

Prise en compte des particularités du jeune public avec TSA dans l'évaluation d'une application dédiée à celui-ci

Marine Guffroy, Pascal Leroux, Philippe Teutsch

► To cite this version:

Marine Guffroy, Pascal Leroux, Philippe Teutsch. Prise en compte des particularités du jeune public avec TSA dans l'évaluation d'une application dédiée à celui-ci. Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM), 2018, Journal d'Interaction Personne-Système, Volume 6, Number 1 (Numéro 1), pp. 48-65. hal-01875110v4

HAL Id: hal-01875110

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01875110v4>

Submitted on 17 Oct 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.

Prise en compte des particularités du jeune public avec TSA dans l'évaluation d'une application dédiée à celui-ci

Marine GUFFROYCREN - Université du Mans
Avenue Olivier Messiaen
72 085 LE MANS Cedex 9Marine.guffroy@univ-lemans.fr**Pascal Leroux**CREN - Université du Mans
Avenue Olivier Messiaen
72 085 LE MANS Cedex 9Pascal.leroux@univ-lemans.fr**Philippe TEUTSCH**CREN - Université du Mans
Avenue Olivier Messiaen
72 085 LE MANS Cedex 9Philippe.teutsch@univ-lemans.fr

Taking into account the specific aspects of the young public with TSA in the evaluation of a dedicated application

Abstract. The design and evaluation of a tool, whether informatic or not, impacts its life cycle. IT tools are increasingly present on a daily basis. Specific audiences now benefit easily. But do these dedicated tools meet their expectations? Typically, it is customary to call on the end users themselves to respond. However, the latter, depending on their profiles, are not always able to respond. In the case of this study, we want to evaluate an application dedicated to a young audience with ASD (Autism Spectrum Disorders). This very specific audience encounters, among other things, difficulties in the field of communication. Many evaluation methods rely on verbal exchanges with the user. What role will children have with ASD in the evaluation phase of their tool? This audience benefits from constant support (family, medical and educational teams). Can these caregivers support the child in the evaluation process, and if so how?

Key words: design, evaluation, adaptation, specific public, ASD, autism.

Résumé. La conception et l'évaluation d'un outil, informatique ou non, impacte son cycle de vie. Les outils informatiques sont de plus en plus présents au quotidien. Les publics spécifiques en bénéficient aujourd'hui facilement. Mais ces outils dédiés correspondent-ils à leurs attentes ? De manière classique, il est de coutume de faire appel aux utilisateurs finaux eux-mêmes pour répondre. Cependant, ces derniers, en fonction de leurs profils, ne sont pas toujours en capacité de répondre. Dans le cas de cette étude, nous souhaitons évaluer une application dédiée à un jeune public avec TSA (Troubles du Spectre Autistique). Ce public, très spécifique, rencontre entre autres, des difficultés dans le domaine de la communication. Or de nombreuses méthodes d'évaluation reposent sur les échanges verbaux avec l'utilisateur. Quelle place va donc avoir l'enfant avec TSA dans la phase d'évaluation de son outil ? Ce public bénéficie d'un accompagnement constant (famille, équipes médicales et éducatives). Ces accompagnants peuvent-ils soutenir l'enfant dans la démarche d'évaluation, et si oui comment ?

Mots-clés : conception, évaluation, adaptation, public spécifique, TSA, autisme.

Édité par Joëlle Coutaz, Université de Grenoble et Patrick Girard, Université de Poitiers
Soumis le 29 août 2017 – Accepté le décembre 2017

1 INTRODUCTION

Aujourd'hui, en France, entre trois cent cinquante et cinq cent mille personnes sont touchées par les Troubles du Spectre Autistique (TSA), soit environ une naissance sur cent cinquante (ces chiffres varient en fonction des classifications médicales utilisées). Toutefois ce trouble neuro-développemental reste encore peu connu du grand public malgré les lois sur le handicap et l'inclusion scolaire parues ces dernières années : par exemple la loi « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » de 2005 (Loi n°2005-102 du 11 février 2005).

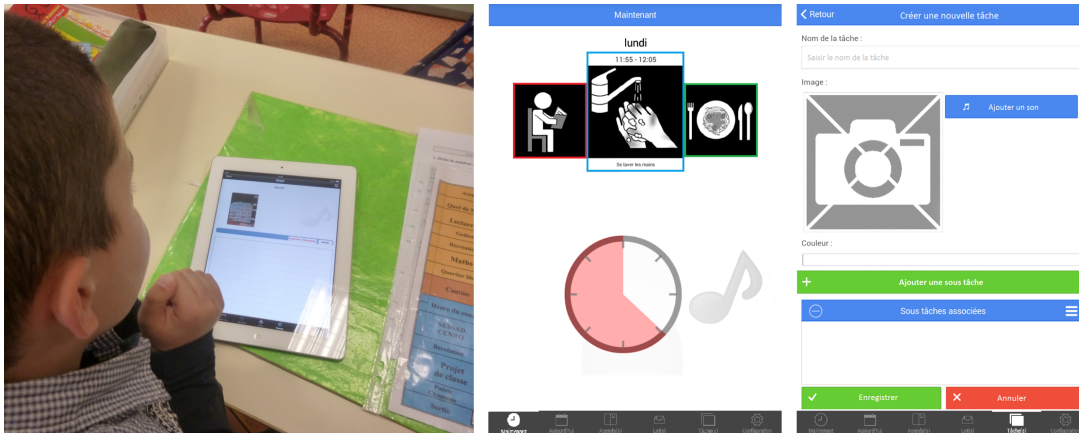
Parallèlement à ce phénomène de société, le monde du numérique a vu se démocratiser l'utilisation des tablettes. Celles-ci sont présentes dans de nombreux foyers. Le nombre d'applications sur supports mobiles a, lui aussi, fortement augmenté. Ces applications couvrent un large spectre de fonctionnalités et sont parfois dédiées à divers publics spécifiques. Le jeune public avec TSA n'a pas dérogé à cette règle. Plusieurs questions se posent alors. Comment être certain que ces applications conviennent à ce public ? Comment les évaluer ? Quelle pourrait être la place des enfants avec TSA dans cette phase d'évaluation ? Comment pourraient-ils intervenir malgré leurs difficultés de communication ?

Ces questions, nous nous les sommes posées pendant nos travaux de recherche (Guffroy, 2017a) au sein du projet çATED-Autisme¹ et dans nos papiers (Guffroy, 2017b) (cet article étend l'état de l'art présenté dans l'article présenté à IHM'17). En effet, nous disposons d'une application sur support mobile dédiée à un jeune public avec TSA. Cette application a pour but d'aider les enfants dans l'apprentissage de l'autonomie via un agenda simplifié s'appuyant sur des pictogrammes liés à un timer. Les enfants, aidés de leurs proches/aidants ou non, saisissent leurs activités. Celles-ci sont définies par un nom et une image (pictogramme). Il est également possible d'y associer un son, une couleur et une liste de sous-tâches (permettant de détailler l'activité). Ces tâches sont ensuite ajoutées à l'agenda en précisant une heure de début et une heure de fin pour chacune. L'application affiche alors sur son écran principal, les pictogrammes des tâches précédente, courante et suivante, un timer (reprenant les codes visuels du time timer utilisé par ce public) étant attaché à la tâche courante. L'emploi du temps défile ainsi automatiquement afin d'apporter un soutien dans l'enchaînement des activités de l'enfant.

Nous avons évalué cette application de manière écologique en ULIS TED (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire pour enfants présentant des Troubles Envahissants du Développement) pendant un an et demi, nous permettant ainsi de mettre à l'essai la méthodologie d'évaluation que nous proposons dans ce papier.

¹ Le projet de Recherche et Développement « çATED-autisme » est mené par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs en éducation et en informatique des Universités de Nantes et du Mans, regroupés au sein du Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN-EA 2661), par une équipe pluridisciplinaire de professionnels du Centre de Ressources Autisme des Pays de la Loire (CRA), par une équipe hospitalo-universitaire de recherche de l'Université d'Angers et par des ingénieurs de la société SII Ouest Centre Atlantique. Ce projet a abouti notamment au développement de l'application mobile çATED.

Image 1. Élève saisissant son emploi du temps en prenant comme modèle l'emploi du temps papier avec lequel il est habitué (à gauche). L'écran principal de l'application reprend les codes utilisés par l'enfant : pictogrammes et timer (au centre). L'application propose un ensemble de tâches pouvant être ajoutées, modifiées, supprimées afin d'être personnalisées à chaque enfant (à droite).



Afin de répondre à ces questions, nous nous intéresserons dans un premier temps au jeune public avec TSA et à ses particularités. Nous étudierons ensuite les méthodes et techniques existantes pour évaluer une application et examinerons l'applicabilité de ces méthodes avec ce public. Enfin, nous proposerons une adaptation des méthodes d'évaluation à un jeune public avec TSA dans le cadre de notre étude de cas.

LES APPORTS DE CETTE RECHERCHE :

- ✓ Présentation du jeune public avec TSA
- ✓ Adaptation des méthodes d'évaluation à un jeune public avec TSA

2 LE JEUNE PUBLIC AVEC TSA

La terme « autisme » a été utilisé pour la première fois en 1911 par Eugène Bleuler (Bleuler, 1912) pour désigner une attitude singulière chez le jeune adulte qui, ayant des difficultés avec la réalité, préfère l'écarter ou l'ignorer. Plus tard, en 1943, Leo Kanner (Kanner, 1943) et Hans Asperger (Asperger, 1944) utiliseront ce terme pour identifier des troubles infantiles à qui ils donneront spécifiquement leur noms par la suite. Il faudra attendre les travaux de Lorna Wing en 1964 sur les désordres du spectre autistique et les difficultés d'apprentissage pour voir apparaître les prémices des critères encore utilisés aujourd'hui (Wing, 1985). Ils mettent en avant la diversité des cas et commencera à parler de spectre autistique dans les années 1990.

Communément appelés « autisme », les troubles du spectre autistique sont soumis à une classification et une terminologie précise, avec apparition dans la littérature des termes suivants : autisme, TED (Troubles Envahissants du Développement) et TSA (Troubles du Spectre Autistique).

Afin de clarifier les termes, et de donner des éléments sur ce que recouvrent ces troubles, nous consacrons cette section aux classifications médicales existantes, puis au diagnostic et symptômes, et enfin à la prise en charge et aux solutions d'accompagnement.

2.1 Définitions et classifications

Les définitions et classifications varient selon les manuels de référence. Nous nous intéresserons à trois classifications, la CIM10 et la DSM-V, les plus souvent utilisées et la CFTMEA qui est la classification française.

2.1.1 CIM 10

Dans la CIM10 (Classification Internationale des Maladies), l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) (OMS, 2015) décrit l'autisme comme un trouble envahissant du développement qui affecte les fonctions cérébrales. Il n'est plus considéré comme une affection psychologique ni comme une maladie psychiatrique. Les différentes formes d'autisme sont classées (voir Tableau 1). Elles sont regroupées sous l'étiquette « Troubles envahissants du développement » (F84).

La dernière mise à jour de la CIM-10 a été effectuée en 2006. La CIM-11 est actuellement en relecture et devra normalement être validée courant 2017. Elle verra, comme à chaque mise à jour, quelques modifications dans les classements existants. Ceci met en évidence la difficulté de fixer une telle classification.

2.1.2 DSM-V

Parue le 18 mai 2013, la DSM-V est la cinquième édition du Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM, de l'anglais Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) (American Psychiatric Association, 2013). Cette version remplace la version précédente, DSM-IV de 1993 (dernière mise à jour en 2010) (American Psychiatric Association, 2000).

Cette cinquième édition place les troubles du spectre autistique dans les troubles neurodéveloppementaux. Ces troubles englobent quatre diagnostics précédemment présents dans la DSM-IV :

- le trouble autistique (autisme) ;
- le syndrome d'Asperger ;
- le trouble désintégratif de l'enfance ;
- le trouble envahissant du développement non spécifié.

D'après ce document, ces quatre troubles sont en fait une seule et même condition avec différents niveaux de sévérité pour deux catégories de symptômes.

2.1.3 CFTMEA

La Classification Française des Troubles Mentaux de l'Enfant et de l'Adolescent ou CFTMEA est un système de classification psychopathologique rédigé sous la direction du Pr Roger Misès (Misès et al., 2012). Elle complète des systèmes internationaux (CIM-10) et américains (DSM) dans le domaine de la psychopathologie de l'enfant et de l'adolescent.

Il y a une controverse concernant la catégorie de l'autisme. Dans la CFTMEA, l'autisme est placé dans les psychoses tandis que dans le DSM par exemple il est dans les troubles psychiques. La CFTMEA a une approche plutôt psychanalyse contrairement aux deux autres classifications.

2.1.4 Comparaison des classifications

Le tableau ci-dessous met en évidence et compare les différences termes utilisés dans les classifications présentées.

Tableau 1. Tableau comparatif des différentes classifications

CIM-10		DSM-IV	DSM-V	CTFMEA	
F.84	TED	TED	Troubles du Spectre autistique	1.0	Autisme et TED
F84.0	Autisme infantile	Troubles autistiques	Inclus dans les TSA	1.00	Autisme infantile précoce – type <u>Kanner</u>
F84.1	Autisme atypique Autres troubles envahissants du développement	Troubles envahissants du développement non spécifiés incluant l'autisme infantile		1.01	Autres formes de l'autisme
				1.02	Autisme ou TED avec retard mental précoce
F84.2	Syndrome de Rett	Syndrome de Rett			
F84.3	Autres troubles désintégratifs de l'enfance	Troubles désintégratifs de l'enfance		1.05	Troubles désintégratifs de l'enfance
F84.4	Troubles hyperactifs avec retard mental et stéréotypies	Pas de correspondance	Pas de correspondance		
F84.5	Syndrome d'Asperger	Syndrome d'Asperger	Inclus dans les TSA	1.03	Syndrome d'Asperger

Il est difficile de mettre en évidence une classification unique et acceptée par tous. Chaque classification a ses adeptes. Elles sont proches sur de nombreux points et utilisent des termes identiques mais pour des choses subtilement différentes. C'est pour cela que dans la littérature, TSA, TED et autisme seront souvent utilisés comme des synonymes, surtout dans les textes non médicaux et que les chiffres sur l'autisme sont disparates. Dans la suite du document, nous utiliserons principalement les termes TSA et autisme.

2.2 Diagnostic et symptômes

Une façon commune de représenter les troubles est la triade autistique, définie ci-dessous, à laquelle s'ajoute un ensemble d'autres troubles et particularités.

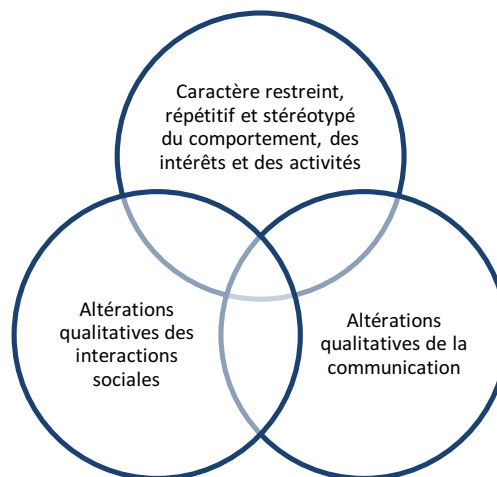
L'autisme n'est diagnosticable qu'à l'aide de critères cliniques. En France, ce diagnostic est fait dans les CRA (Centres de Ressources Autisme) par un ensemble de médecins.

Le détail de la triade autistique, ainsi que l'ensemble des particularités décrites ci-dessous sont basés sur les sites d'informations des CRA (« ANCRA - Association Nationale des Centres Ressources Autisme », s.d., « Centre Ressources Autisme Pays de la Loire », s.d., « CRAIF - Centre de Ressources Autisme Ile-de-France », s.d.).

2.2.1 La triade autistique

Il est possible de représenter les troubles autistiques via la triade autistique (« ANCRA - Association Nationale des Centres Ressources Autisme », s.d.). Celle-ci présente trois ensembles de critères. Un individu présentant des TSA validera une part plus ou moins importante de critères. Ainsi une personne avec autisme se trouvera quelque part dans la zone colorée (Figure 1), mais elle peut être soit plus au centre, dans ce cas elle aura besoin d'un accompagnement plus important, soit en périphérie, elle aura alors besoin d'aide plus ponctuelle.

Figure 1. Représentation de la triade autistique



- Caractère restreint, répétitif et stéréotypé du comportement, des intérêts et des activités

Les enfants avec autisme ont une préoccupation anormale pour des centres d'intérêts restreints (contenu et/ou intensité inhabituels). Ils se passionnent pour quelques sujets, laissant les autres de côté. Connaître le ou les centres d'intérêts de l'enfant peut permettre d'entrer en contact avec lui via cette porte.

Leurs activités ont tendance à être stéréotypées et répétitives. Ils peuvent être fascinés par des objets inhabituels (bouts de ficelle, plumes, miettes...), ou utiliser de façon inhabituelle des objets ou des jouets (faire tourner indéfiniment une roue de petite voiture...). Souvent ils ont besoin de rituels plus ou moins complexes et supportent très mal les changements dans le quotidien. Un changement d'itinéraire pour se rendre à l'école par exemple, peut être une situation stressante et compliquée pouvant créer des crises. Il existe des stéréotypies : gestes répétitifs comme se balancer ou tourner sur soi-même. Il peut même arriver que les personnes avec autisme présentent des comportements auto-agressifs et des automutilations.

Tous ces comportements sont plus ou moins envahissants, et peuvent persister ou au contraire s'atténuer. Ils peuvent également être renforcés ou réapparaître à certaines périodes de la vie.

- Altérations qualitatives de la communication

Les troubles du langage sont récurrents. Un grand nombre d'enfants avec autisme n'accède pas au langage oral. Et lorsque celui-ci est acquis, souvent plus tard que pour un enfant ordinaire, un grand nombre de difficultés persistent.

Du point de vue de la verbalisation, sur le plan expressif, le langage reste très concret, autour des besoins de la vie quotidienne (nourriture, famille, toilette...). Le « je » n'est pas utilisé. La voix est souvent peu modulée, « haut perchée ».

Sur le pan réceptif, un manque de réaction émotionnelle aux sollicitations verbales est constaté. De plus, le second degré reste très difficile voire impossible à comprendre. La totalité des informations est prise en premier degré.

Lorsque le langage oral est acquis, une faible synchronisation et un manque de réciprocité dans les échanges conversationnels restent perceptibles et entravent plus ou moins la communication.

Les personnes avec autisme sont également gênées dans leur communication non verbale : elles utilisent peu de gestes sociaux (« au revoir », « bravo »...), peu de gestes interactifs, peu ou pas d'imitation. La communication parlée n'est pas accompagnée de gestes, les mimiques faciales sont peu expressives.

- Altérations qualitatives des interactions sociales

Les personnes avec autismes ont une mauvaise appréciation des signaux sociaux ou émotionnels. Comprendre les émotions est compliqué. Il en est de même pour l'intonation de la voix ou les expressions faciales. Interpréter ce que les autres pensent ou ressentent est difficile. Un manque d'empathie peut également être observé. Les plus jeunes ont des difficultés à jouer de façon interactive avec les autres enfants, ils ont tendance à s'isoler, ne répondent pas à l'appel de leur prénom, fuient le regard.

2.3 Prise en charge et accompagnement

Le respect de la loi « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » de 2005 est un défi sociétal. Il n'est pas l'affaire de quelques individus mais de la société dans son ensemble.

Il n'y a pas de traitement capable de guérir de l'autisme. Cependant il est couramment recommandé que la prise en charge repose sur trois grands volets :

- éducatif, avec pour objectif l'autonomie de la personne : par les familles ;
- pédagogique, avec pour objectif les apprentissages : par l'Éducation Nationale ;
- thérapeutique, avec pour objectif la santé mentale et physique de la personne : par le personnel de santé.

Une prise en charge précoce est reconnue (Wood & Eliez, 2010). Elle doit être suffisamment intensive et individualisée. L'utilisation de médicaments peut être possible mais dans le but de réduire certains symptômes sans traiter l'autisme à proprement parler.

Nous nous concentrerons ici sur la place du scolaire dans la prise en charge ainsi qu'à ses liens avec les autres acteurs.

Un ensemble d'ouvrages a été mis à disposition des équipes pédagogiques par l'éducation nationale dans les établissements scolaires afin de les accompagner dans l'accueil d'enfants avec TSA (Cercier & Tuffreau, 2012a, 2012b ; Ministère de l'Éducation nationale - Direction générale de l'Enseignement scolaire, 2009 ; Thébault, 2010).

2.3.1 Exemples de méthodes dites globales et de méthodes de communication

Deux des méthodes globales les plus couramment utilisées sont les méthodes TEACCH (Treatment and Education of Autistic and related Communication handicapped CHildren) et A.B.A (Applied Behavioral Analysis / Analyses Appliquées du comportement). La première, créée dans les années 70 aux États-Unis, est la première méthodologie d'accompagnement spécifique mise au point pour des élèves avec un retard mental et/ou sans langage. Elle est aussi appelée "éducation structurée". Elle consiste à adapter l'environnement aux spécificités cognitives constatées en : structurant le cadre spatio-temporel, se référant aux intérêts particuliers de l'enfant, et évaluant régulièrement l'évolution des compétences afin d'adapter toujours au mieux la méthodologie. La seconde approche globale, la méthode A.B.A, créée à la fin des années 80, comporte un programme de techniques de modification du comportement et du développement des compétences. Elle repose sur trois principes :

- le comportement est largement produit par l'environnement immédiat ; donc en modifiant l'environnement, on modifie le comportement ;
- le comportement est structuré par les conséquences qu'il produit ; c'est ce qui suit le comportement qui détermine s'il sera répété ;
- le comportement est structuré et maintenu de façon plus efficace par les conséquences positives que par les conséquences négatives. C'est-à-dire que si l'on félicite par exemple l'enfant après une action, celle-ci aura plus de chance de se reproduire.

Ces deux méthodes ont leurs adeptes et ses détracteurs.

Du côté de l'aide à la communication des systèmes comme PECS ou MAKATON s'appuient sur l'utilisation de pictogrammes (images sur des petites cartes). Ces derniers, souvent rangés dans de grands classeurs, sont utilisés par l'enfant pour communiquer. La différence principale entre ces deux méthodes et que, contrairement à PECS, MAKATON n'est pas un système substitutif de langage verbal mais un système qui soutient le système verbal défaillant en l'étayant avec une ou plusieurs modalités de communication. Au quotidien, dans les institutions scolaires et éducatives comme dans les familles, les encadrants créent très souvent leurs propres pictogrammes.

2.3.2 *Prise en charge scolaire*

La première étape de la prise en charge scolaire consiste en l'évaluation diagnostique afin de déterminer les objectifs pédagogiques à privilégier afin qu'ils soient au plus près de ce que peut faire l'enfant, et orienter sa formation. Une prise en charge pluridisciplinaire personnalisée est recommandée. Il est indispensable de mettre en place des stratégies pédagogiques adaptées : adaptation du langage, stratégies pédagogiques, prise en compte du comportement de l'élève.

En fonction des besoins et capacités de l'enfant, plusieurs solutions sont possibles d'un point de vue scolaire : intégration en classe ordinaire avec AVS (Auxiliaire de Vie Scolaire), intégration collective en CLIS/ULIS (CLasse pour l'Inclusion Scolaire, Unités Localisées pour l'Inclusion Scolaire), IME (Institut Médico-Éducatif) ou encore intervention du SESSAD (Service d'Éducation Spécialisée et de Soins à Domicile). Le choix du type de structure est réalisé par la MDPH (Maison Départementale des Personnes Handicapées) via la rédaction du GEVA-Sco (Grille D'ÉVALuation des besoins de compensation pour la scolarisation de l'élève handicapé, ce document regroupe une liste d'activités où chacune est notée de A à D afin de savoir si celle-ci est totalement maîtrisée ou pas du tout).

Le public avec autisme présente un ensemble d'individus ayant des besoins et des compétences très variables ; il est très hétérogène. L'ensemble du corps médical s'accorde sur le besoin d'une prise en charge précoce. L'enfant a besoin d'un cadre stable et réglé. Une activité doit être reliée à un lieu, un horaire et un ou plusieurs individus selon le type d'activité. Les différents acteurs/accompagnateurs collaborent au mieux pour offrir un cadre de vie personnalisé et adapté. Son accompagnement est, en fonction du niveau d'autisme, très ou peu présent. Il forme ainsi un contexte humain particulier sur lequel l'enfant peut s'appuyer quotidiennement.

3 EVALUER UNE APPLICATION DEDIEE A UN JEUNE PUBLIC TSA AVEC CE DERNIER

La conception et l'évaluation d'un outil quel qu'il soit, informatique ou non, repose en grande partie sur la communication entre les utilisateurs et les concepteurs. L'utilisateur exprime ses besoins, les activités qu'il souhaite réaliser avec l'outil. Il doit également être en capacité de valider les solutions proposées à la fin. Dans le cas contraire, l'outil final risque de ne pas répondre aux attentes ou ne pas être utilisable. Il est question ici de conception collaborative. Il existe un grand nombre de méthodes et techniques permettant de concevoir

et d'évaluer un outil de façon collaborative. Celles-ci seront présentées dans la première partie de cette section. Cependant ces méthodes ne sont pas applicables avec tous les publics ; dans la deuxième partie nous observerons ce qu'il en est pour un jeune public avec TSA qui rencontre entre autres des difficultés dans le cadre de la communication et des interactions sociales. Enfin dans la troisième partie nous verrons en appuyant sur notre étude de cas, comment les enfants avec TSA peuvent intervenir dans la phase d'évaluation ; comment le contexte humain, l'ensemble des accompagnants de l'enfant, peuvent le soutenir et participer eux aussi. Et nous proposerons une solution se basant sur l'adaptation de ces méthodes afin qu'elles puissent être applicables à ce public et son contexte.

3.1 Les méthodes d'évaluation classiquement utilisées

L'importance de la présence de l'utilisateur dans la conception d'outil a été mise en évidence depuis de nombreuses années (Norman & Draper, 1986). Il existe plusieurs méthodes et techniques permettant d'interagir avec les utilisateurs pendant les phases de conception et d'évaluation. Les utilisateurs ont une place centrale. L'étude de chaque personnalité ne mène pas toujours à une possible généralisation (Moffatt, Findlater, & Allen, 2006) mais offre des perspectives uniques (Fischer & Sullivan, 2002).

Antona et al. ont consacré un chapitre de l'Universal Access Handbook (Stephanidis, 2009) à répertorier les différentes méthodes et techniques potentiellement utiles et exploitables en phases de conception et d'évaluation des logiciels ainsi qu'à l'étude de leur applicabilité en fonction des profils des utilisateurs a produit une typologie se basant sur l'âge (enfant/personnes âgées) et les incapacités et/ou difficultés rencontrées par ces publics (motricité, vue, audition, cognition, communication) (Antona, Ntoa, Adami, & Stephanidis, 2009).

Pour chaque méthode, les auteurs précisent si elle est appropriée, si elle nécessite des modifications ou des ajustements, ou encore si elle n'est pas recommandée. Comme l'indique le tableau, en fonction du type de public, les méthodes disponibles sont restreintes. Par exemple toutes les méthodes et techniques reposant sur les échanges verbaux sont non recommandées pour un public présentant des difficultés de communication. De plus, il est possible que le public présente plusieurs particularités. Alors dans ce cas les colonnes sont fusionnées : par exemple une personne âgée ayant des difficultés motrices comme c'est le cas pour les personnes atteintes de la maladie de Parkinson.

Tableau 2. Tableau récapitulatif des méthodes de conception et d'évaluation en fonction du type de public (source : Summary of User Requirements Elicitation Methods, The Universal Handbook (15-10))

Méthodes et techniques	Incapacités/difficultés				Age	
	Motricité	Vue	Audition	Cognitive / communication	Enfant	Personne âgée
Brainstorming	✓	✓	■	■	■	■
Observation directe	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Agendas d'activités	■	■	✓	■	■	✓
Enquêtes et questionnaires	■	■	■	☒	■	■
Entretiens	✓	✓	■	☒	■	■
Groupes de discussions	✓	✓	■	☒	■	■
Modélisation empathique	✓	✓	✓	☒	☒	☒
Essais de l'utilisateur	■	■	■	■	■	■
Scénarios, storyboards et personas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Prototype	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Conception coopérative participative	✓	✓	✓	■	■	■

✓ Approprié

■ Nécessite des modifications et ajustements

☒ Non recommandé

La fusion des colonnes enfant et difficultés de communication suffit-elle pour identifier les méthodes et techniques applicables pour un jeune public avec TSA ?

3.2 Applicabilité des méthodes pour un jeune public avec TSA

Pour ce qui est des jeunes publics, les travaux d'Allison Druin (Druin, 2002 ; Druin, Fails, & Guha, 2014 ; Hutchinson, Bederson, & Druin, 2005) mettent en évidence deux faits. Le premier est que le jeune public a sa propre perception de l'outil. Un adulte ne perçoit pas l'interface de la même manière. Ce qui pour l'adulte ne semble pas intuitif peut très bien l'être pour l'enfant. Le second est la place de l'enfant dans la conception coopérative d'outils numériques. En effet, les enfants montrent un grand intérêt à participer aux différentes étapes de la conception, aussi bien dans les phases en amont (brainstorming, prototypage, groupes de discussions, entretiens) que dans les phases de tests et de validation.

Frauenberger (Frauenberger, Good, & Alcorn, 2012 ; Frauenberger, Good, Alcorn, & Pain, 2012 ; Frauenberger, Good, & Keay-Bright, 2011) s'intéresse quant à lui à la conception et l'évaluation d'outils avec des enfants TED. Il conclut en précisant que la conception pour les enfants TED peut être lourde et qu'il est nécessaire d'alléger cet exercice. Il insiste sur le fait qu'il faut garder à l'esprit que les enfants TED doivent être considérés comme des enfants et ne doivent pas seulement être définis via leurs handicaps.

Dans notre cas, notre public est au croisement de deux colonnes du tableau 2. En effet il est composé d'enfants présentant des difficultés dans les cadres de la communication et des

interactions sociales. Toutefois, nous souhaitons qu'il participe à l'évaluation d'un outil qui lui est dédié.

Certaines méthodes peuvent être appliquées. L'observation directe en est une. Davies et son équipe (Davies, Marcella, McGrenere, & Purves, 2004) ont montré que cette méthode ne repose pas sur les capacités de communication des participants. Cependant, le cadre de vie d'un enfant avec TSA est borné. Les lieux, activités et intervenants sont clairement identifiés. Il n'est pas imaginable d'intervenir dans ce cadre de vie sans y avoir été préalablement invité. Vivian Hill et son équipe (Hill et al., 2016), dans leur étude en classe avec tout type d'élève, ont précisé que dans le cas où les enfants présentent des TSA, il est nécessaire que les personnes extérieures rencontrent précédemment les encadrants également les enfants, lors d'activités non structurées. Ces exercices ayant pour but d'instaurer un climat de confiance entre les différents partis. L'utilisation de prototypes est également possible. Il peut être utilisé par les utilisateurs finaux (Beaudouin-Lafon & Mackay, 2002). Or le public TSA a des difficultés d'abstraction et de généralisation ; la possibilité de manipulation de l'outil est donc indiquée pour lui. Les enfants avec TSA préfèrent un prototype abouti plutôt qu'une maquette de type papier qui n'est pas suffisamment concrète.

Les activités orientées autour de la communication comme le brainstorming ou les groupes de discussion ou encore les entretiens, ne peuvent pas être mises en application dans l'état. L'appui sur des pictogrammes, comme présenté précédemment (Hill et al., 2016), peut faciliter la communication. Cependant la communication en groupe reste un problème. Les institutrices rencontrées témoignent d'une mauvaise écoute des enfants entre eux, mais également la difficulté à comprendre que l'interlocuteur puisse avoir un avis différent. Elles signalent que cela est dû à une des particularités du public qui est la difficulté de « se mettre à la place de ». De plus, la difficulté à parler d'un outil abstrait, non tangible, non manipulable rend l'exercice d'autant plus compliqué pour l'enfant TSA.

Enfin, certaines méthodes sont totalement à proscrire. La modélisation empathique par exemple, qui consiste à se mettre à la place de l'utilisateur en simulant ses handicaps (porter des lunettes déformantes pour simuler un problème de vue par exemple), (Pastalan, 1982) n'est pas possible ici, l'autisme, étant donnée sa complexité, n'est pas simulable.

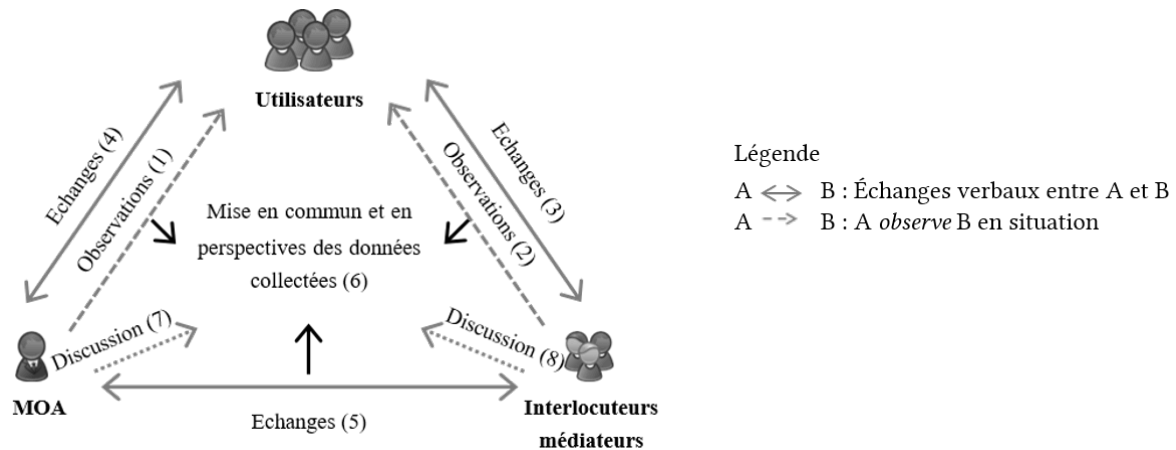
Impliquer l'enfant avec TSA, dans les phases de conception et d'évaluation, a montré par exemple qu'il est en capacité de participer dans les différentes étapes mais qu'il a besoin d'être aidé par les personnes l'accompagnant pour l'appuyer ou lui servir de médiateur (Magnier, Fage, Etchegoyhen, Consel, & Sauzéon, 2015). Les choix et adaptations de méthodes et techniques plutôt que d'autres doivent être fait (Fails, Guha, & Druin, 2012). Peu de ces méthodes sont applicables sans modification ou adaptation. Et certaines ne sont pas envisageables, la communication difficile du public en étant la principale cause. De Leo et Leroy ont rencontré cette difficulté (De Leo & Leroy, 2008). Les exercices reposant sur la communication ne sont alors pas menés par les enfants mais par les professionnels et les encadrants.

3.3 Proposition d'une méthode d'évaluation en appui sur le contexte humain

Comme nous l'avons vu dans la section 2.2, les enfants avec TSA bénéficient d'un encadrement important, que ce soit au niveau familial, médical ou scolaire. Ces personnes connaissent le public, ses spécificités et ses besoins. Elles peuvent accompagner l'enfant dans la démarche d'évaluation et fournir les informations manquantes que les enfants ne peuvent pas exprimer. Leurs rôles sont alors de différentes natures : accompagnant, médiation, interlocuteur avec les ingénieurs responsables de l'évaluation. Ces personnes peuvent ainsi être des interlocuteurs médiateurs (Guffroy, 2017a) dans la démarche d'évaluation. Ces derniers n'interviennent alors non pas en substitution mais en complément. Les enfants participent eux aussi à la hauteur de leurs capacités, durant des activités encadrées et limitées dans le temps. Les interlocuteurs médiateurs quant à eux soutiennent les enfants en les accompagnant quotidiennement et fournissent un ensemble d'informations

grâce à leur expertise mais aussi à partir de ce qu'ils peuvent observer au contact des utilisateurs. Quelles places vont donc avoir les enfants avec TSA, et les interlocuteurs médiateurs dans la phase d'évaluation ? La figure 2 présente notre proposition d'évaluation d'applications numériques fondées sur les interactions entre les différents acteurs de la phase d'évaluation d'une application interactive : les utilisateurs (enfants avec TSA), les interlocuteurs médiateurs, et la MOA (Maîtrise d'OuvrAge, ingénieurs porteurs du projet et responsables du recueil de données, de la validation et intermédiaires entre les utilisateurs et les développeurs).

Figure 2. Modélisation des interactions entre acteurs dans la phase d'évaluation d'une application interactive en contexte spécifique



3.3.1 Phases (1 et 2) d'observation des utilisateurs

L'activité est observée au sens de Vygotsky (Vygotsky, 1981), c'est-à-dire un sujet, l'enfant, utilisant un artefact, l'outil numérique, en vue d'atteindre un but, réaliser la ou les tâches proposées par l'application. Cependant, Engeström considère que l'activité est inscrite dans un contexte (Engeström, 1987), décrit par une communauté régie par des règles où chacun a une place précisément définie. L'intervenant MOA, après avoir réalisé une phase de mise en confiance, est considéré comme faisant partie de cette communauté, au même titre que les interlocuteurs médiateurs, chacun ayant un rôle défini. Deux types d'acteurs interviennent donc potentiellement comme observateurs des relations entre le sujet, l'enfant et l'objet, l'outil à évaluer. N'ayant ni les mêmes objectifs, ni les mêmes grilles de lecture, ni même la même implication dans la communauté, la MOA et les interlocuteurs médiateurs observent au final des choses différentes pour une même activité de l'enfant.

Les observations de l'ingénieur MOA (1) portent essentiellement sur l'usage de l'outil dans son contexte d'utilisation à l'occasion de sessions dédiées. Il peut ainsi noter quand, pourquoi et comment l'outil est utilisé, y compris en situation critique, et détailler les interactions que les utilisateurs développent avec leur outil, et en conséquence avec leur environnement. Pour ce type d'observation menée régulièrement in situ par la MOA, le protocole est relativement précis, détaillé, et se rapproche des situations d'expérimentation en laboratoire où sont précisément définis le lieu, le moment, la durée et le scénario de la tâche visant à tester l'application. Les différents utilisateurs du panel ont alors les mêmes tâches à accomplir, dans le même cadre et dans des conditions identiques. Ce type de protocole permet de comparer par la suite les informations recueillies.

Les interlocuteurs médiateurs sont par définition présents en continu lorsque les utilisateurs manipulent l'outil. Ils ont la possibilité d'observer (2) les utilisateurs à tout moment, sans que ces derniers en aient conscience. Ils peuvent ainsi observer les usages de l'outil en contexte, et détecter les changements de comportement qui peuvent apparaître.

3.3.2 Phases (3-4-5) d'échanges entre les acteurs

Les interlocuteurs médiateurs interviennent au quotidien comme accompagnateurs auprès des utilisateurs. Les échanges qui sont verbaux ou non (expression faciale, posture) (3) sont dans ces conditions souvent informels. Si les utilisateurs rencontrent des difficultés avec l'outil, ils viennent « naturellement » en parler à leur entourage habituel. Les interlocuteurs médiateurs ont alors un rôle à jouer en termes de collecte des sujets abordés lors de ces échanges avec les utilisateurs.

Plus occasionnellement, les utilisateurs peuvent être amenés à discuter avec la MOA (4), lors des sessions d'observation, en décrivant ce qu'ils sont en train de faire par exemple, ou de manière plus informelle, en signalant les difficultés qu'ils ont rencontrées depuis la dernière séance. Dans ces situations, des supports à la communication, tels que les pictogrammes, peuvent alors être utilisés pour échanger avec les utilisateurs.

Les échanges entre les interlocuteurs médiateurs et la MOA (5) ont lieu à la fois en amont et en aval des interventions de la MOA, afin de préciser le protocole à suivre et de mieux comprendre « ce qui se passe » pendant les sessions de travail et au quotidien. Ces échanges permettent également à la MOA d'accompagner les interlocuteurs médiateurs dans leur rôle et dans la compréhension de l'outil.

3.3.3 Analyse croisée des données récoltées (6-7-8)

En alternance avec les phases d'observation et d'échanges in situ, des réunions de travail organisées entre la MOA et les interlocuteurs médiateurs (6) permettent de répondre aux objectifs de l'évaluation : vérifier l'accessibilité et l'utilisabilité de l'application numérique. L'analyse croisée des données disponibles permet de répondre aux questions portant à la fois sur les fonctionnalités de l'outil, sur son ergonomie et sur le comportement des utilisateurs vis-à-vis de l'application. Chaque contributeur apporte son expertise : la MOA identifie les informations utiles à l'évaluation de l'application (7) tandis que les interlocuteurs médiateurs replacent ces informations dans le contexte de l'expérimentation (particularités et besoin du public) (8).

Cette méthodologie d'évaluation dédiée à un public spécifique permet potentiellement de répondre aux objectifs de l'évaluation tout en tenant compte des spécificités du public cible et de son environnement quotidien.

4 MISE A L'ESSAI DE LA METHODE D'EVALUATION PROPOSEE

La proposition de méthodologie d'évaluation présentée ci-dessus a été mise à l'essai dans le cadre de l'évaluation de l'application çATED d'avril 2014 à juin 2015 dans une ULIS TED.

4.1 Cadre de la mise à l'essai

L'application évaluée est l'application çATED décrite plus haut (solution d'aide à l'autonomisation grâce à un emploi du temps numérique paramétrable, s'appuyant sur les outils classiquement utilisés par les enfants avec TSA, c'est-à-dire les pictogrammes et le time timer). Cet outil peut être utilisée dans différents contextes (familial, scolaire, ...) et de façon ponctuelle ou quotidienne. Dans le cas de la présente étude, l'application est utilisée sur le temps scolaire et suit l'enfant dans l'ensemble de ses activités à l'école.

Les enfants qui ont participé à l'évaluation de l'application avaient entre 6 et 11 ans. Les élèves des ULIS TED présentent généralement des profils relativement proches. Sur les cinq enfants de l'étude, un était non verbal tandis que les quatre autres arrivaient à échanger verbalement. Tous rencontraient des difficultés plus ou moins importantes au niveau des interactions sociales. En classe, les enfants étaient encadrés par une institutrice et deux AVS (Auxiliaires de Vie Scolaire).

L'étude de cas est découpée en trois parties, l'évaluation de l'application initiale (d'avril 2014 à mars 2015 soit 36 semaines), le développement de la nouvelle version (d'août 2014 à mars 2015) et l'évaluation de celle-ci (d'avril à juin 2015 soit 12 semaines).

4.2 Déroulement de la mise à l'essai

Avant le début de la phase d'évaluation, une phase d'immersion de l'intervenante a été réalisée afin d'instaurer un climat de confiance entre les enfants et celle-ci. Cette étape préliminaire a duré deux mois, à raison d'une demi-journée par semaine. Pendant cette période l'intervenante participait à l'ensemble des activités de la classe et en co-encadrait certaines (Image 2 gauche). Au terme de cette étape, les enfants étaient à l'aise avec celle-ci et agissaient en classe comme à leur habitude sans modification du comportement.

Image 2. Activité écriture sur tablette co-encadrée par l'institutrice (gauche). Atelier sur çATED (droite)



Après la mise à disposition du matériel (iPad avec l'application installée) dans la structure, les ateliers ont pu débuter. Un atelier durait 20 minutes (durée moyenne des autres activités de la structure), pendant lesquelles l'intervenante encadrait un enfant, qui sur sa propre tablette devait saisir son emploi du temps via l'application çATED (Image 2 droite). Des échanges occasionnels avec les élèves pouvaient avoir également lieu en dehors des ateliers, les enfants décrivant alors les problèmes rencontrés au quotidien sur l'application. Durant le restant de la semaine seul l'équipe pédagogique (composée de l'institutrice et des deux AVS) échangeait avec les enfants sur l'application, toutes les informations recueillies pendant ces exercices étaient consignées dans un cahier de liaison laissé en libre accès dans la structure.

Les échanges entre l'intervenante et l'équipe pédagogique avaient lieu chaque semaine en amont et en aval des ateliers. L'équipe pédagogique s'est rapidement investie, posant des questions et notant quotidiennement ce qu'elle observait. À la fin des sessions de travail, l'intervenante et l'équipe pédagogique ont mis en commun leurs informations et ont repris ces dernières, une à une, afin de les présenter et de les commenter ; chaque personne présente apportant son expertise, l'intervenante, l'expertise informatique et l'équipe pédagogique l'expertise sur le public.

Au terme de cette évaluation une nouvelle version de l'application a été développée. Cette nouvelle version a également été évaluée en suivant le même protocole (même public, même ateliers).

Cette mise en situation a permis de relever un ensemble de retours sur la mise en place de cette méthodologie. La phase préliminaire d'immersion est essentielle, elle permet aux

enfants d'accepter une nouvelle personne dans leur environnement, leur comportement n'est ainsi plus parasité. Elle permet également à l'intervenant d'anticiper le déroulement et d'adapter les ateliers (durée, localisation, comportement à adopter). Il est important d'expliquer à chacun son rôle, et particulièrement aux enfants, ils sont acteurs de cette co-conception. Cette prise de conscience permet d'avoir d'autres retours des enfants. Par exemple, lors d'une activité autour du mode d'emploi de l'application, certains enfants ont choisi certains termes plutôt que d'autres pour que "les autres enfants comprennent aussi", ils sont passés de retours pour eux-mêmes à des retours pour les autres. Les réunions de travail régulières entre les interlocuteurs médiateurs et l'intervenant, au-delà d'échanger et de centraliser les retours et observations, permettent également d'accompagner les interlocuteurs médiateurs dans la démarche, eux-aussi ont besoin de se sentir en confiance, tout comme les enfants. C'est pour cette raison que la disponibilité de l'intervenant est primordiale. Pour que la mise en pratique se déroule dans les meilleures conditions les mots d'ordre sont investissement, disponibilité, accompagnement et adaptation.

4.3 Bilan de la mise à l'essai de la méthodologie d'évaluation proposée

Cette mise à l'essai de la méthodologie d'évaluation proposée a mis en évidence la nécessité de la pré-phase d'immersion. En effet, sans celle-ci, le comportement des enfants n'est pas naturel : la présence d'une personne étrangère dans la structure apporte un biais dans les observations.

Lors de l'analyse croisée des données récoltées, il est apparu que les types d'informations recueillies sont fortement corrélés à la source et qu'il n'y a que peu de redondance d'information. Les retours fournis par les enfants portaient principalement sur le visuel de l'application (esthétisme, placement et taille des composants) critiquant en se référant parfois aux visuels auxquels ils étaient habitués avec d'autres outils. L'équipe pédagogique a fourni des informations sur la charge de travail, l'homogénéité et la cohérence de la tâche, argumentant ses remarques des connaissances qu'il a du public, comme par exemple la fatigue que les enfants peuvent avoir à réaliser ce type d'activité ou encore leurs besoins d'avoir des actions découpées en tâches précises et cohérentes. L'intervenante, quant à elle, a apporté des informations sur le guidage et la gestion des erreurs ; les difficultés motrices des enfants leur faisant faire des actions non désirées sur l'application, ils changeaient d'écran sans être averti, perdant parfois le travail en cours, et sans comprendre pourquoi ils étaient sur un nouvel écran.

Cette étude de cas a permis de vérifier la légitimité de la place et du rôle de chacun des trois types d'acteurs (l'utilisateur, interlocuteurs médiateurs et l'ingénieur). Les informations recueillies par chacun se complètent et permettent un recueil de besoins et retours plus complet que si celui-ci avait eu lieu de manière classique, c'est-à-dire sans tenir compte de l'écosystème. Écosystème au sens de personnes accompagnant l'utilisateur dans une activité précise, par exemple dans le cas d'une activité à la maison, l'écosystème est la famille, tandis que pour une activité à l'école, l'écosystème sera l'équipe pédagogique par exemple. Les projets CECI (Contrôle d'Environnement et Communication Intégrée) (Vella, Sauzin, Truillet, & Vigouroux, 2014) et ComMob (Communication et Mobilité) (Guerrier, Naveteur, Kolski, & Poirier, 2014) qui se sont également intéressés à la conception de dispositifs à destination de publics présentant des handicaps en proposant un modèle de conception centré sur l'utilisateur et son écosystème (ici les interlocuteurs médiateurs) arrivent aux mêmes conclusions sur la légitimité de la participation des trois types d'acteurs (Guffroy et al., 2018 ; Guffroy, Vigouroux, Kolski, Vella, & Teutsch, 2017) .

5 CONCLUSION

La conception et l'évaluation d'un outil sont des étapes qui impactent fortement l'utilité et l'utilisabilité de celui-ci. L'implication des utilisateurs finaux dans ces étapes est conseillée. Cependant, même si de nombreuses méthodes et techniques existent, peu d'entre elles sont

utilisables avec un jeune public avec TSA. Les particularités et difficultés de celui-ci, en particuliers les difficultés rencontrées dans les domaines de la communication et des interactions sociales empêchent de mettre en place ces méthodes. Or ce public particulier bénéficie d'un encadrement et un suivi humain riche. Ces encadrants, qui côtoient et connaissent ce public, peuvent alors être considérés comme des interlocuteurs médiateurs. Ils ne remplacent pas l'utilisateur dans les démarches de conception et évaluation mais interviennent en complément et ont des réels places et rôles dans la démarche. Notre démarche propose donc une méthode fondée non pas sur deux types d'acteurs, les utilisateurs et la MOA, mais sur trois en y associant les interlocuteurs médiateurs qui ont alors un rôle de soutien, d'expertise et d'observateur.

Cette méthode d'évaluation a été mise à l'essai en ULIS TED (Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire pour des enfants avec des Troubles du Spectre Autistique) pendant un an et demi, sur deux années scolaires (Guffroy, Leroux, & Teutsch, 2017). Les utilisateurs étaient représentés par 5 enfants (de 6 à 11 ans), les interlocuteurs médiateurs par une institutrice et deux AVS (Auxiliaire de Vie Scolaire), et une ingénieure MOA. Cette étude de cas a permis de montrer l'apport de chacun des acteurs avec une différenciation en fonction du type. Ainsi, les élèves ont fourni des retours portant principalement sur le visuel de l'application (esthétisme, placement et taille des composants). L'équipe pédagogique a fourni des informations sur la charge de travail, l'homogénéité et la cohérence de la tâche, argumentant ses remarques des connaissances qu'elle a du public. La maîtrise d'ouvrage, quant à elle, a apporté des informations sur le guidage et la gestion des erreurs. Ce constat permet de confirmer la nécessité des trois types d'acteurs dans la démarche d'évaluation.

LES PERSPECTIVES D'APPLICATION DE CETTE RECHERCHE :

- ✓ Lors de multiples itérations de cette méthode d'évaluation en sein d'un même projet avec les mêmes acteurs, la nécessité des trois catégories est-elle nécessaire ? Y a-t-il un effet d'apprentissage ? Les interlocuteurs médiateurs ne peuvent-ils pas, seuls, recueillir les retours in situ ?
- ✓ Afin de d'étendre la méthode d'évaluation proposée à l'ensemble du cycle de conception, il serait intéressant de réaliser sa mise en œuvre dès le début du projet et ainsi définir les rôles de chacun des acteurs à chaque étape.
- ✓ Les études réalisées dans ce domaine (ComMob et CECI par exemple) arrivent à des conclusions similaires. Une centralisation des ces études et résultats permettrait de tendre à une proposition commune, vers un modèle de conception étendu afin d'intégrer les utilisateurs présentant des handicaps.

6 REMERCIEMENTS

Cette recherche est effectuée dans le cadre du projet « çATED-autisme » qui est mené par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs en éducation et en informatique des Universités de Nantes et du Mans, regroupés au sein du Centre de Recherche en Éducation de Nantes (CREN-EA 2661), par les professionnels du Centre de Ressources Autisme des Pays de la Loire (CRA), par une équipe hospitalo-universitaire de l'Université d'Angers et par des ingénieurs de la société SII Ouest Centre Atlantique. Nous tenons à remercier ces partenaires, ainsi que les enfants, l'institutrice et les AVS de l'ULIS, de nous avoir si chaleureusement accueillis et de s'être investis dans ce projet.

7 REFERENCES

- ▶ American Psychiatric Association. (2000). DSM-IV (American Psychiatric Association). (S.I.) : (s.n.).
- ▶ American Psychiatric Association. (2013). DSM-V (American Psychiatric Association). (S.I.) : (s.n.).
- ▶ ANCRA - Association Nationale des Centres Ressources Autisme. (s.d.). Centre Ressources Autisme Pays de la Loire. Repéré à <http://www.autismes.fr/>

- ▶ Antona, M., Ntoa, S., Adami, I., & Stephanidis, C. (2009). Chapter 15 - User Requirements Elicitation for Universal Access. Dans *The Universal Access Handbook* (pp. 15-1-14). (S.I.) : CRC Press.
- ▶ Asperger, H. (1944). Die « Autistischen Psychopathen » im Kindesalter, *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*(117), 76-136.
- ▶ Beaudouin-Lafon, M., & Mackay, W. E. (2002). Prototyping Tools and Techniques. Dans *The Human-computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications Books Contents* (pp. 1006-1031). Hillsdale, NJ, USA : L. Erlbaum Associates Inc.
- ▶ Bleuler, E. (1912). La découverte de l'autisme. (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Centre Ressources Autisme Pays de la Loire. (s.d.). Centre Ressources Autisme Pays de la Loire. Repéré à <http://www.cra-paysdelaloire.fr/>
- ▶ Cercier, E., & Tuffreau, F. (2012a). Scolarisation des enfants avec autisme ou autres troubles envahissants du développement - 2 - L'opinion des professionnels de l'accompagnement médico-éducatif. (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Cercier, E., & Tuffreau, F. (2012b). Scolarisation des enfants avec autisme ou autres troubles envahissants du développement - 3 - L'opinion des enseignants. (S.I.) : (s.n.).
- ▶ CRAIF - Centre de Ressources Autisme Ile-de-France. (s.d.). CRAIF - Centre de Ressources Autisme Ile-de-France. Accédé à <http://www.craif.org/>
- ▶ Davies, R., Marcella, S., McGrenere, J., & Purves, B. (2004). The Ethnographically Informed Participatory Design of a PD Application to Support Communication. Dans *Proceedings of the 6th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 153–160). New York, NY, USA : ACM. <https://doi.org/10.1145/1028630.1028658>
- ▶ De Leo, G., & Leroy, G. (2008). Smartphones to Facilitate Communication and Improve Social Skills of Children with Severe Autism Spectrum Disorder: Special Education Teachers As Proxies. Dans *Proceedings of the 7th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 45–48). New York, NY, USA : ACM. <https://doi.org/10.1145/1463689.1463715>
- ▶ Druin, A. (2002). The role of children in the design of new technology. *Behaviour & Information Technology*, 21(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/01449290110108659>
- ▶ Druin, A., Fails, J. A., & Guha, M. L. (2014). Including Children in Technology Design Processes: Techniques and Practices. Dans *CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1021-1022). New York, NY, USA. <https://doi.org/10.1145/2559206.2567819>
- ▶ Engeström, Y. (1987). Towards an expansive methodology. Dans *Learning by Expanding: An Activity - Theoretical Approach to Developmental Research* (pp. 247-257). Helsinki : Orienta-Konsultit : (s.n.).
- ▶ Fails, J. A., Guha, M. L., & Druin, A. (2012). Methods and Techniques for Involving Children in the Design of New Technology for Children. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 6(2), 85-166. <https://doi.org/10.1561/1100000018>
- ▶ Fischer, G., & Sullivan, J. F. J. (2002). Human-Centered Public Transportation Systems for Persons with Cognitive Disabilities - Challenges and Insights for Participatory Design. Communication présentée au Participatory Design Conference PDC'02, Malmö University (Sweden).
- ▶ Frauenberger, C., Good, J., & Alcorn, A. (2012). Challenges, opportunities and future perspectives in including children with disabilities in the design of interactive technology. Dans *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 367-370). <https://doi.org/10.1145/2307096.2307171>
- ▶ Frauenberger, C., Good, J., Alcorn, A., & Pain, H. (2012). Supporting the design contributions of children with autism spectrum conditions. Dans *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 134-143). <https://doi.org/10.1145/2307096.2307112>

- ▶ Frauenberger, C., Good, J., & Keay-Bright, W. (2011). Designing technology for children with special needs: bridging perspectives through participatory design. *CoDesign*, 7(1), 1-28. <https://doi.org/10.1080/15710882.2011.587013>
- ▶ 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. Dans K. Miesenberger, D. I. Fels, D. Archambault, P. Penáz, & W. L. Zagler (Éds), *Computers Helping People with Special Needs - 14th International Conference, ICCHP 2014, Paris, France, July 9-11, 2014, Proceedings, Part I* (Vol. 8547, pp. 419–426). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08596-8_64
- ▶ Guffroy, M. (2017a). Adaptation de méthodes d'évaluation dans le cadre de la conception d'une application numérique pour un jeune public avec troubles du spectre autistique - Étude au cours de la conception et de l'évaluation de l'application çATED au sein d'une ULIS TED. Thèse de doctorat. Université du Mans, Le Mans. Repéré à <http://www.theses.fr/s84867>
- ▶ Guffroy, M. (2017b). Adaptation des méthodes d'évaluation classiques à un jeune public avec Troubles du Spectre Autistique (pp. 53-60). Communication présentée au 29ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, Poitiers : ACM. <https://doi.org/10.1145/3132129.3132140>
- ▶ Guffroy, M., Guerrier, Y., Kolski, C., Vigouroux, N., Vella, F., & Teutsch, P. (2018). Adaptation of User-Centered Design Approaches to Abilities of People with Disabilities. Dans K. Miesenberger & G. Kouroupetroglou (Éds), *Computers Helping People with Special Needs* (pp. 462-465). Springer International Publishing.
- ▶ Guffroy, M., Leroux, P., & Teutsch, P. (2017). Évaluer une application numérique pour et avec des élèves avec Troubles du Spectre Autistique. Dans 8ème Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH 2017) (pp. 53-64). Strasbourg.
- ▶ Guffroy, M., Vigouroux, N., Kolski, C., Vella, F., & Teutsch, P. (2017). From Human-Centered Design to Disabled User & Ecosystem Centered Design in Case of Assistive Interactive Systems. *International Journal of Sociotechnology and Knowledge Development*, 9, 28-42. <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2017100103>
- ▶ Hill, V., Croydon, A., Greathead, S., Lorcan, K., Yates, R., & Pellicano, E. (2016). Research methods for children with multiple needs: Developing techniques to facilitate all children and young people to have « a voice ». *Educational & Child Psychology*, 33(3), 26-43.
- ▶ Hutchinson, H. B., Bederson, B. B., & Druin, A. (2005). *Interface Design for Children's Searching and Browsing*. U. of MD HCL.
- ▶ Kanner, L. (1943). Autistic Disturbances of Affective Contact, *Nervous Child* 2, 217-250.
- ▶ Magnier, C., Fage, C., Etchegoyhen, K., Consel, C., & Sauzéon, H. (2015). Utilisation de la conception centrée utilisateur dans les applications pour les enfants avec troubles du spectre autistique - Vers des outils d'inclusion en classe ordinaire. Communication présentée au Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives CJCSC 2015, Compiègne, France.
- ▶ Ministère de l'Éducation nationale - Direction générale de l'Enseignement scolaire. (2009). *Scolariser les élèves autistes ou présentant des troubles envahissants du développement (CNDP)*. (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Misès, R., Botbol, Bursztejn, C., Coinçon, Y., Durand, B., Garret-Gloanec, N., ... Thévenot, J.-P. (2012). *CFTMEA - Classification Française des Troubles Mentaux de l'Enfant et de l'Adolescent - R2012* (EHESP-5ème édition). (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Moffatt, K., Findlater, L., & Allen, M. (2006). Generalizability in Research with Cognitively Impaired Individuals. Dans *Workshop on Designing for people with cognitive impairments*. Montréal (Canada).
- ▶ Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*. Hillsdale, NJ, USA : L. Erlbaum Associates Inc.
- ▶ OMS. (2015). *CIM10 (Classification Internationale des Maladies)*. (S.I.) : (s.n.).

- ▶ Pastalan, L. A. (1982). Environmental design and adaptation to the visual environment of the elderly. Dans *Aging and Human Visual Function* (pp. 323-333). New York : A.R. Liss.
- ▶ Stephanidis, C. (2009). *The Universal Access Handbook*. (S.I.) : CRC Press.
- ▶ Thébault, E. (2010). *Scolarisation des enfants avec autisme ou autres troubles envahissants du développement - 1 - L'opinion des parents*. (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Vella, F., Sauzin, D., Truillet, F. P., & Vigouroux, N. (2014). Design and Evaluation of Multi-function Scanning System: A Case Study. Dans K. Miesenberger, D. I. Fels, D. Archambault, P. Penáz, & W. L. Zagler (Éds), *Computers Helping People with Special Needs - 14th International Conference, ICCHP 2014, Paris, France, July 9-11, 2014, Proceedings, Part II* (Vol. 8548, pp. 188–194). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08599-9_29
- ▶ Vygotsky, L. (1981). The instrumental method in psychology. Dans *The concept of activity in Soviet psychology* (pp. 134-143). (S.I.) : (s.n.).
- ▶ Wing, L. (1985). *Autistic Children: a guide for parents and professionals* (Psychology Press). New York : (s.n.).
- ▶ Wood, H., & Eliez, S. (2010). Diagnostic et prise en charge précoces des enfants avec autisme. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, 16, 37-42.

8 BIOGRAPHIE



Marine GUFFROY

est docteur en Informatique. Elle a soutenu sa thèse en Informatique en avril 2017 à l'Université du Mans. Intégrée au laboratoire du CREN (Centre de Recherche en Éducation de Nantes), ses travaux se situent dans le domaine de l'Interaction Homme-Machine et plus particulièrement aux problématiques d'adaptation des méthodes d'évaluation classique à public spécifique, les enfants avec TSA (Troubles du Spectre Autistique).



Pascal LEROUX

Docteur en informatique, Pascal Leroux devient maître de conférences en 1996. Il obtient l'habilitation à diriger des recherches à l'Université du Maine en 2002 et devient professeur des universités en 2003. Il est chercheur dans le domaine des environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH) au CREN (Centre de Recherche en Éducation de Nantes) dont il est actuellement co-directeur. Pascal Leroux a été Directeur de l'IUP (Institut Universitaire professionnalisé) MIME de 2003 à 2006 puis Responsable du Département Informatique de l'Université du Maine de 2006 à 2007 avant d'être directeur de l'École Nationale d'Ingénieurs du Mans de 2007 à 2017. Il est l'auteur de plus de 70 publications sur les environnements de coopération personne/machine, la conception d'EIAH supports d'activités de projets collectifs, le soutien informatique aux tuteurs de formation en ligne et aux enseignants en classe et l'ingénierie éducative en Robotique Pédagogique.



Philippe TEUTSCH

est maître de conférences en informatique à l'Université du Maine (Le Mans) depuis 1994. Ses enseignements portent sur la conception, l'analyse et la mise en œuvre d'environnements numériques dédiés à la formation. Ses recherches au CREN (Centre de Recherche en Education de Nantes) portent sur les concepts, méthodes et outils liés aux dispositifs de formation médiatisée, en particulier les interfaces support à l'interaction tutorale en situation de formation à distance.

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

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 athéto-sique. Journal d'Interaction Personne-Système, Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM), 2018, Volume 6, Number 1 (1), pp.1-45. hal-01433734v3

HAL Id: hal-01433734

<https://hal.archives-ouvertes.fr/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.

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 Infirmes Moteurs Cérébraux (IMC) athétosiques. 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 dédiés 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, infirmes moteurs cérébraux, 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*

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 considérerons 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 dédiés 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 Infirmes 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 maîtrisé. 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 XIX^{ème} 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] [Hunnicut, 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

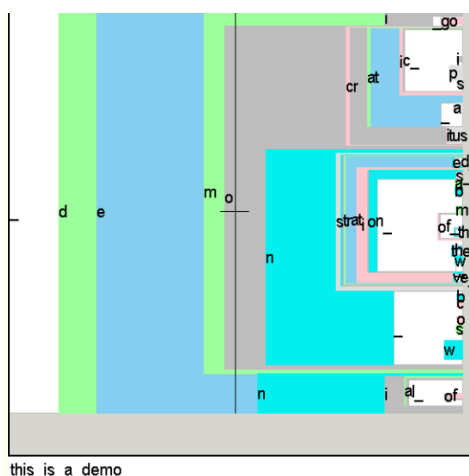


3.1.1 Le clavier Dasher

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



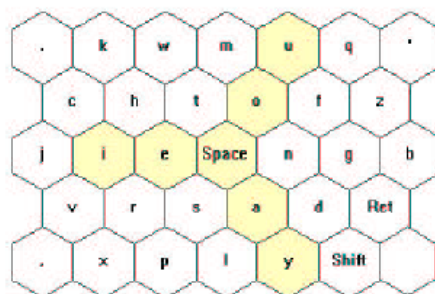
3.1.2 Le clavier Metropolis

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

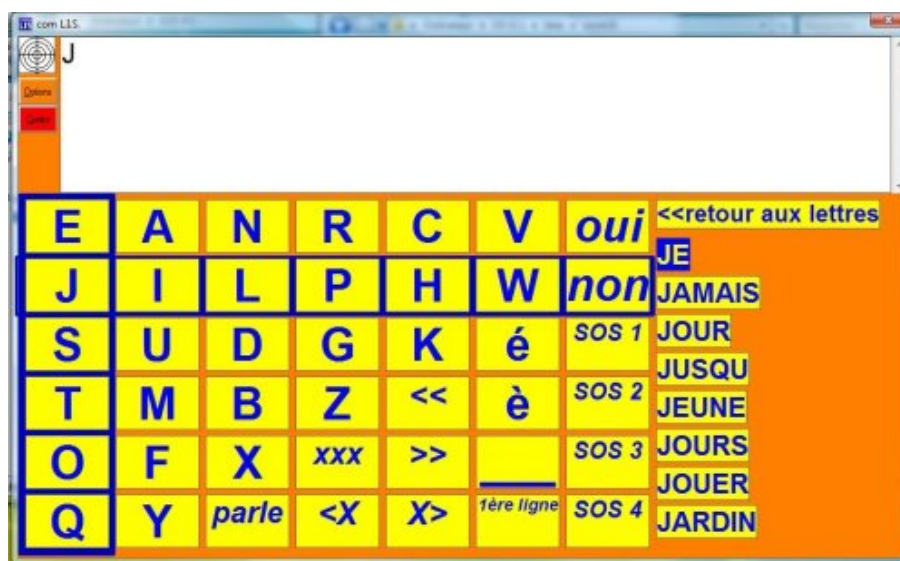
the	e	t	o	s	c	m	
and	a	n	i	u	h	f	
you	r	l	p	y	v	x	
if	d	g	b	w	k	j	
is	.	,	'	-	q	z	
of	Shift	←↵	↵→	Caps	Ctrl	Alt	
123	?@&	Menu	Task	Start	Profile	Scan+	Scan-
	< >	< >	OK?	@www	F1/#1	???	Exit

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.

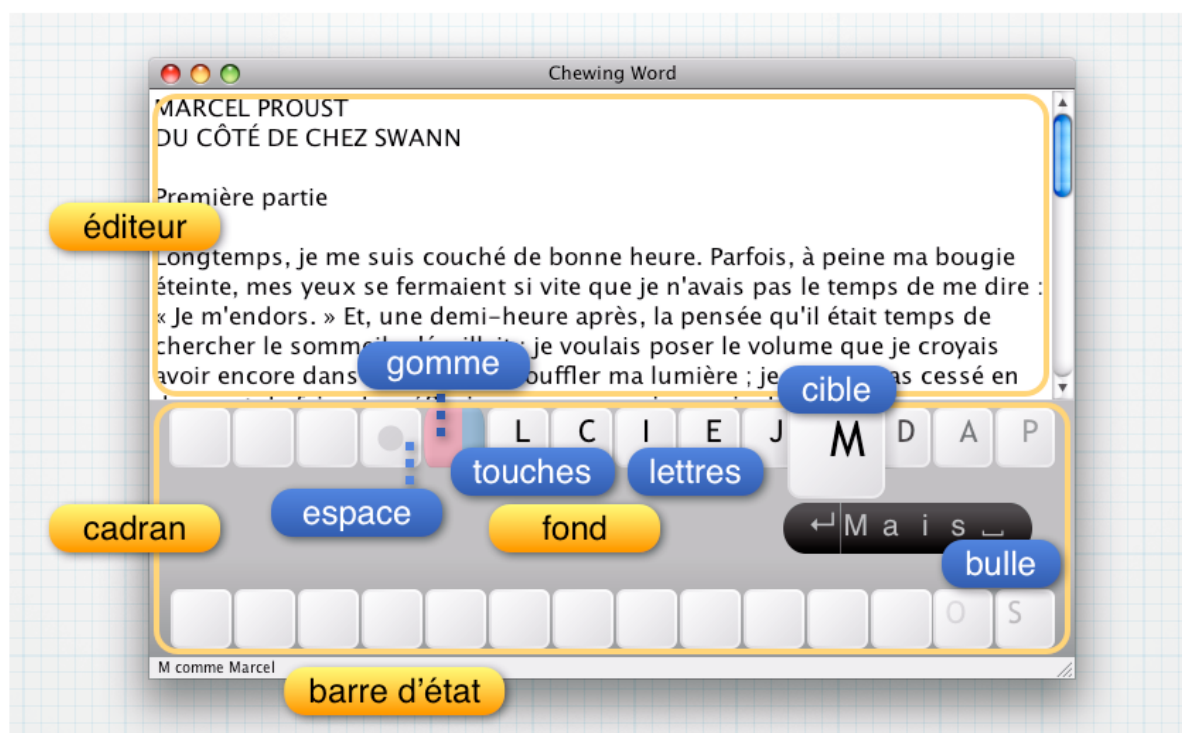
Inconvénient : le fait que les lettres changent de place en permanence demande une concentration plus élevée par rapport aux claviers statiques (pour lesquels les lettres sont toujours à la même place).

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

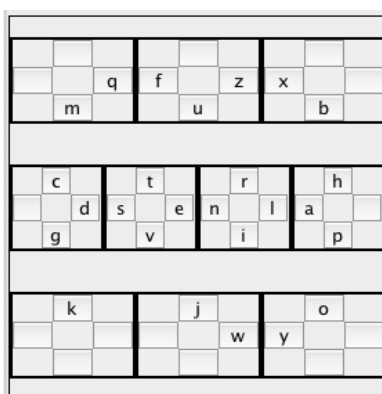


3.1.7 Le clavier K-THOT

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

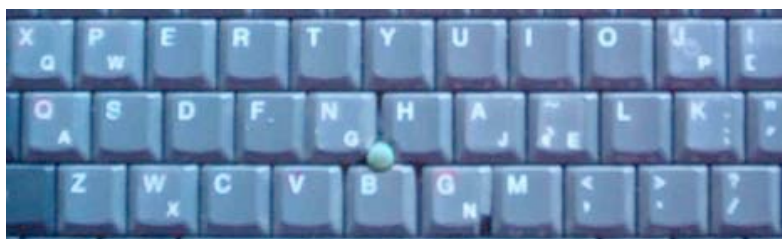


3.1.10 Le clavier XPeRT

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

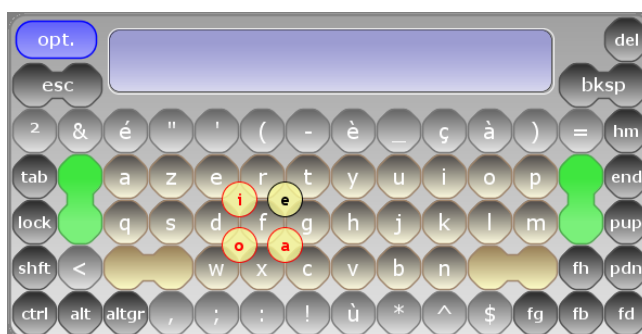


3.2 Claviers non optimisés monotapes

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

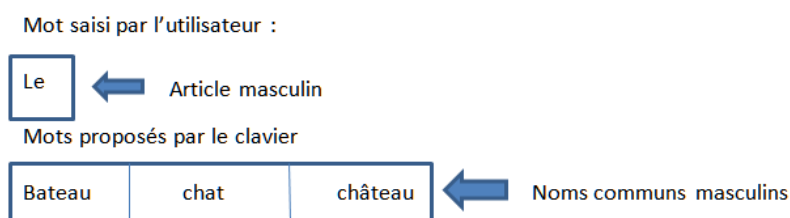


3.2.1 Le clavier KeyStrokes

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

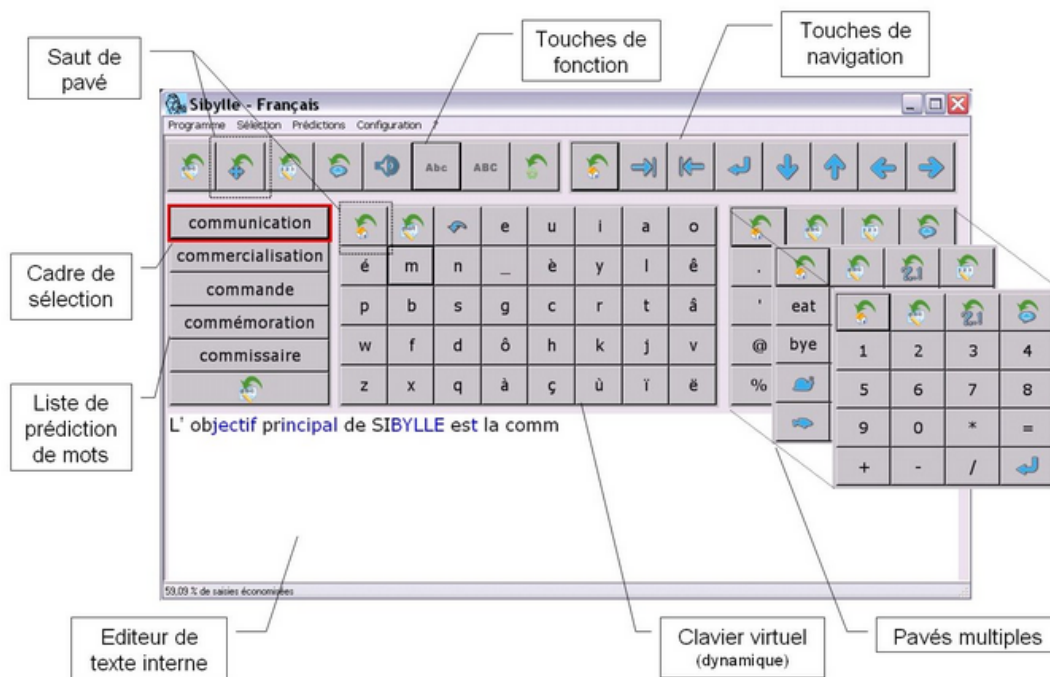


3.3.3 Le clavier Sibylle

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

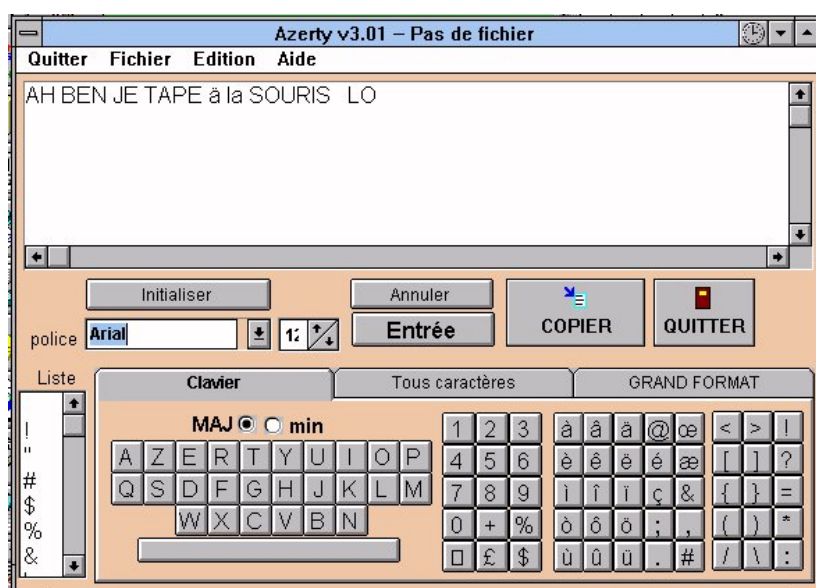


3.3.4 Le clavier virtuel AZERTY

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

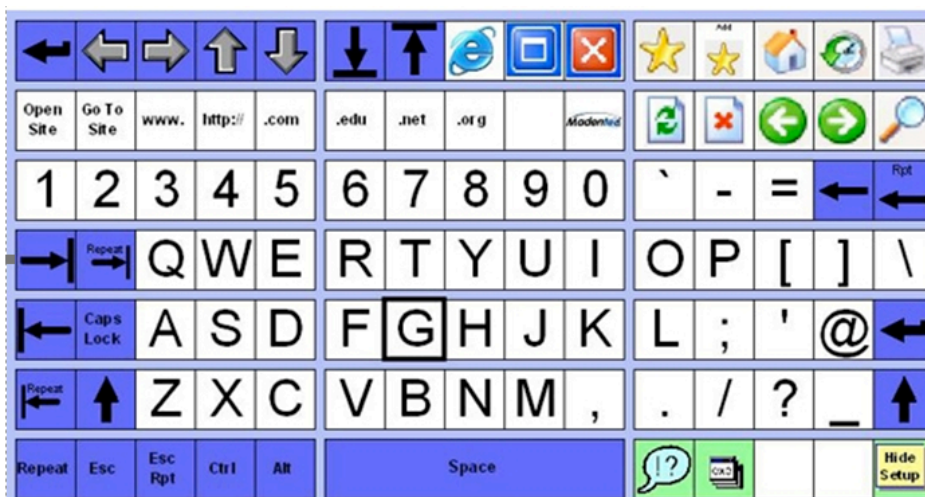


3.3.6 Le clavier Discover Screen

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



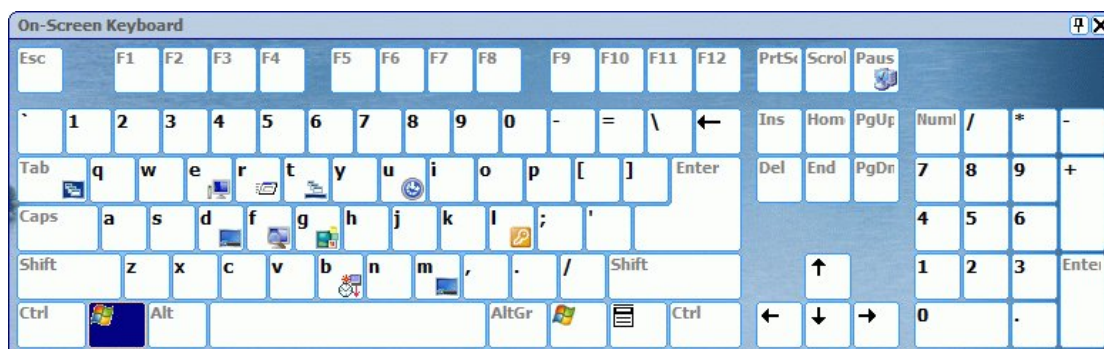
3.3.7 Le clavier COMFORT ON-SCREEN KEYBOARD

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** : confort-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 correspondant 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

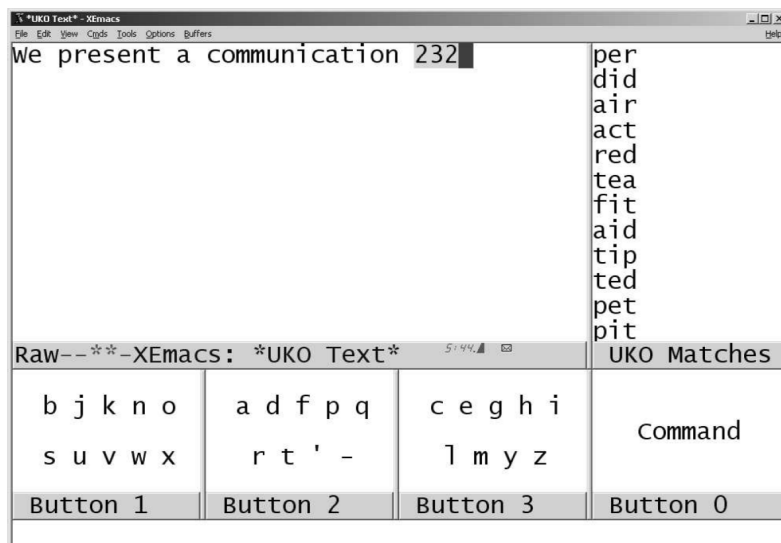
L'UKO-II (Figure 25) est un clavier conçu pour les utilisateurs IMC. Reprenant le principe du T9¹, il regroupe les caractères de saisie en quatre zones, numérotées de un à quatre et il possède un système de désambiguïsation².

- **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

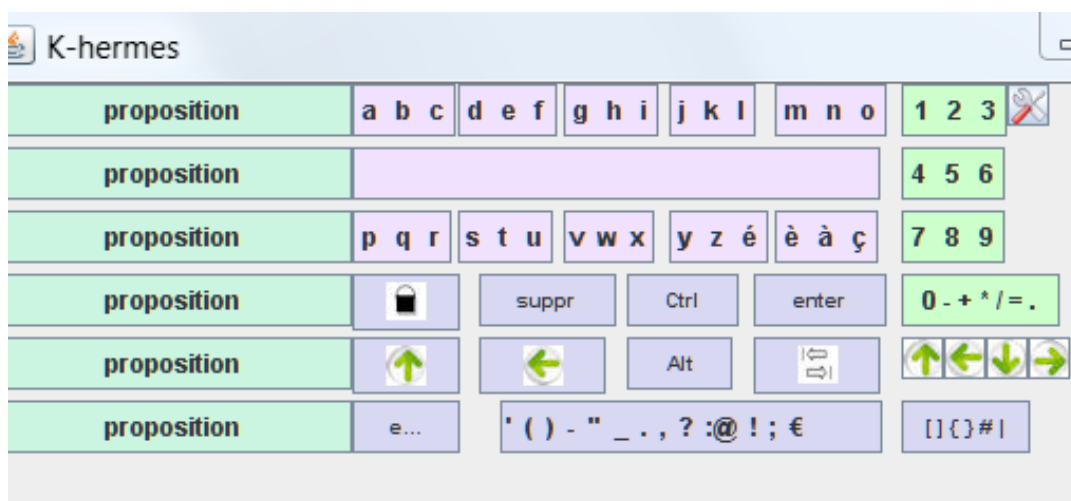


3.4.2 Le clavier K-HERMES

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.

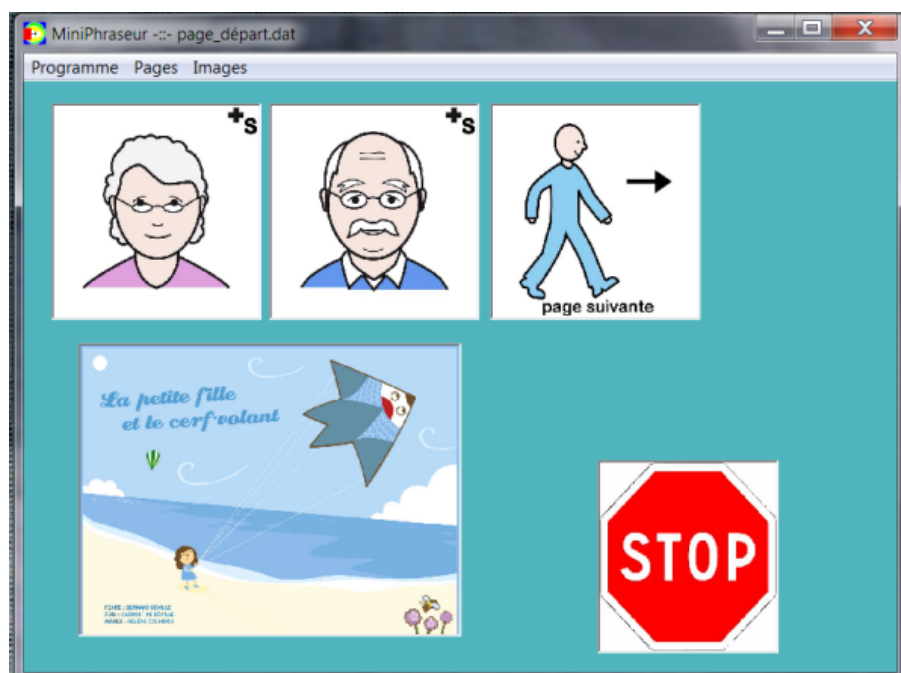
4.1 Description de systèmes représentatifs

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/phrasseur/>

Figure 27. Page-écran de PHRASEUR

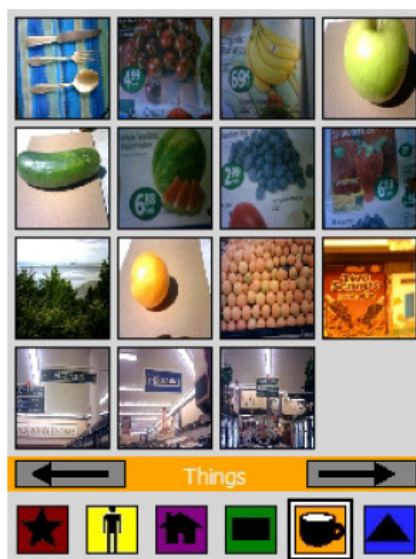


4.1.2 Le système PHOTO TALK

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

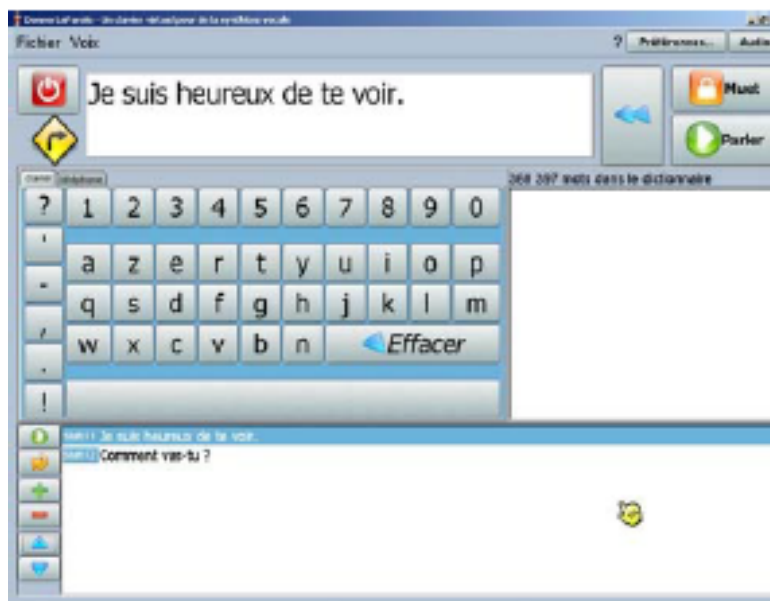


4.1.5 DONNER LA PAROLE

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

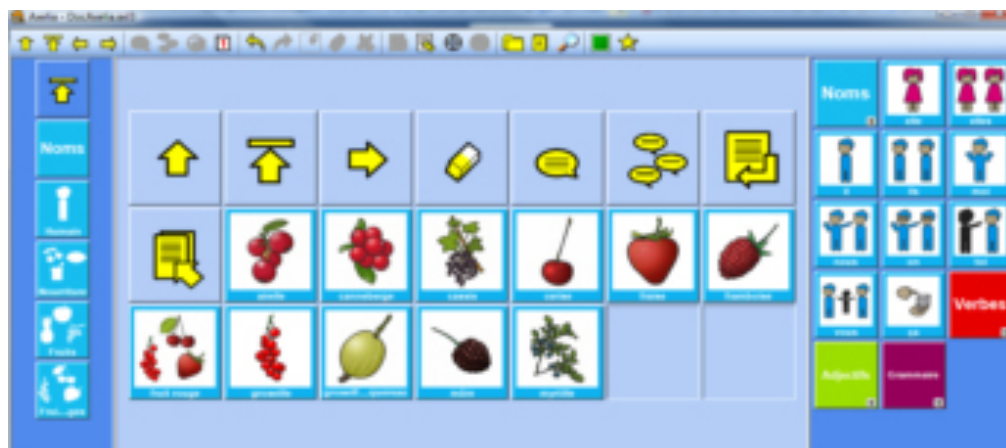


4.1.6 Le logiciel AXELIA

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

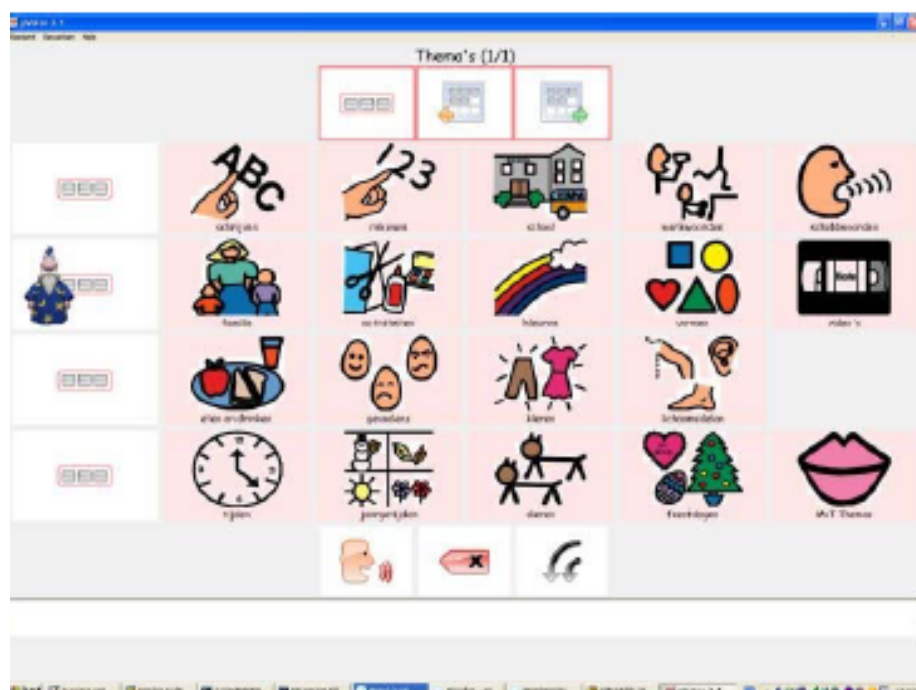


4.1.7 pVoice

Avec **pVoice** (Figure 33), l'utilisateur sélectionne les images ou symboles qui généreront 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 motrices.

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 motrices 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.

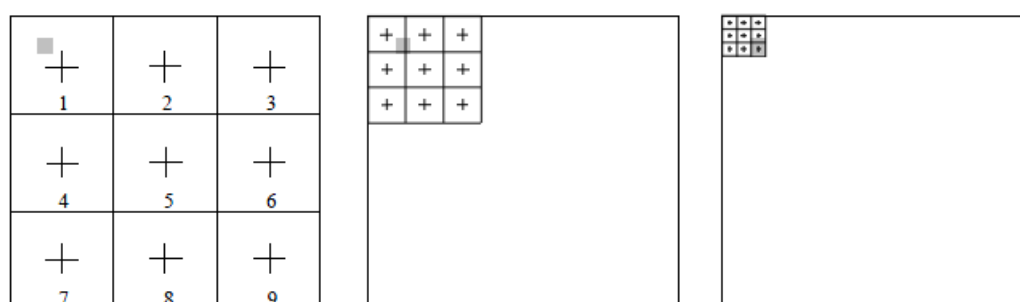
5.1 Description de systèmes représentatifs

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

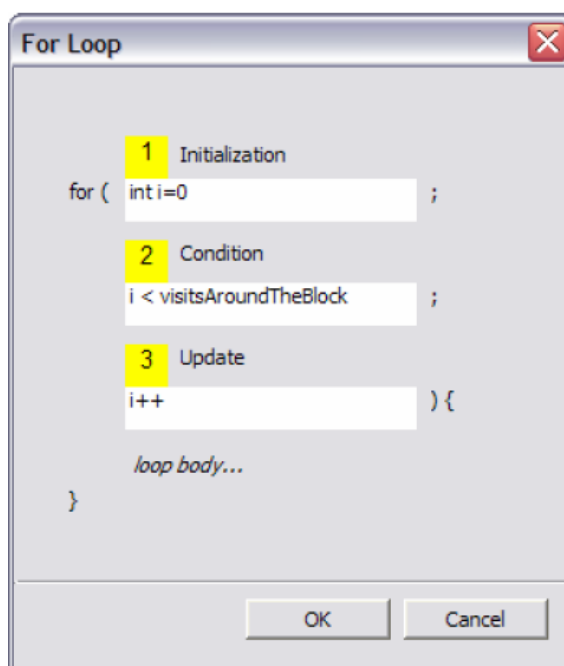


5.1.2 VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR

VOICE ACTIVATED SYNTAX DIRECTED EDITOR (Figure 35) consiste en un système de programmation par reconnaissance vocale. La Figure 35 représente une boîte 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

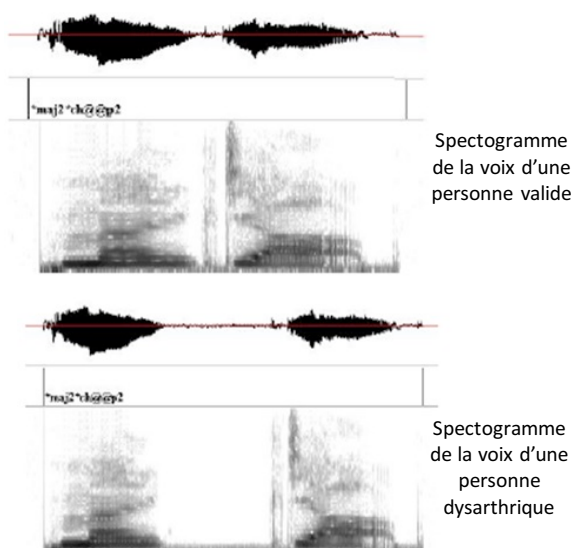


5.1.3 Reconnaissance vocale pour des utilisateurs IMC

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 reconnaître 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 atteintes 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 motrices 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 passés 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

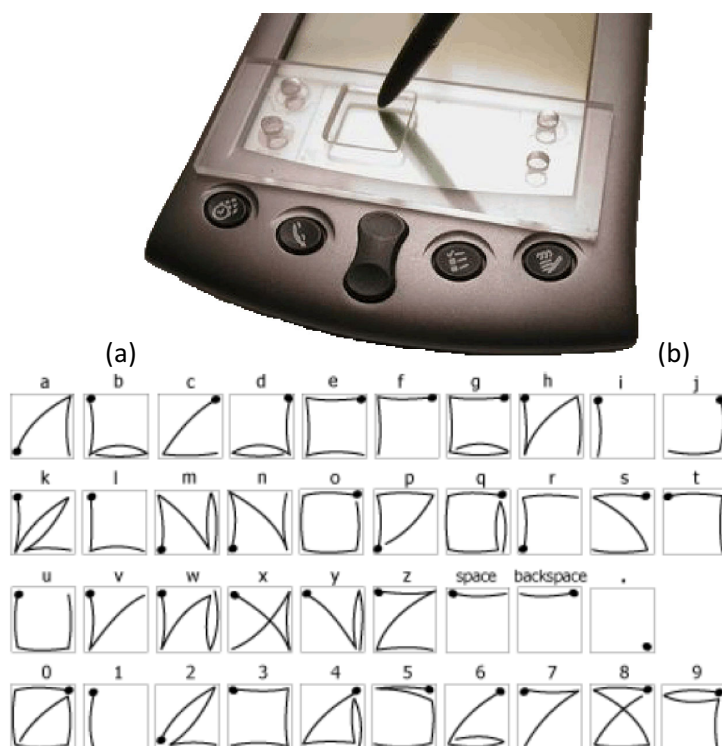


6.1.3 EdgeWrite

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

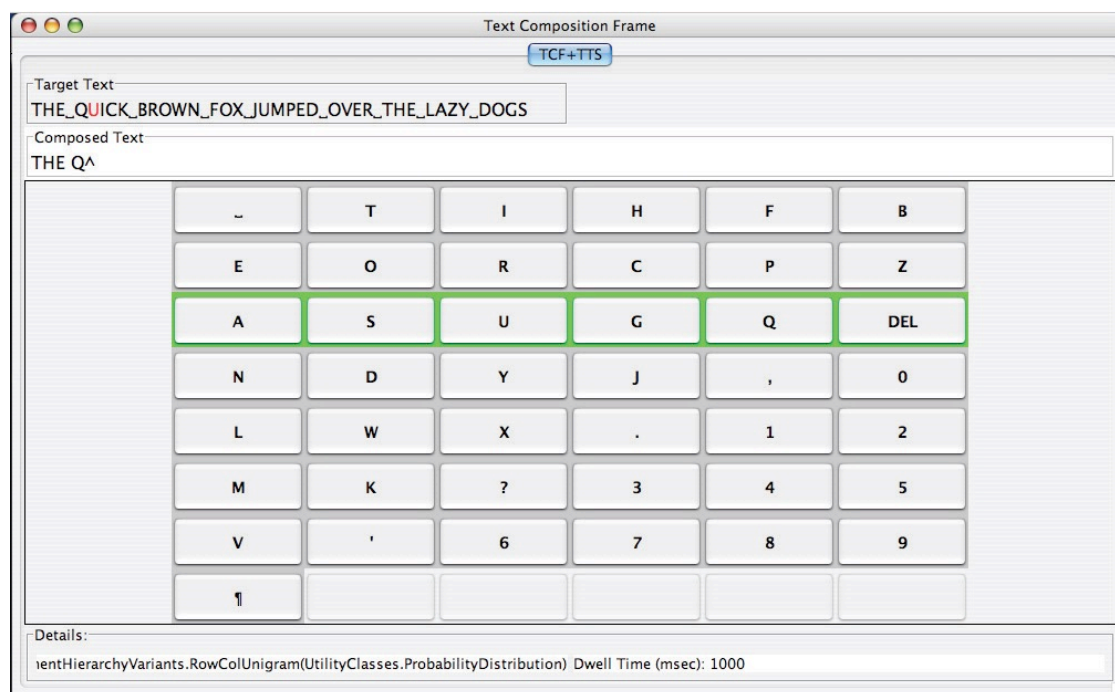
Un principe de **Saisie avec deux boutons** (Figure 40) a été proposé : à l'écran, un clavier virtuel est représenté sous forme de rectangle. L'utilisateur a à sa disposition deux boutons physiques, le premier pour les lignes et le deuxième pour les colonnes. Ce principe est destiné aux personnes lourdement 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 connaît 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 stilet 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 SYNTHÈSE GLOBALE SUR LES SYSTÈMES D'AIDE ETUDIÉS

Les tableaux de synthèse 1 à 4 servent à comparer sur deux critères (avantages et inconvénients pour les utilisateurs, handicapés 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	On 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 entraîne 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 Infirmes 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/infoservices/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, Escal, 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 Workshop 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-to-speech 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 and 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 Handheld 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 Garches (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.