
- **Appréciation sur le système :** Le logiciel permet d'effectuer de la saisie avec très peu d'effort physique. Mais en contrepartie, l'utilisateur doit se concentrer pour sélectionner la lettre voulue.
- **Date de réalisation :** 2010
- **Site ou référence :** [Królak *et al.*, 2012]

Figure 9. B-Link

3.1.9 H-MOUSE

H-MOUSE (Figure 10) fonctionne comme suit : on choisit d'abord un bloc du clavier (touches de fonctions ou lettres), puis une des lettres de ce bloc. La prédiction des mots peut fonctionner de deux façons : soit le mot souhaité s'affiche grâce au dictionnaire prédictif. Soit il ne s'affiche pas mais la lettre suivante est affichée dans le même groupe de lettre. On peut choisir un autre groupe de lettres pour continuer.

- **Avantages** : le nombre réduit de touches permet d'accélérer la saisie.
- **Inconvénient** : on ne peut pas écrire directement dans un traitement de texte.
- **Appréciation sur le système :** le changement du contenu des touches permet d'accélérer la saisie, mais demande un effort de concentration supplémentaire.
- **Date de réalisation :** 2003
- **Site ou référence :** [Gaudeul *et al.*, 2008]

Figure 10. Clavier H-MOUSE

3.1.10 Le clavier XPeRT

Le clavier **XPeRT** (Figure 11) reste très proche d'un clavier qwerty : il est donc plus facile à apprendre pour des utilisateurs de claviers standards. Le principe est simple : il s'agit de placer les couples de lettres les plus fréquentes (AS, ER, ON, TE) afin que chaque lettre d'un couple soit accessible par une main distincte pour accélérer la saisie. De plus, la lettre la plus fréquente (E) apparaît deux fois sur le clavier pour être accessible par les deux mains.

- **Avantage** : la disposition des lettres permet la diminution de l'effort durant la saisie.
- **Inconvénient** : l'apprentissage du clavier prend du temps (environ 40h) [Martin et Pecci 2006].
- **Appréciation sur le système** : comme les bigrammes sont regroupés, la distance parcourue par la souris est diminuée.
- **Société** : WareSeeker
- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Wedding, 2006]

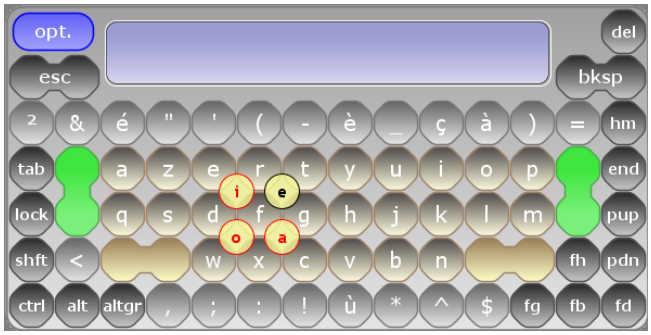
Figure 11. Clavier XPeRT

3.2 Claviers non optimisés monotapes

Les claviers non optimisés reprennent, soit la disposition des touches des claviers azerty ou qwerty, soit l'ordre alphabétique. Cela a pour avantage que l'utilisateur arrive à trouver la lettre voulue plus facilement et rapidement. Nous allons discuter dans cette section des claviers virtuels non optimisés mono-tape, puis multi-tapes.

- **KEYGLASS** (Figure 12) offre, une fois qu'une lettre est saisie, quatre boutons virtuels semi-transparents représentant les lettres suivantes les plus probables.
- **Avantage** : on peut souligner une diminution du parcours de la souris grâce au bouton qui apparaît autour de la touche sélectionnée.
- **Inconvénient** : on peut constater une diminution de la vitesse de saisie à cause des changements de lettres dans la prédiction.
- **Appréciation sur le système** : le clavier permet une diminution de l'effort physique, mais on peut constater une augmentation de la concentration.
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : [Raynal *et al.*, 2005] [Raynal *et al.*, 2009] [Isokoski, 2004]

Figure 12. Clavier KEYGLASS

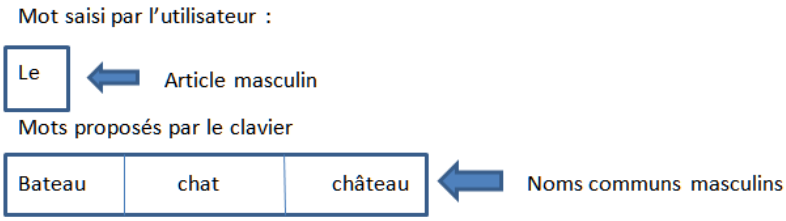


3.2.1 Le clavier KeyStrokes

Le clavier **KeyStrokes** (Figure 13) est seulement compatible avec macOS. Sa particularité est la prédiction de mots ; cette dernière est capable de proposer un mot suivant le contexte de la phrase. Prenons l'exemple suivant : l'utilisateur saisit l'article « le », le logiciel va proposer seulement des mots masculins.

- **Avantages** : la taille du clavier s'adapte à l'environnement, la prédiction des mots est très efficace, cela accélère fortement la saisie et en conséquence diminue la fatigue physique.
- **Inconvénient** : il ne possède pas de mode de défilement ; un utilisateur qui utilise un unique bouton (mono-bouton), pour contrôler un ordinateur, ne peut donc pas l'utiliser.
- **Appréciation sur le système** : la performance de la prédiction de mots permet d'accélérer fortement la saisie.
- **Société** : Assistiveware
- **Date de réalisation** : 2000
- **Site ou référence** : [Magnien *et al.*, 2004]

Figure 13. Système de prédiction de mots de KeyStrokes



3.3 Le clavier CLAVICOM

Le clavier **CLAVICOM** (Figure 14) est en mode azerty. L'utilisateur sélectionne la lettre avec le pointeur de la souris ou par un système de balayage. Les mots sont proposés sur des touches du clavier virtuel par prédiction lexicale.

- **Avantage** : il est utilisable avec toutes les autres applications, avec possibilité de déplacer les touches. Ce fait permet à l'utilisateur d'optimiser lui-même le placement des touches selon ses besoins.
- **Inconvénient** : le dictionnaire contient peu de mots, ce qui a pour conséquence de ralentir la saisie.
- **Appréciation sur le système** : ce clavier n'est pas optimisé pour les utilisateurs handicapés moteur (incluant les utilisateurs de profil IMC athétosique), car les lettres les plus utilisées sont trop éloignées des unes des autres.
- **Société** : Hipf
- **Date de réalisation** : 2001
- **Site ou référence** : [Pouech *et al.*, 2009] [Ballayer, 2005]

Figure 14. Clavier CLAVICOM

3.3.1 Le clavier CLAVICOM NG

Le clavier **CLAVICOM NG** (Figure 15) reprend les mêmes principes que le clavier précédent tout en ajoutant de nouvelles fonctionnalités. Les nouveaux mots s'ajoutent automatiquement au dictionnaire, le balayage est optimisé, il possède un outil pour contrôler la souris.

- **Avantage** : il est complètement paramétrable, on peut ajouter de nouvelles touches correspondant à de nouvelles fonctions ; par conséquent on peut ajouter des touches avec des mots complets et donc accélérer la saisie.
- **Inconvénient** : le fait que les lettres les plus utilisées soient éloignées ralentit la saisie.
- **Appréciation sur le système** : les touches du clavier ne sont pas disposées de façon optimisée, cela augmente le nombre de mouvements durant la saisie comme le montre l'étude comparative disponible dans [Guerrier *et al.*, 2011a].
- **Date de réalisation** : 2008
- **Site ou référence** : [Abraham *et al.*, 2012]

Figure 15. Clavier CLAVICOM NG

3.3.2 Le clavier CLICK-N-TYPE

Le clavier **CLICK-N-TYPE** (Figure 16) reprend le mode AZERTY. Quatre mots sont proposés chaque fois que l'utilisateur saisit une lettre. Le contenu des touches est constitué par les lettres, les chiffres, des touches de fonction. L'utilisateur peut choisir une touche, soit par le pointage autoclic, soit par balayage. Le défilement est automatique (pas de défilement manuel). L'écran est divisé en 6 blocs (2 lignes de 3). Trois clics sont nécessaires à la validation d'une touche :

Premier clic (de sélection de bloc) : une ligne horizontale défile vers le bas
Deuxième clic (de sélection de ligne) : une ligne verticale défile vers la droite
Troisième clic (de sélection de case) : celle-ci est ciblée et l'action se produit

- **Avantage** : on peut créer et personnaliser le clavier. Cela permet de le configurer selon les besoins de l'utilisateur.
- **Inconvénient** : pour quitter le mode balayage, on doit appuyer sur le bouton ECHAP sur le clavier physique. Cette action n'est pas possible pour un ensemble d'utilisateurs de profil IMC athétosique.
- **Appréciation sur le système** : les touches du clavier ne sont pas disposées de façon optimisée ; cela augmente le nombre de mouvements durant la saisie.
- **Société** : Lakefolks
- **Date de réalisation** : 2002
- **Site ou référence** : [Peltier, 2007]

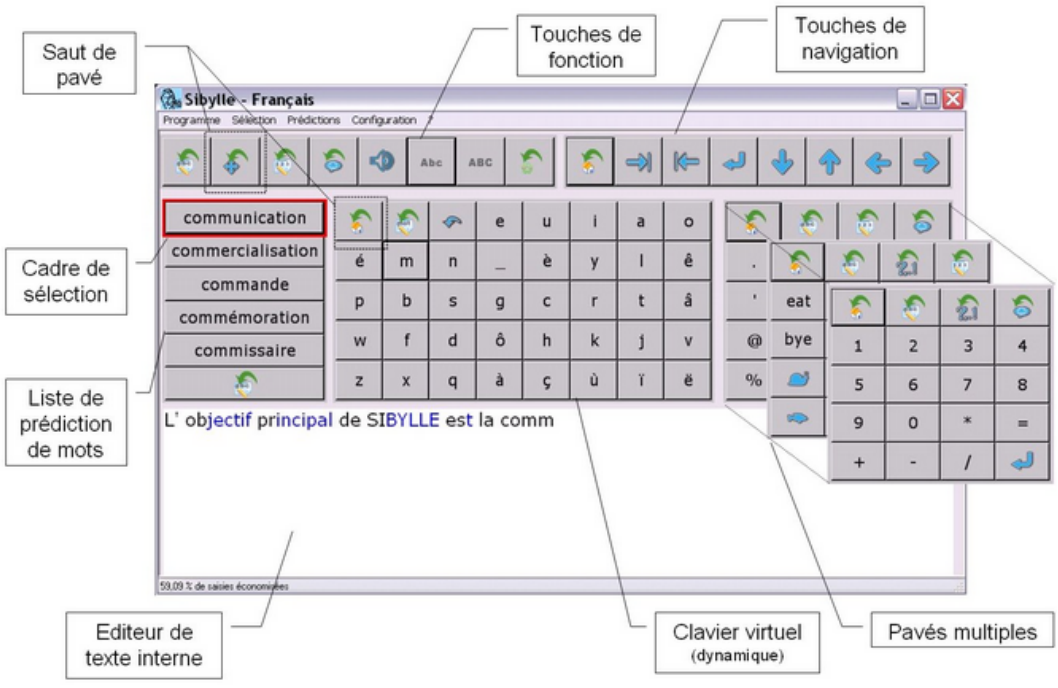
Figure 16. Clavier CLICK-N-TYPE

3.3.3 Le clavier Sibylle

Sibylle (Figure 17) est un clavier prédictif à balayage, qui permet d'aider l'utilisateur à saisir plus rapidement, en prédisant les lettres et les mots les plus probables pendant la saisie. Sibylle est un clavier dynamique à défilement. Cela signifie que les lettres changent de place après chaque saisie d'une lettre.

- **Avantage** : grâce à la prédiction, l'utilisateur doit seulement saisir moins de la moitié des lettres ; par conséquent cela diminue de moitié le nombre de défilements durant la saisie.
- **Inconvénient** : il faut un effort de concentration supplémentaire pour lire les propositions. Une fatigue mentale apparaît après quelques heures d'utilisation [Wandmacher *et al.*, 2007].
- **Appréciation sur le système** : La prédiction de lettres et de mots permet d'augmenter la rapidité de saisie.
- **Date de réalisation** : 2002
- **Site ou référence** : [Wandmacher *et al.*, 2007] [Poirier *et al.*, 2005]

Figure 17. Clavier Sibylle

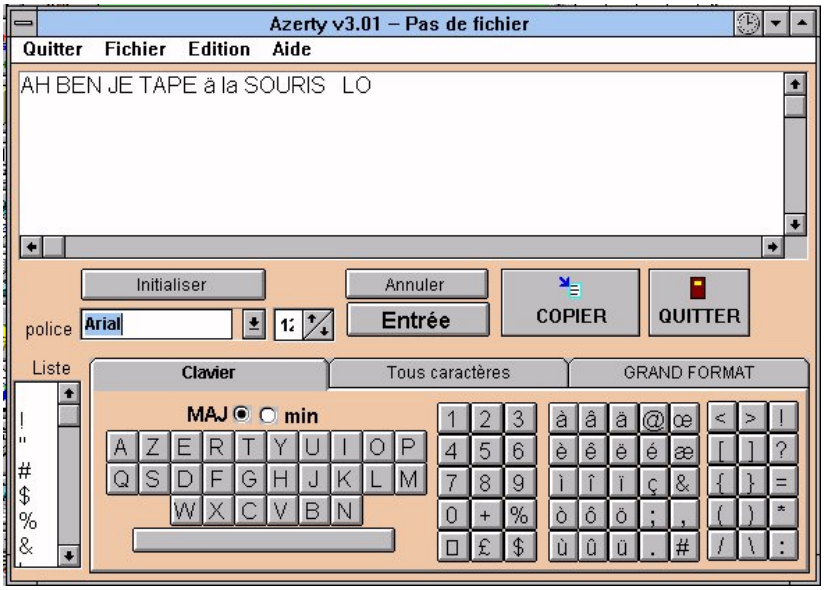


3.3.4 Le clavier virtuel AZERTY

Le clavier virtuel **AZERTY** (Ghanilog) (Figure 18) reprend la même disposition des touches qu'un clavier physique. La prédiction des mots s'effectue par ordre alphabétique. Les modes d'accès sont les suivants : avec un système de pointage ou un contacteur. Les cases contiennent des lettres ou une touche de fonction (police paramétrable). Les modes de saisie sont les suivants : par clic, par autoclic ou par balayage (configurable). Le défilement est automatique, et s'effectue d'abord par ligne et vers le bas puis par bloc dans une ligne, puis case par case ; un contacteur peut être branché en parallèle du clic gauche d'une souris normale.

- **Avantages** : les principaux avantages de ce clavier sont : la facilité d'utilisation, la possibilité de créer son propre dictionnaire, la possibilité de redémarrer l'ordinateur à l'aide du clavier. De plus le fait de pouvoir commander l'ordinateur par l'intermédiaire du clavier évite les manipulations physiques.
- **Inconvénient** : les lettres du clavier ne sont pas placées de manière optimisée pour la saisie.
- **Appréciation sur le système** : ce clavier n'est pas optimisé au niveau des placements des lettres. Pour les utilisateurs de profil IMC athétosique, cela entraîne une fatigue physique pendant la saisie.
- **Société** : Ghanilog
- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Belatar *et al.*, 2007]

Figure 18. Clavier AZERTY



3.3.5 CLAVIDEF

Avec **CLAVIDEF** (Figure 19), les lettres sont disposées par ordre alphabétique. Pour ce qui est du contenu des cases, chacune d'entre elles peut contenir des lettres, des mots ou des phrases. Il existe aussi 15 pictogrammes de commande pour des fonctionnalités de base (naviguer dans le texte, effacer le texte, retour à la ligne, lire le texte, enregistrer, etc.).

- **Avantage** : Clavidef intègre une prédiction de mots accessible par des raccourcis claviers ; cela permet d'accélérer la saisie.
- **Inconvénients** : il est impossible de créer une touche qui renvoie à une fonction ; il n'est pas utilisable avec d'autres applications, donc l'utilisateur doit faire un copier-coller pour mettre son texte dans une application.

- **Appréciation sur le système** : le fait de pouvoir créer des touches permet d'optimiser le placement des lettres.
- **Société** : Idée Association
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : [Gaudeul, 2008]

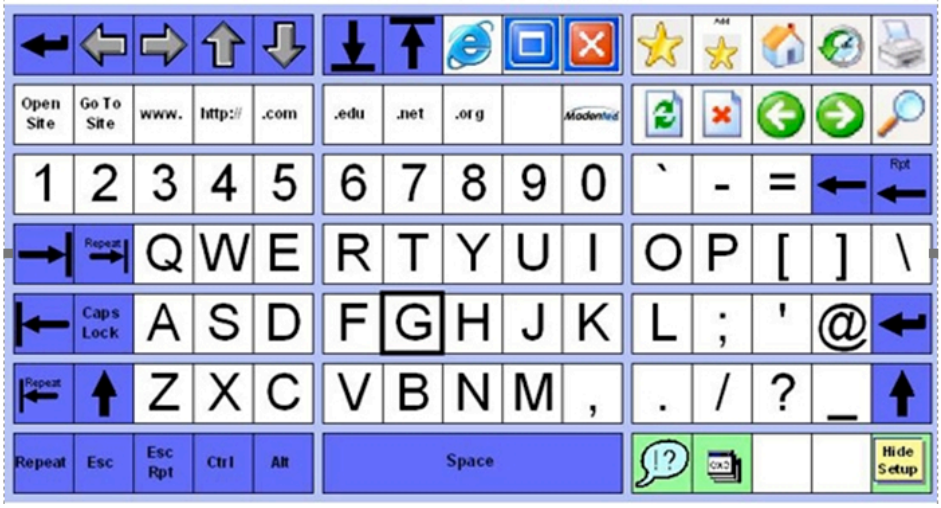
Figure 19. Clavier CLAVIDEF

3.3.6 *Le clavier Discover Screen*

Le clavier **Discover Screen** (Figure 20) est une aide au traitement de texte et au pilotage de la souris ; les touches peuvent contenir une lettre, une image ou un pictogramme. La version 7 s'enrichit d'un dictionnaire prédictif.

- **Avantages** : il est facile de le configurer grâce à un assistant. Cela permet de répondre finement aux besoins de l'utilisateur.
- **Inconvénient** : il ne possède pas de balayage.
- **Appréciation sur le système** : le fait de ne pas avoir de prédiction de mots ralentit la vitesse de saisie.
- **Société** : Madentec
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : http://www.enablemart.com/discover-screen-mac-pc

Figure 20. Clavier Discover Screen



3.3.7 *Le clavier COMFORT ON-SCREEN KEYBOARD*

Le **clavier COMFORT ON-SCREEN KEYBOARD** (Figure 21) est en mode qwerty ; il fonctionne comme le clavier de Windows. Il affiche les icônes des raccourcis clavier pour les

applications Windows. La saisie consiste uniquement en un clic normal. Il n'y a pas de fonction de défilement.

- **Avantages** : le logiciel propose plusieurs types de claviers différents, on peut agrandir les touches, la prédiction de mot est dynamique. L'ensemble de ces avantages contribue à l'accélération de la saisie.
- **Inconvénient** : La disposition des lettres n'est pas optimisée, par conséquent cela ralentit la saisie.
- **Appréciation sur le système** : l'utilisation du clavier est fatigante pour une personne de profil IMC athétosique.
- **Société** : comfort-software
- **Date de réalisation** : 2006
- **Site ou référence** : http://www.comfort-software.com/page.php?5

Figure 21. COMFORT ON-SCREEN KEYBOARD

3.3.8 *Le clavier CVK*

Le **CVK** (Custom Virtual Keyboard) (Figure 22) est un clavier en mode AZERTY qui possède une option permettant de placer automatiquement le curseur au centre du clavier à la suite de la saisie d'une lettre.

- **Avantages :** le dictionnaire est très complet ; de plus il propose les accords et les conjugaisons. Cela accélère fortement la saisie.
- **Inconvénient** : dans la prédiction, les mots employés par l'utilisateur supplantent, dans l'ordre de prédiction, les mots connus du dictionnaire à l'origine. Cela peut troubler l'utilisateur.
- **Appréciation sur le système** : le fait de placer automatiquement le curseur au centre du clavier peut diminuer la distance parcourue par la souris.
- **Date de réalisation** : 2006
- **Site ou référence** : [Colas *et al.*, 2006]

Figure 22. Clavier CVK

3.3.9 Le clavier visuel Windows

Le **clavier visuel Windows** (Figure 23) reprend la disposition des touches d'un clavier physique, l'utilisateur sélectionne la touche avec le pointeur de la souris.

- **Avantage** : il est compatible avec toutes les applications de Windows, cela permet d'écrire directement dans un logiciel de traitement de texte par exemple.
- **Inconvénients** : il n'est pas configurable, le défilement n'est pas utilisable avec un contacteur, la prédiction de mots ne fonctionne pas toujours. Le placement des lettres n'est pas optimisé donc la saisie est longue et fatigante.
- **Appréciation sur le système** : ce clavier n'est pas du tout optimisé pour les personnes de profil IMC athétosique, car il demande énormément d'effort physique pour effectuer la saisie d'un texte.
- **Société** : Microsoft
- **Date de réalisation** : 2009
- **Site ou référence** : http://windows.microsoft.com/fr-fr/windows-xp/help/on-screen-keyboard

Figure 23. Clavier visuel Windows

3.3.10 Le clavier Bekey virtual keyboard

Le clavier **Bekey virtual keyboard** (Figure 24) utilise une prédiction de mots. A ce sujet, l'utilisateur peut choisir différents types de prédictions de mots (mots les plus utilisés ou par ordre alphabétique ou listes préconfigurées selon la fréquence, présentes dans le dictionnaire).

- **Avantages** : le clavier possède 23 dictionnaires dans des langues différentes. Le système a la particularité de ne pas choisir entre les différents types de prédiction de mots mais de laisser le choix à l'utilisateur (dans les options, qui sont personnalisables depuis le clavier lui-même).
- **Inconvénient** : La taille et la forme du clavier sont personnalisables mais pas la place des touches.
- **Appréciation sur le système** : Le placement des lettres n'est pas optimisé ; cela ralentit la saisie.
- **Société** : Be-enabled
- **Date de réalisation** : 2011
- **Site ou référence** : http://www.be-enabled.de/en/products.php

Figure 24. Bekey virtual keyboard

3.4 Claviers multitapes non optimisés

Les claviers multitapes « ambigus » [Poirier *et al.*, 2004] [Pavlovych *et al.*, 2004] obligent l'utilisateur à taper N fois sur le bouton, N correspond à la position de la lettre voulue sur la touche. Cela permet de réduire la distance parcourue par la souris. Dans cette partie, nous allons voir les claviers virtuels non optimisés représentatifs de ce type.

3.4.1 Le clavier UKO-II

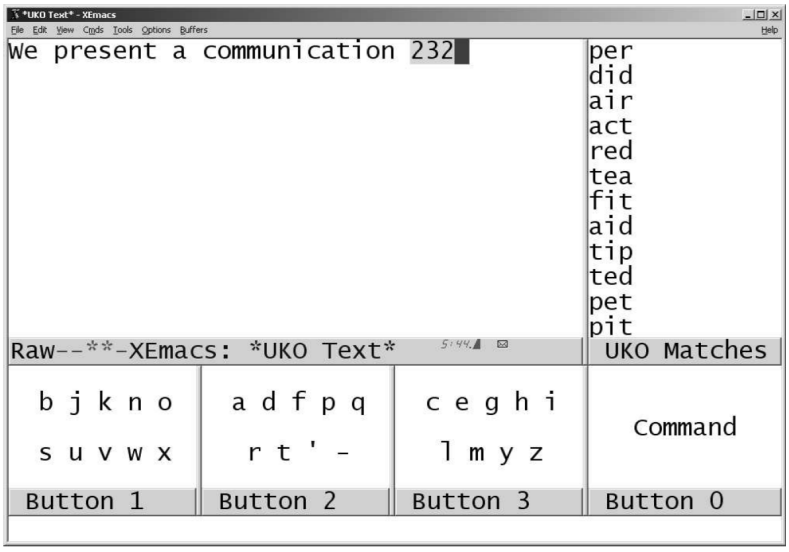
L'**UKO-II** (Figure 25) est un clavier conçu pour les utilisateurs IMC. Reprenant le principe du T9[1], il regroupe les caractères de saisie en quatre zones, numérotées de un à quatre et il possède un système de désambiguïsation[2].

- **Avantage** : ce clavier possède seulement quatre touches ; par conséquent cela diminue fortement la distance parcourue par la souris.
- **Inconvénient** : le fait de taper plusieurs fois sur le même bouton peut perturber l'utilisateur. De plus, la charge cognitive de l'utilisateur est importante quand il saisit un mot car il ne peut pas voir les lettres déjà saisies avant de sélectionner son mot dans la liste de choix [Evreinova *et al.*, 2004]. Durant la saisie d'un mot, les chiffres correspondant aux différents boutons (de 0 à 3) qui regroupent les lettres s'affichent au lieu des lettres. C'est seulement lorsque l'utilisateur saisit un espace que le mot apparaît. Nous pouvons voir sur la figure ci-dessous que l'utilisateur a commencé à saisir un mot à l'aide de chiffres (232 sur la **Figure** 25).
- **Appréciation sur le système** : le nombre réduit de boutons permet une diminution de l'effort physique.
- **Société** : Harbusch
- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Harbusch *et al.*, 2003] [Badr, 2011]

[1] La saisie de chaque lettre nécessite de presser p fois la touche sur laquelle elle est inscrite, où p désigne sa position dans le groupe.

[2] Ce principe consiste à appuyer plusieurs fois sur la touche pour choisir la lettre voulue.

Figure 25. Clavier UKO-II

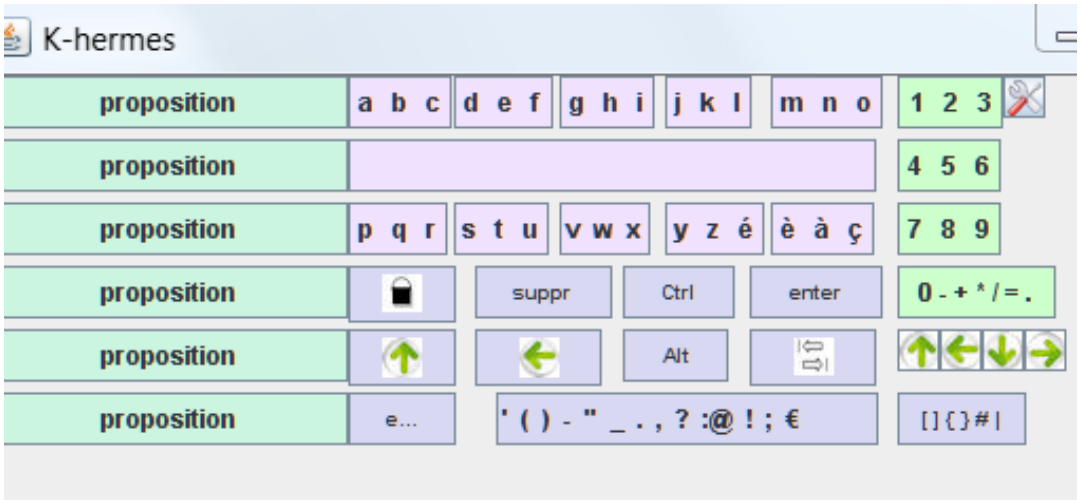


3.4.2 *Le clavier K-HERMES*

K-HERMES (Figure 26) est un clavier multitape reprenant la même disposition des lettres des téléphones portables (ordre alphabétique). L'utilisateur a quelques secondes pour choisir la lettre voulue. Ce temps est paramétrable. L'utilisateur doit cliquer N fois pour saisir un caractère, N correspond à la position de la lettre sur le bouton. Ce clavier est destiné aux personnes handicapées de type IMC.

- **Avantage** : la réduction du nombre de boutons engendre la diminution de déplacement de la souris et par voie de conséquence de la fatigue physique.
- **Inconvénient** : le système multitape ralentit la saisie à cause de l'augmentation du stress découlant du temps limité pour saisir une lettre.
- **Appréciation sur le système** : le regroupement des lettres doit être amélioré dans le but de diminuer le nombre de clics.
- **Date de réalisation** : 2010
- **Site ou référence** : [Guerrier, 2010][3] [Guerrier *et al.*, 2011a] [Guerrier *et al.*, 2011b]

Figure 26. Clavier K-HERMES



[3] Cette recherche a obtenu le Prix DREES CNSA du meilleur mémoire de master II sur le handicap et la perte d'autonomie en 2011.

3.5 Conclusion sur les claviers virtuels

Les claviers monotapes optimisés regroupent les lettres par rapport à la fréquence d'apparition dans la langue concernée, ce qui permet de diminuer la distance parcourue par la souris durant la saisie et par conséquent de diminuer la fatigue physique.

Les claviers monotapes non optimisés demandent un effort plus ou moins considérable pour la saisie. La distance parcourue par la souris est très importante lorsque l'utilisateur utilise un dispositif de type joystick pour contrôler la souris.

Nous pensons que les claviers multitapes non optimisés ne sont pas forcément les mieux adaptés aux utilisateurs handicapés physiques de types IMC athétosiques à cause du temps imposé pour saisir une lettre. L'étude préliminaire de tous les types de claviers virtuels effectuée par Guerrier et ses collègues a montré que leur utilisation peut provoquer un stress chez les utilisateurs IMC, et par conséquent induire un ralentissement de la saisie [Guerrier *et al*., 2011b].

D'un point de vue général, le clavier virtuel est l'outil le plus utilisé pour la saisie par les personnes handicapées, et il est peut-être le remplaçant du clavier physique pour les personnes valides [Isokoski, 1999]. Le premier fait est dû aux nombreuses années de recherche dans le domaine de l'entrée de texte qui ont permis de déboucher sur des innovations telle que la prédiction de mots. Malgré ces évolutions, la saisie par clavier virtuel reste lente et fatigante pour les personnes handicapées moteur de type IMC.

4 SYSTEMES D'AIDE A LA COMMUNICATION A BASE DE PICTOGRAMMES

Dans cette partie, nous allons décrire un ensemble de logiciels d'aide à la communication à base de pictogrammes (et le plus souvent de synthèse vocale). Ils peuvent être destinés à des personnes handicapées mentales (Trisomie 21, Autisme, Syndrome de Martin Bell et Aphasie), mais peuvent aussi s'avérer très utiles pour des personnes ayant des atteintes mutiques. Le fait d'utiliser des pictogrammes a retenu notre attention, aussi bien relativement à la possibilité de sélectionner rapidement une information synthétisée par un pictogramme, que pour des aides possibles dans la cadre de l'athétose. Plusieurs logiciels représentatifs de ce type sont passés en revue dans cette partie.

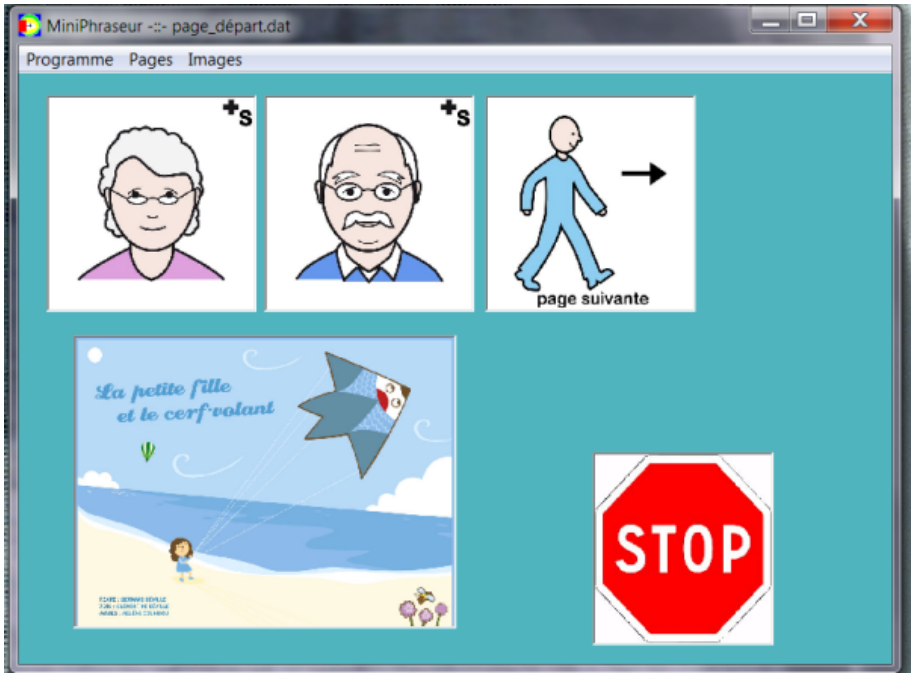
4.1 Description de systèmes représentatifs

4.1.1 Le logiciel PHRASEUR

PHRASEUR (Figure 27) est un logiciel d'aide à la communication disposant d'une synthèse vocale qui permet de créer des claviers virtuels avec du texte, des images et des touches de fonctions, de bâtir des jeux, d'envoyer des messages ou de lancer des applications.

- **Avantage** : les nombreux pictogrammes permettent de tenir une conversation dans de nombreux domaines.
- **Inconvénient** : La synthèse vocale n'est pas de très bonne qualité, mais reste fonctionnelle.
- **Appréciation sur le système** : L'utilisation est fatigante à cause de l'organisation des pictogrammes qui sont difficiles à trouver.
- **Société** : Versi SARL
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : http://sarl-versi.fr/logiciels-aiaca/phraseur/

Figure 27. Page-écran de PHRASEUR

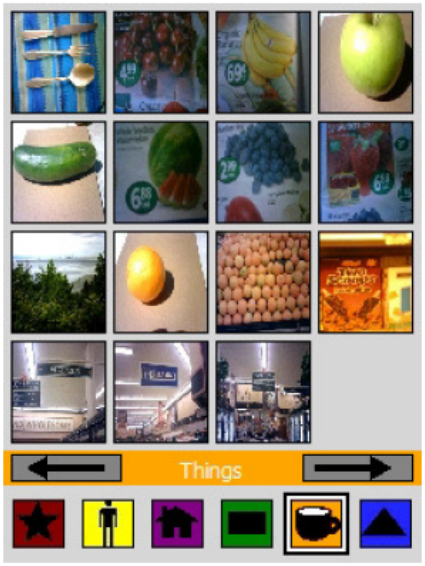


4.1.2 Le système PHOTO TALK

PHOTO TALK (Figure 28) est un système d'aide à la communication avec des photos ; il est prévu pour être installé sur les appareils mobiles. Ce logiciel est destiné aux personnes ayant une aphasie. Sur la figure, nous pouvons distinguer un exemple de photographies proposées par le logiciel PHOTO TALK.

- **Avantage** : l'utilisateur peut ajouter lui-même des photos ; cela permet de personnaliser le logiciel.
- **Inconvénient** : l'utilisation des appareils mobiles demande une précision dans les mouvements. Cela n'est pas compatible avec des utilisateurs de profil IMC athétosique.
- **Appréciation sur le système** : l'utilisation des photos peut demander une concentration supplémentaire par rapport aux pictogrammes.
- **Date de réalisation** : 2004
- **Site ou référence** : [Allen *et al*., 2007] [Hilliges *et al*., 2009]

Figure 28. Page-écran de PHOTO TALK



4.1.3 Le logiciel CLICKER

CLICKER (Figure 29) est un logiciel d'aide à la communication, riche en fonctionnalités. Il est destiné aux personnes privées de la parole ou qui ont de très importantes difficultés à s'exprimer par écrit. Il permet de taper un texte et de le faire lire par une synthèse vocale, ou bien de communiquer grâce à une grille entièrement paramétrable.

- **Avantages** : il est possible d'ajouter des photos et des vidéos, la configuration est facile. Cela permet de personnaliser le logiciel selon les besoins de l'utilisateur.
- **Inconvénient** : L'organisation des pictogrammes est compliquée, cela ralentit la formulation des phrases.
- **Appréciation sur le système** : la complexité de l'arborescence rend l'utilisation pénible pour un utilisateur de profil IMC athétosique.
- **Société** : Cricksoft
- Date de réalisation : 2001
- **Site ou référence** : [Bellengier *et al.*, 2004] [Collignon, 2003]

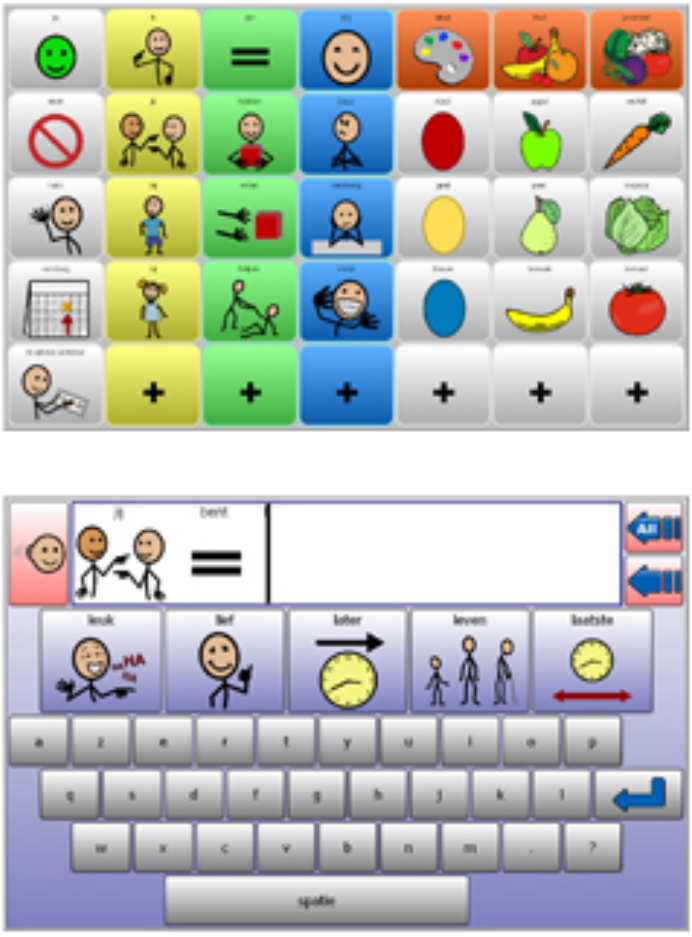
Figure 29. Page-écran de CLICKER

4.1.4 Le logiciel Mind Express

Mind Express (Figure 30) est un logiciel d'aide à la communication permettant de taper un texte et de le faire lire par une synthèse vocale ou bien de communiquer par l'intermédiaire de pictogrammes grâce à une grille entièrement paramétrable.

- **Avantages** : l'utilisateur peut utiliser des images, des photos et des vidéos. Il est aussi possible d'envoyer des e-mails. L'utilisateur peut créer son propre clavier, et par conséquent l'optimiser par rapport à ses besoins.
- **Inconvénient** : le nombre important de clics causé par la trop grande profondeur de l'arborescence des pictogrammes engendre une fatigue physique pendant l'exploitation pour un utilisateur de profil IMC athétosique.
- **Appréciation sur le système** : le fait de pouvoir créer son propre clavier est un atout majeur.
- **Société** : Jabbla
- **Date de réalisation** : 2006
- **Site ou référence** : [Bellengier *et al.*, 2006]

Figure 30. Mind Express

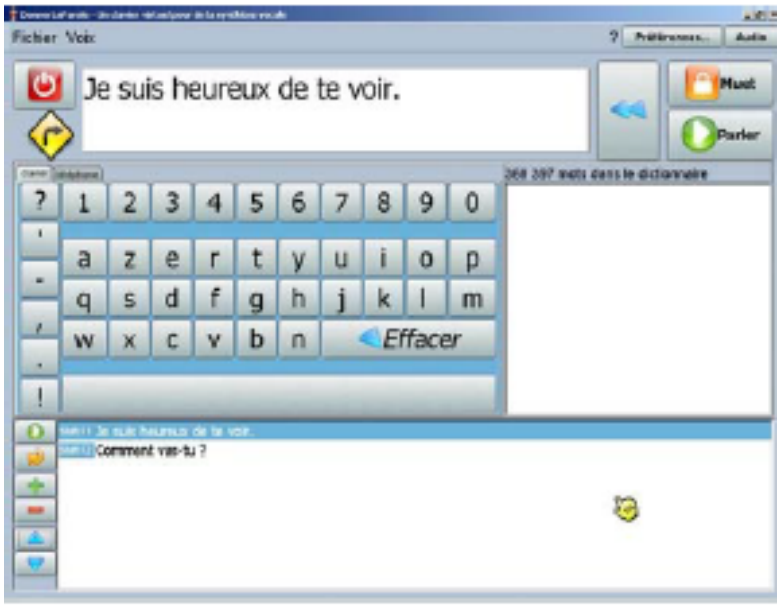


4.1.5 DONNER LA PAROLE

DONNER LA PAROLE (Figure 31) est une aide à la saisie se composant de deux claviers virtuels, un dictionnaire de mots, un lecteur permettant de lire à haute voix le texte saisi grâce à un synthétiseur de parole et enfin un gestionnaire de phrases préenregistrées.

- **Avantages** : il est facile à l'utilisation, le dictionnaire est très complet.
- **Inconvénients** : on peut écrire uniquement dans l'éditeur du logiciel ; de plus la prédiction n'est pas dynamique ce qui ne permet pas d'accélérer la saisie.
- **Appréciation sur le système** : il aurait été préférable de faire une prédiction de mots très performante afin de ne pas ralentir la discussion.
- **Date de réalisation** : 1996
- **Site ou référence** : [Barbot, 1998]

Figure 31. DONNER LA PAROLE

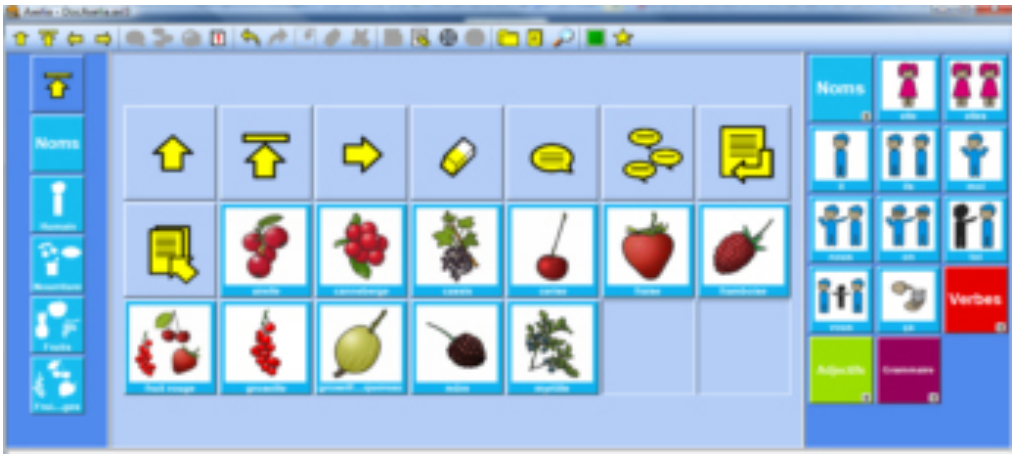


4.1.6 Le logiciel AXELIA

AXELIA (Figure 32) est un logiciel permettant la construction de phrases à partir de pictogrammes. Pour ce faire, l'utilisateur doit sélectionner successivement des pictogrammes. Ces derniers sont rassemblés en différents ensembles : des mots, des symboles fonctionnels, des opérateurs et des expressions usuelles. Un moteur de grammaticalisation permet de produire des séquences de pictogrammes respectant la grammaire française.

- **Avantages** : on peut trouver un grand nombre de mots dans le dictionnaire, le paramétrage du logiciel est assez simple. L'utilisateur peut tenir une conversation dans de nombreux domaines.
- **Inconvénient** : Le logiciel est plutôt destiné à bien construire son propos, ce qui n'en fait pas un accélérateur de dialogue performant lorsque l'on travaille en défilement : produire une phrase correcte demande un nombre de clics plus conséquent qu'à l'ordinaire.
- **Appréciation sur le système** : les nombreux sous-menus rendent l'exploitation difficile pour un utilisateur de profil IMC athétosique.
- **Société** : Alexia
- **Date de réalisation** : 2000
- **Site ou référence** : [Blache *et al*., 2007] [Bellengier *et al*., 2006]

Figure 32. AXELIA

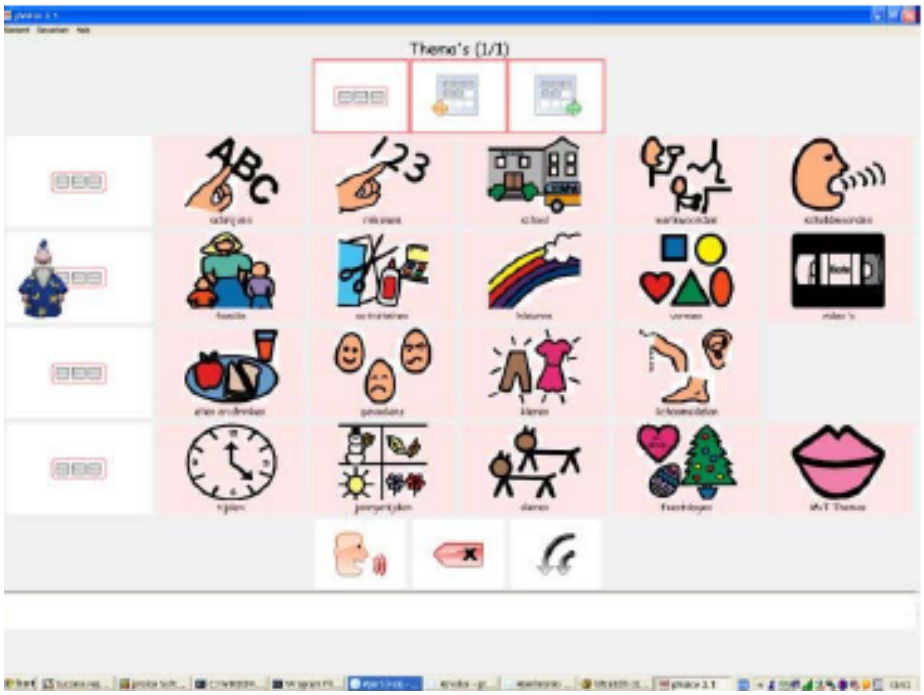


4.1.7 pVoice

Avec **pVoice** (Figure 33), l'utilisateur sélectionne les images ou symboles qui génèreront des mots sous forme auditive.

- **Avantages** : le graphisme est soigné. La synthèse vocale est correcte. L'utilisateur insère ses propres images et les mots associés.
- **Inconvénients** : on ne peut pas modifier les touches d'un tableau, le logiciel est fourni sans pictogramme, on ne peut l'utiliser en traitement de texte.
- **Appréciation sur le système** : l'utilisateur est obligé de créer lui-même l'organisation des pictogrammes. Les nombreuses manipulations nécessaires peuvent rendre l'exploitation fatigante pour un utilisateur de profil IMC athétosique.
- **Date de réalisation** : 2009
- **Site ou référence** : http://www.oatsoft.org/Software/pvoice

Figure 33. pVoice



4.2 Conclusion sur les logiciels d'aide à la communication à base de pictogrammes

Ces systèmes visent à créer des phrases rapidement grâce à des pictogrammes ou des photos. Ce principe est très utilisé dans le domaine du handicap mental, ou peut être destiné à des personnes ayant des atteintes mutiques.

L'utilisateur fait moins de mouvements pour saisir des phrases et cela diminue donc sa fatigue physique, ce qui s'avère donc utile pour le profil d'utilisateur (IMC athétosique) qui nous préoccupe dans le cadre de cet article.

Comme nous le verrons dans la section 8 de discussion, ce principe de base pourrait être repris pour la conception de système d'aide pour des utilisateurs de profil IMC athétosique.

5 SYSTEMES DE RECONNAISSANCE VOCALE POUR LES PERSONNES HANDICAPEES PHYSIQUES

Dans cette partie, nous allons décrire différents systèmes de reconnaissance vocale à l'attention des personnes handicapées moteurs en général, tout en y incluant les utilisateurs

de profil IMC athétosique. Ces logiciels permettent de contrôler un ordinateur sans effort physique, ce qui est un atout majeur dans le domaine du handicap physique. La description de ces systèmes représentatifs est suivie d'une synthèse.

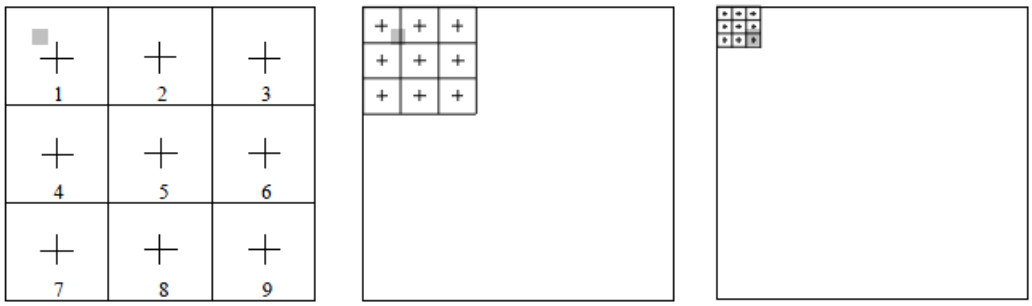
5.1 Description de systèmes représentatifs

5.1.1 SPEECH BASED CURSOR CONTROL

Le principe d'utilisation de **SPEECH BASED CURSOR CONTROL** (Figure 34) part du fait de découper l'écran en plusieurs zones ; l'utilisateur sélectionne la zone désirée en prononçant le numéro de la zone. Ce processus se reproduit jusqu'à ce que l'utilisateur atteigne le bouton voulu. La figure 34 montre les différentes étapes pour sélectionner par la voix un endroit précis d'un écran d'ordinateur.

- **Avantages** : l'utilisation du pointeur est facilitée pour les handicapés moteurs car l'utilisateur le fait par la voix ; par conséquent il n'effectue aucun mouvement avec ses membres supérieurs.
- **Inconvénient** : le logiciel est difficilement utilisable par une personne ayant des difficultés d'élocution (cas des personnes IMC athétosiques).
- **Appréciation sur le système** : avec le système, il est difficile d'atteindre un bouton de petite taille car l'utilisateur doit prononcer plusieurs fois le numéro de la zone voulue.
- **Date de réalisation** : 2000
- **Site ou référence** : [Dai *et al*., 2004] [Qiang, 2006]

Figure 34. SPEECH BASED CURSOR CONTROL

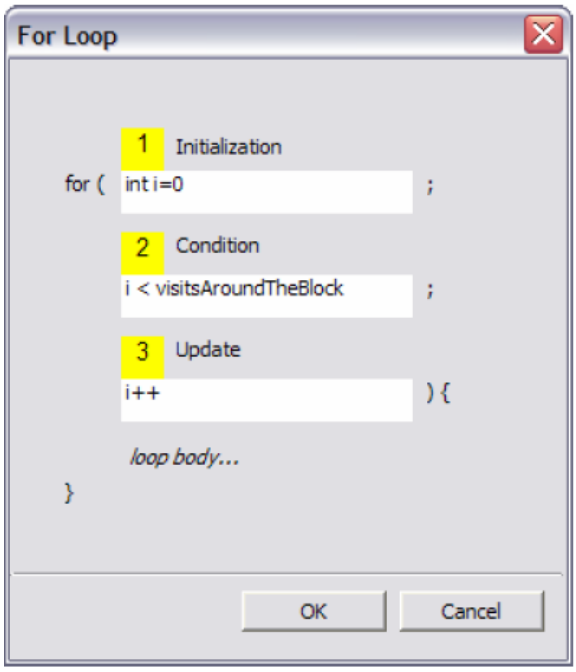


5.1.2 VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR

VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR (Figure 35) consiste en un système de programmation par reconnaissance vocale. La Figure 35 représente une boite de dialogue permettant de créer, avec la voix, une boucle « for ». L'utilisateur prononce les paramètres de la fonction (par exemple i=0, i<10, i++). Finalement le logiciel insère la boucle dans le code.

- **Avantage** : le logiciel permet d'écrire du code rapidement et sans nécessité d'effort physique de la part de l'utilisateur.
- **Inconvénient :** le système n'est pas adapté pour tous les types de handicaps, par exemple les personnes de profil IMC athétosique, car la prononciation de ces personnes est déformée.
- **Appréciation sur le système** : durant l'utilisation de ce logiciel, l'utilisateur ne doit pas fournir d'efforts physiques avec ses membres supérieurs.
- **Date de réalisation** : 2001
- **Site ou référence** : [Hubbell *et al*., 2006] [Froeseth, 2005]

Figure 35. VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR : fenêtre de description des paramètres d'une boucle à fournir vocalement

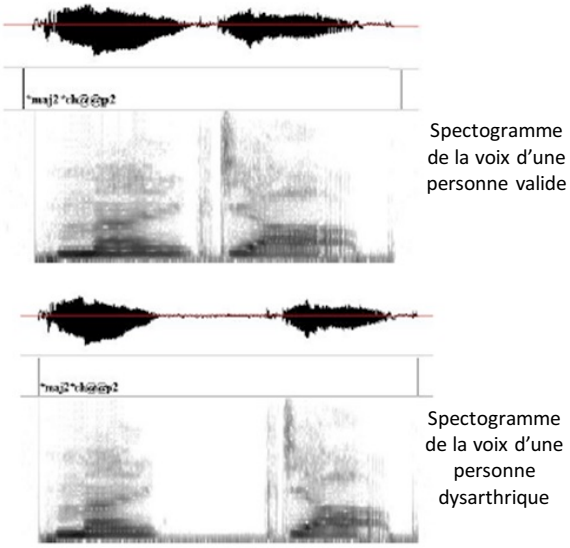


5.1.3 Reconnaissance vocale pour des utilisateurs IMC

Un système de **reconnaissance vocale pour des utilisateurs IMC** (Figure 36) a été proposé. Ce système est destiné plus particulièrement aux personnes ayant une dysarthrie (trouble de l'articulation de la parole, d'origine dite centrale, le système nerveux étant lésé). Les chercheurs concernés ont essayé de proposer un algorithme permettant de transformer le signal de parole des personnes handicapées en signal de parole normalisé

- **Avantage** : les personnes ayant ce type de problème d'élocution pourraient utiliser la reconnaissance vocale. Les personnes de ce type ont souvent des problèmes avec leurs membres supérieurs, par conséquent un tel système peut contribuer à faciliter l'utilisation de l'outil informatique.
- **Inconvénient** : le système rencontre des difficultés pour reconnaitre certains types de voix, comme celles déformées par une dysarthrie (cas des utilisateurs de profil IMC athétosique), avec en outre des taux d'erreurs importants
- **Appréciation sur le système** : ce système possède un fort potentiel pour effectuer de la saisie du fait que l'utilisateur ne fait aucun effort physique durant l'utilisation d'un ordinateur.
- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Suanpirintr *et al*., 2007] [Hubbell *et al*., 2006]

Figure 36. Reconnaissance vocale pour les IMC (adapté de [Suanpirintr *et al.*, 2007])



5.2 Synthèse sur ces systèmes de reconnaissance vocale dédiés

La reconnaissance vocale nécessite encore des avancées pour être vraiment efficace dans le domaine qui nous concerne, malgré le fait que cela fasse une cinquantaine d'années que des recherches et développements sont menés autour des systèmes de reconnaissance vocale [Furui, 2005] [Hinton *et al.*, 2012].

La reconnaissance vocale pour les personnes atteint de dysarthrie n'est pas encore très évoluée, elle ne fonctionne pas avec tous les types de voix, les taux d'erreur sont encore très importants. Cependant, nous pensons que de tels systèmes possèdent un fort potentiel pour les personnes handicapées moteur possédant des difficultés à effectuer des actions avec leurs membres supérieurs, comme les utilisateurs de profil IMC athétosique, car cela ne demande moins d'effort physique durant l'utilisation d'un ordinateur.

6 AUTRES TYPES DE SYSTEMES DE SAISIE DEDIEES AUX PERSONNES HANDICAPEES PHYSIQUES

Dans cette partie, nous présentons les autres types de systèmes de saisie (ou de communication) recensés dans la littérature : interface cerveau-ordinateur, guide doigts, saisie avec deux boutons, EdgeWrite. Après les avoir passé en revue, cette partie se termine par une synthèse.

6.1 6.1. Description de systèmes représentatifs

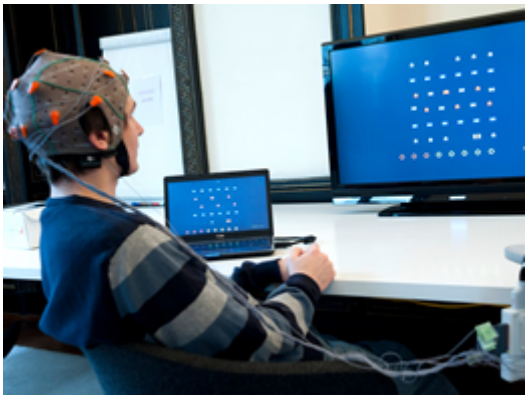
6.1.1 Interface cerveau-ordinateur

Une interface cerveau-ordinateur (Figure 37) est une interface de communication directe entre le cerveau de l'utilisateur et un dispositif externe (un ordinateur). De tels systèmes peuvent être conçus pour assister, améliorer ou réparer des fonctions humaines de cognition ou d'action défaillantes. Ce type de périphérique est fondamentalement différent de toute autre interface homme-machine : une telle liaison ne requiert en effet aucune transformation préalable du signal électrique émis par l'activité cérébrale en activité musculaire (psychomotrice), cette dernière étant usuellement traduite en signal d'entrée pour la machine. Les interfaces de ce type font l'objet de recherches actives au niveau international actuellement.

- **Avantage :** la majorité des personnes handicapées peuvent l'utiliser.

- **Inconvénient** : l'interface cerveau-ordinateur ne permet pas d'effectuer des actions évoluées (faire de la saisie en pensant directement aux mots, quel que soit le domaine d'application). Pour le moment, la saisie se fait le plus souvent par l'intermédiaire d'un clavier virtuel à balayage. Lorsque le carré lumineux sélectionne la touche voulue, l'utilisateur doit penser à un mot (par exemple "OK") pour valider.
- **Appréciation sur le système :** ce système est prometteur vu qu'il ne demande aucun effort physique. Cependant on peut considérer qu'il n'est seulement qu'à ses débuts. Il est aussi difficilement exploitable en mobilité pour des utilisateurs de profil IMC athétosique.
- **Date de réalisation :** 1970 (pour les premières avancées)
- **Site ou référence : [**Lotte *et al*., 2013] [Neerdael, 2014] [Wolpaw *et al*., 2002] [Allison *et al*., 2012]

Figure 37. Interface cerveau-ordinateur

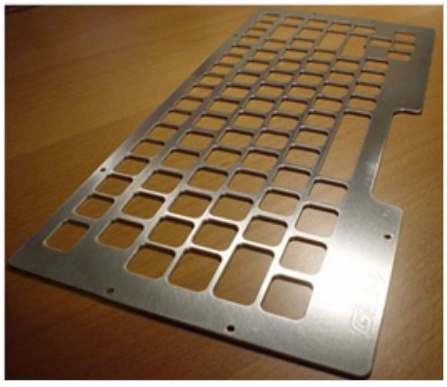


6.1.2 *Le guide-doigts*

Le **guide-doigts** (Figure 38) est un système se composant d'une plaque en plastique perforée aux endroits des touches d'un clavier physique. Cela permet à l'utilisateur d'appuyer sur la touche voulue sans se tromper (en étant guidé en quelque sorte).

- **Avantage :** Le principal avantage de ce système est le fait de pouvoir utiliser n'importe quel clavier physique pour lequel un guide doigt est disponible.
- **Inconvénient** : Il ne concerne pas toutes les personnes athétosiques : cela dépend si la personne handicapée a appris à l'utiliser durant son enfance quand son cerveau possédait encore une plasticité importante [Site psychologue].
- **Appréciation sur le système :** la saisie est facilitée pour les personnes handicapées moteur ayant une relativement bonne précision dans les mouvements des membres supérieurs. Mais ce n'est pas le cas de nombreuses personnes IMC athétosiques.
- **Date de réalisation :** 1990
- **Site ou référence :** [Collignon, 2003]

Figure 38. Guide-doigts

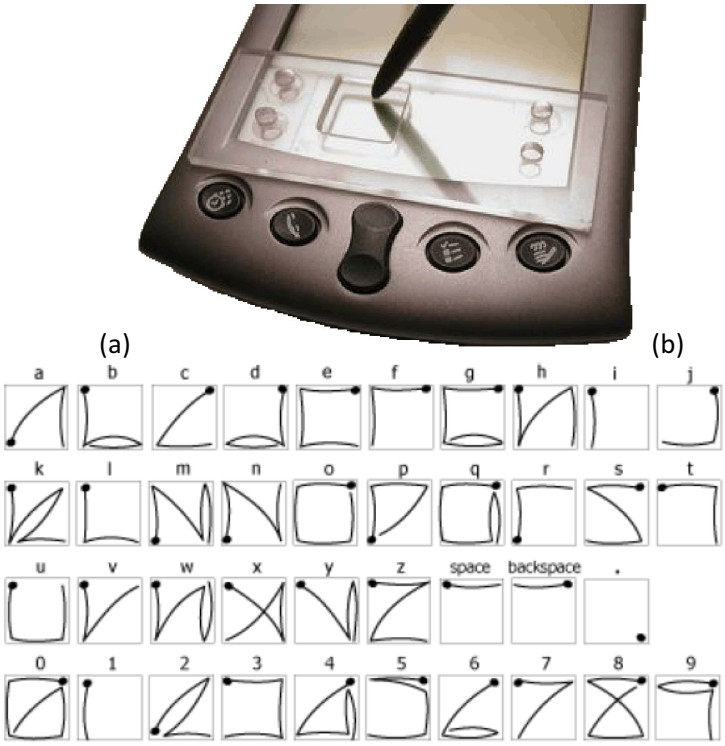


6.1.3 EdgeWrite

EdgeWrite (Figure 39) est un système de saisie exploitant un stylet (ou un joystick). L'utilisateur dessine les lettres en un seul tracé (approche unistroke) en visant les coins de la surface de saisie avec le stylet. Ce procédé convient aux personnes handicapées qui ne sont pas athétosiques. La **Figure 39b** représente les mouvements à effectuer avec un joystick pour écrire un caractère alphanumérique.

- **Avantage** : ce procédé permet d'accélérer la saisie car il n'y a pas de mouvement de souris.
- **Inconvénient** : le système demande de la précision dans les mouvements.
- **Appréciation sur le système** : la saisie est facilitée pour les personnes handicapées moteur ayant une bonne précision dans les mouvements des membres supérieurs. Mais ce n'est pas le cas de nombreuses personnes IMC athétosiques.
- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Suanpirintr *et al*., 2004] [Wobbrock *et al*., 2003] [Wobbrock *et al*., 2004]

Figure 39. EdgeWrite : (a) principe de saisie avec un stylet, (b) gestes à produire



6.1.4 Saisie avec deux boutons

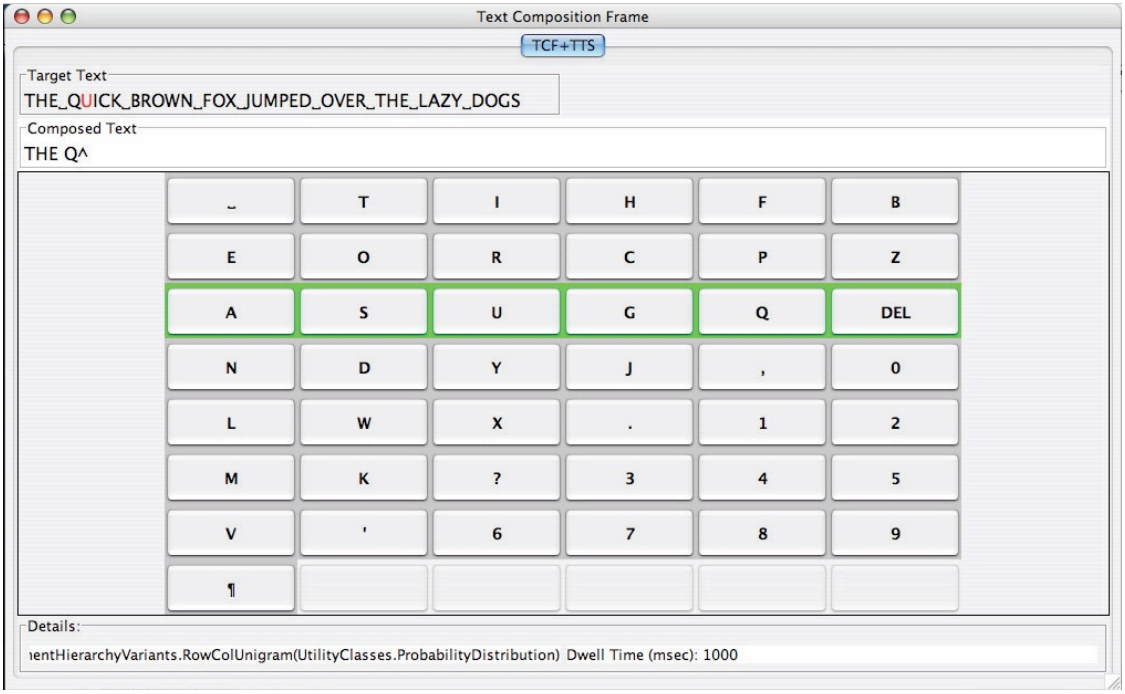
Un principe de **Saisie avec deux boutons** (Figure 40) a été proposé : à l'écran, un clavier virtuel est représenté sous forme de rectangle. L'utilisateur a à sa disposition deux boutons physiques, le premier pour les lignes et le deuxième pour les colonnes. Ce principe est destiné aux personnes lourdement handicapées moteur. Nous pouvons voir sur cette figure le clavier virtuel permettant d'effectuer de la saisie avec deux contacteurs. La sélection se fait automatiquement après 3 secondes d'inactivité.

- **Avantage** : si l'utilisateur connait la séquence de coins associée à chaque lettre par cœur, la saisie peut être très rapide.
- **Inconvénient** : cela demande de compter les coordonnées de la lettre voulue, exigeant donc un effort de concentration supplémentaire.
- **Appréciation sur le système** : ceci peut être intéressant sur un dispositif mobile car avec seulement deux boutons l'utilisateur peut avoir accès à toutes les fonctionnalités.

Ce dispositif est intéressant pour les utilisateurs IMC athétosiques, car ils ont peu de mouvements à réaliser pour faire de la saisie.

- **Date de réalisation** : 2003
- **Site ou référence** : [Baljko *et al.*, 2006] [Wobbrock *et al.*, 2003]

Figure 40. Saisie avec deux boutons (ceux-ci étant placés sur le bureau)



6.2 Synthèse sur ces autres types de systèmes

Ces quatre types de systèmes (interface cerveau-ordinateur, guide-doigts, EdgeWrite, système de saisie à deux boutons) permettent d'effectuer de la saisie sans déplacer la souris.

L'interface cerveau-ordinateur n'est pas encore très développée, c'est-à-dire que les utilisateurs peuvent effectuer uniquement des tâches simples comme la saisie à l'aide d'un clavier virtuel comportant un système de balayage. Cependant nous pensons que cette technologie va se développer durant les prochaines années, et ainsi devenir une aide performante pour les personnes handicapées moteur.

Le guide doigts permet aux personnes handicapées moteur d'effectuer de la saisie avec clavier physique. Ce système est efficace seulement si l'utilisateur a appris à l'utiliser durant son enfance, car son cerveau possède encore une grande plasticité [Kolb *et al.*, 2001].

La méthode EdgeWrite exploitant un stylet demande de la précision dans les mouvements, et par conséquent ce type de système n'est pas compatible avec les personnes IMC. Dans ce même domaine, il existe des claviers virtuels gestuels. L'utilisateur doit effectuer des mouvements précis avec le pointeur de la souris [Plamondon *et al.*, 2000] et [Bunke, 2003]. Les utilisateurs IMC ne peuvent pas utiliser de tels systèmes, car ils n'ont pas assez de précision dans leurs mouvements.

Le système avec les deux boutons est potentiellement intéressant car on peut imaginer de reprendre ce principe pour un système d'aide à la communication en l'adaptant avec deux gros boutons virtuels sur l'écran de l'ordinateur. Un rectangle lumineux pourrait être contrôlable au travers de ces deux touches. L'utilisateur sélectionnerait alors les pictogrammes avec le rectangle lumineux.

7 SYNTHESE GLOBALE SUR LES SYSTEMES D'AIDE ETUDIES

Les tableaux de synthèse 1 à 4 servent à comparer sur deux critères (avantages et inconvénients pour les utilisateurs, handicapées moteur, de profil IMC athétosique) l'ensemble des systèmes décrits précédemment.

Tableau 1. Synthèse globale sur les claviers virtuels

Nom du système	Avantages pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques.	Inconvénients pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques
Dvorak	Les lettres les plus utilisées sont regroupées, donc il y a minimisation des mouvements.	Les autres lettres sont trop éloignées.
Dasher	Ce système est utilisable sans faire de clic, par conséquent il y a diminution du nombre de mouvements.	L'effort de concentration est trop élevé, et il demande un contrôle moteur très fin du dispositif de pointage.
Metropolis	La forme et la disposition des touches accélèrent la saisie.	Ce clavier demande environ 40 h d'apprentissage, selon [Harbusch, 2003].
Opti et Fitaly	Le fait de rassembler les lettres les plus probables au centre du clavier permet d'accélérer la saisie.	Le clavier ne propose pas de proposition de mots.
Skeleton Keys	Il y a optimisation du placement des lettres, par conséquent optimisation des mouvements de la souris.	Un effort de concentration est requis pour trouver les lettres à cause du changement permanent de la place de celles-ci.
Comlis	Le fait que les lettres les plus utilisées soient en première position diminue la distance parcourue par la souris.	Malgré l'optimisation, le temps de saisie reste important.
Chewing Word	La réorganisation des touches permet d'accélérer la saisie. Il y a également des propositions de mots à côté des lettres.	L'effort de concentration est élevé.
K-THOT optimisé	Le parcours de la souris est diminué, par conséquent l'effort physique aussi.	L'effort de concentration est important.
XPeRT	Le regroupement des lettres permet d'accélérer la saisie.	Le fait de ne pas avoir de prédiction de mot ralentit la saisie.
B-Link	Le logiciel offre un outil de souris virtuelle. On peut également arrêter l'ordinateur à partir du clavier.	Le clavier ne fonctionne pas avec toutes les webcams et demande beaucoup de concentration.
H-Mouse	Le nombre réduit de touches permet d'accélérer la saisie.	On ne peut pas écrire directement dans un traitement de texte.
XPeRT	La disposition des lettres permet la diminution de l'effort durant la saisie.	L'apprentissage du clavier est long.
KEYGLASS	La prédiction de lettres permet d'accélérer la saisie.	Le placement des lettres n'est pas optimisé.

Nom du système	Avantages pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques.	Inconvénients pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques
KeyStrokes	La prédiction de mots est très efficace.	Il y a absence de défilement.
CLAVICOM	Les propositions de mots sont intéressantes.	Il demande beaucoup d'efforts pour la saisie.
CLAVICOM NG	Les propositions de mots sont intéressantes.	Il demande beaucoup d'efforts pour la saisie.
CLICK-N-TYPE	0n peut personnaliser le clavier.	Pour quitter le mode balayage, on doit appuyer sur le bouton ECHAP sur le clavier physique, ce qui est impossible pour les utilisateurs handicapés moteur tétraplégiques.
Sibylle	La prédiction est très performante.	L'effort de concentration pour lire les prédictions de mots
AZERTY	Il est facile d'utilisation, permet de créer son propre dictionnaire et de redémarrer l'ordinateur à l'aide du clavier.	Les lettres du clavier ne sont pas placées de manière optimisée pour la saisie.
CLAVIDEF	L'organisation des lettres reprend l'ordre alphabétique, par conséquent l'utilisateur peut trouver la lettre voulue facilement.	L'effort physique requis est important.
DISCOVER SCREEN	Il est facile à configurer grâce à un assistant.	Il n'a pas de prédiction de mots.
COMFORT ON-SCREEN KEYBOARD	Il comporte une bonne prédiction de mots.	Il demande beaucoup d'efforts pour la saisie.
CVK	Il comporte une bonne prédiction de mots.	L'effort mental requis est important.
CLAVIER VISUEL WINDOWS	Les propositions de mots sont intéressantes.	Il demande un effort physique important pour la saisie
BEKEY VIRTUAL KEYBOARD	Le clavier possède 23 dictionnaires dans des langues différentes.	La taille et la forme du clavier sont personnalisables mais pas la place des touches.
L'UKO-II	Les quatre touches du clavier diminuent fortement la distance parcourue par la souris.	Le fait de taper plusieurs fois sur le même bouton peut perturber l'utilisateur.
K-HERMES	La réduction du nombre de boutons engendre la diminution de déplacement de la souris et de la fatigue physique.	Le temps limité pour saisir les lettres stresse l'utilisateur.

Tableau 2. Synthèse globale sur les systèmes à base de pictogrammes

Nom du système	Avantages pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques.	Inconvénients pour les handicapés moteurs de types IMC athétosiques
PHRASEUR	Les pictogrammes sont de grande taille.	Aucun
PHOTO TALK	Aucun	Ce système fonctionne seulement sur les téléphones portables, par conséquent un utilisateur IMC ne peut pas l'utiliser.
Clicker	L'utilisateur peut créer son propre clavier, et par conséquent l'optimiser par rapport à ses besoins.	Les différents pictogrammes sont organisés dans de nombreuses rubriques.
Mind Express	Aucun	Les pictogrammes sont beaucoup trop petits.
DONNER LA PAROLE	Aucun	Le fait de saisir la totalité des mots ralentit la discussion.
AXELIA	Les pictogrammes sont de grande taille, cela permet de les sélectionner facilement.	Le nombre important de menus rend l'utilisation fatigante.
pVOICE	Les pictogrammes sont de grande taille.	Aucun

Tableau 3. Synthèse globale sur les systèmes de reconnaissance vocale

Nom du système	Avantages pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques.	Inconvénients pour les handicapés moteurs de types IMC athétosiques
SPEECH BASED CURSOR CONTROL	Aucun effort physique n'est demandé pour contrôler un ordinateur.	Ce système ne fonctionne pas avec des personnes ayant des problèmes d'élocution.
VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR	L'utilisateur peut programmer rapidement.	Ce système ne fonctionne pas avec des personnes ayant des problèmes d'élocution.
Reconnaissance vocale pour les IMC	Cela permet de faire de la saisie sans aucun effort physique.	Le taux d'erreur reste important.

Tableau 4. Synthèse globale sur les autres types de systèmes de saisie dédiés aux personnes handicapées physiques

Nom du système	Avantages pour les handicapés moteurs de type IMC athétosiques.	Inconvénients pour les handicapés moteurs de types IMC athétosiques
Interface cerveau-ordinateur	La majorité des personnes handicapées peut l'utiliser	Cette interface ne permet pas d'effectuer des actions évoluées de saisie
Guide-doigts	Ce procédé permet d'accélérer la saisie car il n'y a pas de mouvement de souris.	Le système demande de la précision dans les mouvements.
EdgeWrite	Cela peut permettre d'accélérer la saisie	Il demande une grande précision dans les mouvements
Saisie avec deux boutons	Elle demande peu d'effort physique pour la saisie.	Elle demande une concentration permanente pour sélectionner la lettre voulue.

8 DISCUSSION EN VUE DE LA CONCEPTION D'UN SYSTEME DESTINE A DES UTILISATEURS DE PROFIL IMC ATHETOSIQUE

Pour la conception de système destiné à des utilisateurs de profil IMC athétosique, plusieurs recommandations peuvent être fournies :

- La première est de proposer une interface utilisateur avec des boutons de taille importante. Cela permet de réduire la précision demandée pour pointer avec le curseur de la souris sur le bouton concerné ; rappelons que ce fait est vérifié grâce à la loi de Fitts [Fitts, 1954]. Il est aussi préférable de placer les boutons dans la mesure du possible sur les bords de l'interface utilisateur, car si l'utilisateur va trop loin avec le pointeur de la souris (suite par exemple à un mouvement intempestif non contrôlé), il sera bloqué par le bord de la fenêtre.
- La seconde recommandation est de viser à limiter le nombre de mouvements de la souris. Pour ce faire, lorsqu'on propose une arborescence, il faut réduire au maximum la profondeur de celle-ci. Chaque mouvement de la souris entraine une fatigue physique pour un utilisateur de profil IMC athétosique, d'où l'importance de réduire le nombre de mouvements de ce type.
- La troisième recommandation est de laisser dans la mesure du possible un espace vide en bas de l'écran pour que l'utilisateur puisse y placer son clavier virtuel. En effet, la majeure partie des logiciels affichent des informations sur tout l'écran, et l'utilisateur de profil IMC athétosique est obligé de déplacer souvent son clavier virtuel pour visualiser certaines informations.
- La quatrième recommandation concerne la saisie de données. Il faut limiter les données à saisir, car cela demande beaucoup de temps à l'utilisateur de profil IMC athétosique. Par conséquent, il faut privilégier les menus déroulants et les choix multiples. Lorsque l'utilisateur est obligé de saisir des informations, il faut proposer des éléments pour réduire le nombre de lettres à saisir. Prenons l'exemple d'une adresse. Dans le champ prévu à cet effet, il faut proposer des noms de villes (par prédiction) au fur et à mesure que la saisie est faite.

9 CONCLUSION

Dans cet article focalisé sur les utilisateurs de profil Infirme Moteur Cérébral (IMC) athétosique, il s'agissait de dresser un état de l'art du domaine en étudiant les différents aides à la communication actuellement disponibles, susceptibles de pouvoir être utilisés par ces utilisateurs, et ceci sans souci d'exhaustivité, mais plutôt de représentativité. Ces aides se composent de claviers virtuels, de logiciels à base de pictogrammes, de systèmes de reconnaissance vocale et d'autres systèmes variés (interfaces cerveau-ordinateur, aides physiques…). La majorité de ces systèmes est destinée aux personnes possédant un handicap moteur et/ou mental.

Les claviers virtuels sont la base de la communication assistée par ordinateur [Furukawa *et al*., 2001]. De nos jours, on peut trouver de nombreux types de claviers. Chacun comporte des avantages et des inconvénients selon le type de handicap de l'utilisateur. Ce type de systèmes reste un moyen long et fatigant pour la saisie dans le cas d'utilisateurs de profil IMC athétosique.

Les logiciels à base de pictogrammes permettent de former des phrases simplement et rapidement. Ces programmes sont principalement destinés à des utilisateurs handicapés mentaux, et aux personnes ayant des atteintes mutiques. Les images représentent soit un objet soit une action. Plusieurs études ont été effectuées afin de trouver la représentation idéale pour chaque mot de la langue française [Vaillant, 1997] ; on peut également créer une petite animation d'une à quelques secondes qui représente une action.

La reconnaissance vocale est un moyen prometteur pour interagir avec un ordinateur du fait de la rapidité de la parole. Cependant, ce système ne fonctionne pas ou fonctionne mal avec les personnes qui ont des problèmes d'élocution. Des recherches sont en cours afin de tenter de résoudre ce problème. Mais un long chemin reste encore à parcourir.

Les autres systèmes étudiés (interfaces cerveau-ordinateur, aides physiques) comportent également de nombreuses lacunes et sont en particulier difficilement utilisables en mobilité.

LES PERSPECTIVES DE RECHERCHE DANS CE DOMAINE, LIANT INTERACTION HOMME-MACHINE ET UTILISATEUR EN SITUATION DE HANDICAP, SONT NOMBREUSES :

- ✓ **Il serait possible de proposer différents types de systèmes d'aide à la réalisation d'activités, aussi bien personnelles que professionnelles, destinés à des utilisateurs de profil IMC athétosique.**
- ✓ **Ces systèmes pourraient être exploités via différents types de supports d'interaction, embarqués ou non sur fauteuil roulant (comme spécifié dans [Guerrier *et al*., 2013a] [Guerrier *et al*., 2013b]).**
- ✓ **Ces systèmes pourraient être adaptatifs, selon des critères liés aux caractéristiques des handicaps considérés (par exemple une dysarthrie plus ou moins prononcée).**
- ✓ **Différents types d'évaluations pourraient être envisagées. Il serait possible d'en effectuer en mobilité (avec support d'interaction embarqué sur le fauteuil roulant), comme dans [Guerrier et al., 2014]. D'autres évaluations pourraient être effectuées en laboratoire ou en *living lab*, aussi bien en situation d'interaction avec un ou des systèmes, qu'en situation de communication médiatisée impliquant un ou plusieurs interlocuteurs.**
- ✓ **Il serait également possible de reprendre chacun des systèmes recensés dans le cadre de cet article et d'effectuer des études centrées par exemple sur la performance et/ou la fatigue engendrée, impliquant des sujets de profil IMC athétosique. Il serait possible ainsi de procéder en conséquence, d'une part à des évolutions des systèmes concernés, et d'autre part à des comparaisons par rapport à des études impliquant aussi bien des utilisateurs valides que des utilisateurs concernés par d'autres types de handicaps.**

Ce domaine est source de nombreux défis pour la communauté en Interaction Homme-Machine, aussi bien nationale qu'internationale.

10 REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Ministère de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur qui a financé la thèse via un contrat doctoral handicap. Ils remercient aussi vivement Patrick Girard et Joëlle Coutaz pour leur soutien, de même que les relecteurs anonymes de la revue JIPS pour leurs remarques pertinentes ayant permis d'améliorer l'article.

11 REFERENCES

- Abraham, M., Boissière, P., Breton, O., Brunet, G., Le Saux, F., Guyomar, M., & Vigouroux, N. (2012). Palliacom: système multimodal d'aide à la communication. IRBM, 33(2), pp. 173-181.
- Abraham, M. (2003). Les télécommunications pour les handicapés. In Annales des télécommunications, Springer-Verlag, 2003. p. 876-889.
- Allain, H., Bentue-Ferrer, D., Rochcongar, P., & Schuck, S. (1999). La fatigue : de la biologie à la pharmacologie. Bulletin Veille Sommeil, 10, pp. 6-13.
- Allen, M., McGrenere, J., & Purves, B. (2007). The design and field evaluation of PhotoTalk: A digital image communication application for people with aphasia. In Proc. ASSETS' 07, October 15-17, 2007, Tempe, Arizona, USA.
- Allison, B. Z., Dunne, S., Leeb, R., Millán, J. D. R., & Nijholt, A. (2012). Towards practical brain-computer interfaces: bridging the gap from research to real-world applications. Springer Science & Business Media.
- Baas, M., Guerrier, Y., Kolski, C., Poirier F. (2010). Système de saisie de texte visant à réduire l'effort des utilisateurs à handicap moteur. In G. Calvary, M. Wolff (Eds.), Proceedings of the Ergonomie et Informatique Avancée Conference (12-15 October), ACM, Digital Library, Biarritz, pp. 19-26.
- Badr, G. (2011). Modèle théorique et outil de simulation pour une meilleure évaluation des claviers logiciels augmentés d'un système de prédiction de mots. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- Baljko B., Tam A. (2006). Indirect Text Entry Using One or Two Keys. In Proc. ASSETS'06, October 22–25, 2006, Portland, Oregon, USA.
- Ballayer, R. (2005). Guide d'accès à l'informatique auprès du public handicap moteur en Pays de Loire. Disponible à : www.handitec.com/infosservices/Doc/guide_AT_informatique16mars2005.pdf
- Barbot, F. (1998). Paroles d'enfants IMC. L'Infirmité Motrice d'origine cérébrale, p. 23.
- Belatar, M., & Poirier, F. (2007). UniGlyph: une méthode universelle pour la saisie de texte sur dispositifs mobiles. In Proceedings of the 19th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, pp. 111-118, ACM.
- Bellengier, E., Blache, P., & Rauzy, S. (2004). PCA : Un système de communication alternative évolutif et réversible. In Actes de la conférence ISAAC 2004, pp. 78-85, 6-8 mai 2004, Neuchâtel, Suisse.
- Bellengier, E., Rauzy, S., & Marty, J. (2006). Système de communication iconique : Reformulation avancée. In Actes de la conférence IFRATH, Handicap 2006, juin 7-9, Paris.
- Bellman, T., & MacKenzie, I.S. (1998). A probabilistic character layout strategy for mobile text entry. In Proceedings of Graphics Interface '98, pp. 168-176.
- Bérard, C., Girardot, F., Payan, C., & le Groupe d'étude MFM (2006). MFM, Mesure de Fonction Motrice pour les maladies neuromusculaires, Manuel de l'utilisateur. Hospices Civils de Lyon, Service de rééducation pédiatrique, Escale, 2ième édition 2006.
- Bérard, C. (2004). Clavier-écran : concevoir avec les utilisateurs ». In Proc. Handicap 2004, Paris, pp. 83-88, 17-18 Juin.

- Blache, P., & Rauzy, S. (2007). Le module de reformulation iconique de la Plateforme de Communication Alternative. In Actes du workshop RLCAA, conférence TALN, vol. 2, Toulouse, France, pp. 519-528, 5-8 juin.
- Boissière, P., & Dours, D. (2002). A Proposal of an Evaluation Framework for Writing Assistance Systems: Application to VITIPI. In Proceedings of 8th International Conference on Computer Helping People with special needs (ICCHP 2002), Linz, Austria, pp. 276-278, 15-20 july.
- Brook, M. (2000). Introducing the Dvorak Keyboard. Disponible à : http://www.mwbrooks.com/dvorak/index.html
- Bunke, H. (2003). Recognition of Cursive Roman Handwriting - Past, Present and Future. In Proceedings of the Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), Vol. 1, August 3-6, IEEE Computer Society, Washington, DC, pp. 448-459.
- Colas, S., Monmarché, N., Gaucher, P., & Slimane, M. (2006). Optimisation de l'organisation d'un clavier virtuel pour personnes handicapées par des fourmis artificielles. In Proc. Métaheuristiques (META'06), Hammamet, Tunisia, 2-4 Novembre.
- Collignon, P. (2003). L'informatique au service des handicapés. OEM-Eyrolles.
- Dai, L., Goldman, R., Sears, A., Lozier, J. (2004). Speech-based cursor control: A study of grid-based solutions. In Proc. ASSETS'04, October 18-20, 2004, Atlanta, GA, USA.
- Evreinova, T., Evreinov, G., & Raisamo, R. (2004). Four-Key Text Entry for Physically Challenged People. In Proceedings of the 8th ERCIM Workshop "User Interfaces For All", 28-29 June, Vienna, Austria, 12 pages. Disponible à: www.ui4all.gr/workshop2004/files/ui4all_proceedings/adjunct/techniques_devices_metaphors/16.pdf
- Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. Journal of Experimental Psychology, 47(6), pp. 381-391.
- Froeseth, J. (2005). A Model for Voice-Activated Visual GUI Editors. Doctoral dissertation, Faculty of the University of South Alabama in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Computer Science, USA.
- Furui, S. (2005). 50 years of progress in speech and speaker recognition. In Proc. SPECOM 2005, October 17-19, Patras, Greece, pp.1-9.
- Furukawa, A., Iwatsuki, H., Nishiyama, M., Nii, E., & Uchida, A. (2001). A study on the subjective well-being of adult patients with cerebral palsy. Journal of Physical Therapy Science, 13(1), pp. 31-35.
- Gaudeul, V. (2008). Communiquer sans la parole ? Guide pratique des techniques et des outils disponibles. Association ALIS, mis à jour en 2015, Accessible à : http://www.alis-asso.fr/les-publications/publications-specialisees-dalis/
- Grange, A. (2010). L'interface du clavier virtuel Chewing Word. In Actes d'IHM'10, 22e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, pp. 237-240, 20-23 septembre 2010, Luxembourg, ACM.
- Grange, A. (2011). L'unique prédiction. In Actes ASSISTH'2011, Paris, 17-19 janvier.
- Guerrier, Y. (2010). Analyse, conception, réalisation et test de clavier virtuel pour la saisie de texte, application au domaine du handicap. Rapport de Master recherche, LAMIH, Valenciennes, sous la direction de C. Kolski et F. Poirier, Prix DREES CNSA du meilleur mémoire de master II sur le handicap et la perte d'autonomie.
- Guerrier, Y. (2015). Proposition d'une aide logicielle pour la saisie d'information en situation dégradée - Application à des utilisateurs IMC athétosiques dans des contextes liés au transport et aux activités journalières. Mémoire de Doctorat, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Valenciennes, septembre.
- Guerrier, Y., Baas, M., Kolski, C., & Poirier, F. (2011a). Étude comparative entre un clavier virtuel AZERTY et un clavier multitap pour des utilisateurs souffrant d'une Infirmité Motrice Cérébrale de type tétraplégique athétosique. In ASSISTH'2011, 2ème Conférence Internationale Sur l'Accessibilité et les Systèmes de Suppléance aux personnes en sITuations de Handicap (17-19 janvier), Paris, pp. 148-155.

- Guerrier, Y., Baas, M., Kolski, C., & Poirier, F. (2011b). Comparative study between AZERTY-type and K-Hermes virtual keyboards dedicated to users with cerebral palsy. In Proceedings of Universal Access in Human-Computer Interaction, Users Diversity, pp. 310-319, Springer Berlin Heidelberg.
- Guerrier, Y., Kolski, C., & Poirier, F. (2012a). Vers une aide logicielle à la communication pour des utilisateurs de profil Infirmes Moteurs Cérébraux (IMC) de type athétosique. Poster, MajecSTIC, 9eme Manifestation des Jeunes Chercheurs en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (29-31 octobre), Lille, France.
- Guerrier, Y., Kolski, C., & Poirier, F. (2012b). Comment communiquer lorsqu'on est un utilisateur infirme moteur cérébral (IMC) de type athétosique ? Etude de cas des différents moyens de communication. In R. Mollard, F. Poirier, F. Vanderhaegen (Eds.), Proceedings of the ERGO-IHM Conference (17-19 october), ACM, Digital Library, Biarritz, pp. 51-54.
- Guerrier, Y., Kolski, C., & Poirier, F. (2013a). Proposition of a communication system used in mobility by users with physical disabilities, focus on cerebral palsy with athetoid problems. In Proc. ICALT, International Conference on Advanced Logistics and Transport (29-31 May), IEEE, Sousse, Tunisia, pp. 269-274.
- Guerrier, Y., Kolski, C., & Poirier, F. (2013b). Towards a communication system for people with athetoid cerebral palsy. In P. Kotzé, G. Marsden, G. Lindgaard, J. Wesson, M. Winckler (Eds.), Human-Computer Interaction - INTERACT 2013 - 14th IFIP TC 13 International Conference, Cape Town, South Africa, September 2-6, 2013, Proceedings, Part IV, Springer, Lecture Notes in Computer Science, pp. 681-688.
- Guerrier, Y., Naveteur, J., Kolski, C., & Poirier, F. (2014). Communication System for Persons with Cerebral Palsy - In Situ Observation of Social Interaction Following Assisted Information Request. In K. Miesenberger, D.I. Fels, D. Archambault, P. Penáz, W.L. Zagler (Eds.), Computers Helping People with Special Needs - 14th International Conference, ICCHP 2014, Paris, France, July 9-11, 2014, Proceedings, Part I, Springer, Lecture Notes in Computer Science, pp. 419-426.
- Harbusch, K., Hasan, S., Hoffmann, H., Kühn, M., & Schüler, B. (2003). B. Domain– specific Disambiguation for Typing with Ambiguous Keyboards. In Proc. EACL 2003 Worshop on Language Modeling for Text Entry Methods, Budapest, April.
- Hilliges, O., & Kirk, D. S. (2009). Getting sidetracked: display design and occasioning photo-talk with the photohelix. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1733-1736, ACM.
- Hinton, G., Deng, L., & Yu, D., et al. (2012). Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups. Signal Processing Magazine, IEEE, vol. 29, no 6, pp. 82-97.
- Hubbell, T. J., Langan, D. D., & Hain, T. F. (2006). A voice-activated syntax-directed editor for manually disabled programmers. In Proc. ASSET'06, 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, pp. 205-212, ACM.
- Hunnicutt, S. (1985). A lexical prediction for a text-tospeech system. Dept Report of speech communication Stockholm STL-QSPR 2- 1/1985.
- Isokoski, P. (1999). A Minimal Device-Independent Text Input Method. Disponible à : www.cs.uta.fi/~poika/g/g.html.
- Isokoski, P. (2004). Performance of menu-augmented soft keyboards. In Proc. of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI Letters, 6(1), pp. 423-430.
- Kolb, B., & Gibb, R. (2011). Brain Plasticity and Behaviour in the Developing Brain. J Can Acad Child Adolesc Psychiatry, 20(4), pp. 265–276.
- Kolski, C. (1997). Interfaces homme-machine, application aux systèmes industriels complexes. Hermès, Paris.
- Koman, L.A., Smith, B.P., et Balkrishnan, R. (2003). Spasticity associated with cerebral palsy in children. Pediatric Drugs, vol. 5, no 1, p. 11-23.
- Królak, A., & Strumiłło, P. (2012). Eye-blink detection system for human–computer interaction. Universal Access in the Information Society, 11(4), pp. 409-419.

- Liptak, G.S., & Accardo, P.J. (2004). Health and social outcomes of children with cerebral palsy. The Journal of Pediatrics, 145(2 Suppl), S36-41.
- Lotte, F., Faller, J., Guger, C., Renard, Y., Pfurtscheller, G., Lécuyer, A., & Leeb, R. (2013). Combining BCI with virtual reality: towards new applications and improved BCI. In Towards Practical Brain-Computer Interfaces, pp. 197-220, Springer Berlin Heidelberg.
- MacKenzie, I.S., & Zhang, S.Z (1999). The design and evaluation of a high performance soft keyboard. In Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '99, New York, pp. 25-31.
- MacKenzie, I.S., & Soukoreff, R. W. (2002). Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. Human-Computer Interaction, 17, pp. 147-198.
- Magnien, L., Bouraoui, J. L., & Vigouroux, N. (2004). Mobile devices: soft keyboard text-entry enhanced by visual cues. In Proceedings of the 1st French-speaking conference on Mobility and ubiquity computing, pp. 158-165, ACM.
- Magnuson, T. (1995). Word Prediction as Linguistic Support for Individuals with Reading an Writing Difficulties. In Proc. TIDE, The European context for assistive technology, pp. 316-319 Paris, April.
- Martin, B., & Pecci, I. (2006). État de l'art des claviers physiques et logiciels pour la saisie de texte. Revue d'Interaction Homme-Machine, Vol 7 N°1, 147-205.
- Masui, T. (1999). POBox: An Efficient Text Input Method for Handhled and Ubiquitous Computers. In Proceedings of the International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing (HUC'99), September, pp. 289-300.
- Matias, E. (1994). U.S. Patent No. 5,288,158. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Maurel, D., Fourche, B., Briffault, S (2000). HandiAS : Aider la communication en facilitant la saisie rapide de textes. In Proc. IFRATH Handicap 2000, pp. 87-92, Paris 15-16 Juin.
- Maurel, D., Rossi, N., & Thibault, R. (2001). Handias : un système multilingue pour l'aide à la communication de personnes handicapées. In Atelier Thématique TALN 2001, pp. 203-212, Tours, 2-5 Juillet.
- Menier, G., & Poirier, F. (2001). Système adaptatif de prédiction de texte. In Atelier Thématique TALN 2001, pp. 213-222, Tours, 2-5 Juillet.
- Méthel, G. (2005). Une brève histoire du clavier. Entrelacs, Cinéma et audiovisuel, 5, pp. 53-58.
- Neerdael, D. (2014). Une puce dans la tête : Les interfaces cerveau-machine qui augmentent l'humain pour dépasser ses limites. Editions fyp.
- Norman, D. A., & Fisher, D. (1982). Why alphabetic keyboards are not easy to use: Keyboard layout doesn't much matter. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 24(5), pp. 509-519.
- Ombredane, A., Faverge, J.M. (1955). L'analyse du travail. Paris, PUF.
- Pacaud, S. (1959). La sélection professionnelle. Collection "Le psychologue", n°8, Paris, PUF.
- Pavlovych, A., & Stuerzlinger, W. (2004). Model for non-expert Text Entry Speed on 12-Button Phone Keypads. In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI04), ACM Press, New York, NY, USA, pp. 351-358.
- Peltier, B. (2007). Nouvelles technologies, aides techniques à la communication et ergothérapie. La Lettre de médecine physique et de réadaptation, 23(3), pp. 135-138.
- Plamondon, R., & Srihari, S.N. (2000). On-Line and Off-Line Handwriting Recognition: A Comprehensive Survey. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 22 (1), January, pp. 63-84.
- Poirier, F., & Schadle, I. (2005). Interfaces réduites pour l'entrée de texte. État de l'art et présentation du communicateur Sibylle pour l'aide à l'écriture de personnes handicapées. Revue d'Interaction Homme-Machine (RIHM), 6(2), pp. 63-89.

- Poirier, F., & Schadle, I. (2004). État de l'art des méthodes de saisie de données sur dispositifs nomades. Typologie des approches. In Actes de la Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine, ACM Press, New York, NY, USA, pp. 133-140.
- Pouech, N., Boissière, P., Vella, F., & Vigouroux, N. (2009). Influence des modes de présentation et de sélection des listes de prédiction : Étude sur trois systèmes d'aide à la saisie de textes. In 5ème Journée d'Ergothérapie de Gaches (ARFEHGA), Garches, 29 janvier 2009, pp. 84-86.
- Qiang, T. O. N. G. (2006). Speech-based Cursor Control. Modern Computer, 8, pp. 026.
- Rapp, C.E., & Torres, M. (2000). The adult with cerebral Palsy. Archives of Family Medicine, 9, pp. 446-472.
- Raynal, M. (2006). Claviers GAG : claviers logiciels optimisés pour la saisie de texte au stylet. In Proceedings of the 18th International Conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, pp. 3-10, ACM.
- Raynal, M., & Vigouroux, N. (2005). KeyGlasses : Semi-transparent keys to optimize text input on virtual keyboard. In Proc. AAATE'05, Lille, 6-9 septembre 2005, pp.713-717.
- Raynal, M., Le Brouder, M., & Vinot, J. L. (2009). Le système KEYGLASS. In Actes JEG 2009, 5ème journée d'Ergothérapie de Garches, pp. 84-86, Janvier.
- Roeber, H., Bacus, J., & Tomasi, C. (2003). Typing in Thin Air, The Canesta Projection Keyboard – A New Method of Interaction with Electronic Devices. In Proc. Int. Conf. for Human-Computer Interaction (CHI 2003), Ft. Lauderdale, Florida, USA, April 5-10, ACM Press, pp. 712-713.
- Sankar, C., & Mundkur, N. (2005). Cerebral palsy-definition, classification, etiology and early diagnosis. Indian journal of pediatrics, vol. 72, no 10, pp. 865-868.
- Sperandio, J.C. (1991). Les méthodes d'analyse du travail en psychologie ergonomique. In La recherche en psychologie (domaines et méthodes), J.P. Rossi (Ed.), Bordas, Paris.
- Suanpirintr, S., & Thubthong, N. (2007). The Effect of Pauses in Dysarthric Speech Recognition Study on Thai Cerebral Palsy Children. In i-CREATe '07, Proceedings of the 1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology: in conjunction with 1st Tan Tock Seng Hospital Neurorehabilitation Meeting, pp. 148-152, ACM.
- Suanpirintr, S., Jacob, O., Brad, A., Aung, H., & LoPrest, F. (2004). Text Entry from Power Wheelchairs: EdgeWrite for Joysticks and Touchpads. In Proc. ASSETS' 04, October 18–20, 2004, Atlanta, Georgia, USA.
- Soukoreff, R.W., & Mackenzie, I.S. (2004). Recent developments in text entry error rate measurement. In Proc. CHI'04: Extended abstracts of the 2004 conference of Human factor and computing systems, pp. 1425-1428, ACM Press.
- Stephanidis, C. (2012). The Universal Access Handbook, CRC Press.
- Vaillant, P. (1997). Interaction entre modalités sémiotiques : de l'icône à la langue. Thèse de Doctorat, Université Paris XI Orsay, septembre.
- Vella, F., Vigouroux, N., & Truillet, P. (2005). SOKEYTO: a design and simulation environment of software keyboards. In Proc. Assistive Technology - Assistive technology from virtuality to reality, AAATE'05, Lille, France, pp. 723-727, 6-9 septembre.
- Vella, F. (2008). Modèles psychophysiques d'atteintes de cibles pour les personnes souffrant de troubles neuromusculaires. Thèse de doctorat en Informatique, Université de Toulouse III, décembre.
- Wandmacher, T., Béchet, N., Barhoumi, Z., Poirier, F., & Antoine, J. (2007). Système Sibylle d'aide à la communication pour personnes handicapées : modèle linguistique et interface utilisateur. In Proc. TALN 2007, Toulouse, 12-15 juin.
- Ward, D.J, Blackwell, A.F., & MacKay, D.J.C (2000). Dasher - a data entry interface using continuous gestures and language models. In Proc. UIST 2000: The 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, November 5-8, 2000, San Diego, CA, ACM Press.

- Wedding, R. M. (2006). U.S. Patent No. 7,137,749. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Wobbrock, J. O., Myers, B. A., & Kembel, J. A. (2003). EdgeWrite: a stylus-based text entry method designed for high accuracy and stability of motion. In Proceedings of the 16th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 61-70, ACM.
- Wobbrock, J.O., Myers, B.A., Aung, H.H., & LoPresti, H.F. (2004). Text Entry from Power Wheelchairs: EdgeWrite for Joysticks and Touchpads. In Proc. ASSETS' 04, Atlanta, GA, USA, ACM Press, pp. 110-11.
- Wolpaw, J.R., Birbaumer, N., McFarland, D.J., Pfurtscheller, G., & Vaughan, T.M. (2002). Brain–computer interfaces for communication and control. Clinical Neurophysiology, 113, pp. 767–791.
- Zaitsev, O. (2010). Skeleton keys: the purpose and applications of keyloggers. Network Security, 10, pp. 12-17.
- Zhai, S., Hunter, M., & Smith, B.A. (2000). The Metropolis Keyboard - an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. In Proceedings of The 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), San Diego, California, pp.119-218.
- Zhai, S., Hunter, M., & Smith, B.A. (2002). Performance Optimization of Virtual Keyboards. Human-Computer Interaction, Vol. 17, No 2 & 3, pp. 229-269.

12 WEBOGRAPHIE

- Site internet algo : http://www.algo.be/ergo/apprentissage.htm (accédé le 6 novembre 2017)
- Site internet encyclopédie Larousse : http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/dysarthrie/12617 (accédé le 6 novembre 2017)
- Site internet psychologue : https://www.rvd-psychologue.com/cerveau-neurones-et-leur-principe-de-plasticite-neuronale.html (accédé le 6 novembre 2017)
- site internet textware : http://www.textware.com/fitalycomment/garykrakow.htm (accédé le 6 novembre 2017)
- Site internet unapei : http://www.unapei.org/article/quelques-exemples-de-handicap.html (accédé le 6 novembre 2017)

13 BIOGRAPHIE

Yohan GUERRIER

a obtenu son doctorat en 2015 dans le domaine de l'interaction homme-machine spécialisée dans le handicap physique et les aides à la communication. Le but de son doctorat était de créer une aide à la communication. Le logiciel se nomme ComMob (Communication et Mobilité). Il a publié plusieurs articles sur ce sujet. Actuellement, il travaille au sein du LAMIH-UMR CNRS 8201 à Valenciennes en tant qu'ingénieur de recherches et de développement d'applications. Ses travaux actuels portent sur la conception et l'évaluation de systèmes interactifs d'aide dans le domaine du handicap.

Christophe KOLSKI

est Professeur en Informatique à l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis. Il a obtenu le doctorat en 1989 et l'HDR en 1995. Il enseigne le Génie Logiciel et l'Interaction Homme-Machine. Ses recherches sont menées au LAMIH-UMR CNRS 8201. Ses centres d'intérêt portent sur l'Interaction Homme-Machine, les méthodes et modèles de conception et évaluation des systèmes interactifs, les interfaces intelligentes, ainsi que sur l'interaction tangible et distribuée. Ses recherches sont menées dans des domaines d'application variés, incluant les transports, la santé ou encore la supervision.

Franck POIRIER

est Professeur en Informatique à l'Université de Bretagne Sud. Il a obtenu, à l'université Paris Sud, le doctorat en 1985 et l'HDR en 1994. Il enseigne principalement l'Interaction Homme-Machine. Ses recherches sont menées au Lab-STICC-UMR 6285. Ses recherches portent sur l'entrée de texte, les aides à la communication écrite, l'interaction tactile, la modélisation et l'évaluation des systèmes interactifs, et, dans un autre domaine, sur l'apprentissage humain.