



**HAL**  
open science

## Solutions et défis pour une meilleure accessibilité et utilisabilité des communicateurs - Optimisation de la saisie de texte

Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Mathieu Raynal, Philippe Boissière

### ► To cite this version:

Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Mathieu Raynal, Philippe Boissière. Solutions et défis pour une meilleure accessibilité et utilisabilité des communicateurs - Optimisation de la saisie de texte. Jean-François, Ravaud; Frédéric, Lofaso; Bussel, Bernard. Handicap et Environnement : de l'adaptation du logement à l'accessibilité de la cité : Actes des 18èmes Entretiens de la Fondation Garches, novembre 2005, Ed.Frison-Roche, pp.209-222, 2005, Collection de la Fondation Garches, ISSN 1954-8710, 978-2-87671-485-4. hal-03627612

**HAL Id: hal-03627612**

**<https://hal.science/hal-03627612v1>**

Submitted on 8 Apr 2022

**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.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/220745583>

# Techniques d'optimisation de la saisie de texte sur clavier virtuel

Conference Paper · January 2005

DOI: 10.1145/1148550.1148612 · Source: DBLP

---

CITATIONS

0

---

READS

112

4 authors, including:



**Mathieu Raynal**

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

61 PUBLICATIONS 343 CITATIONS

SEE PROFILE



**Philippe Boissière**

Toulouse 1 Capitole University

18 PUBLICATIONS 71 CITATIONS

SEE PROFILE



**Nadine Vigouroux**

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse

197 PUBLICATIONS 741 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



HCI Challenges in Human Movement Analysis [View project](#)



EyeSchool Project [View project](#)

**Solutions et défis pour une meilleure  
accessibilité et utilisabilité des  
communicateurs :**  
*« Optimisation de la saisie de texte »*

**Nadine Vigouroux, Frédéric Vella, Mathieu Raynal, Philippe  
Boissière**

**IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse)  
Équipe DIAMANT**

**118, Route de Narbonne 31062 Toulouse Cedex**

**Phone No: (+33) 5-61-55-63-14**

**Fax No.: (+33) 5-61-55-62-58**

**{vigourou, vella, raynal, boissier}@irit.fr**

## 1. Introduction

La communication écrite inter-personnes médiée par les outils des Sciences et des Technologies de l'Information et de la Communication est essentielle lors d'activités d'information, de communication, de formation, de divertissement, etc. Lorsque celle-ci n'est plus possible ou insuffisante, des assistants à la communication ou communicateurs (*Alternative Augmentive Communication* (AAC) en anglais) sont proposés pour essayer de rétablir ou d'améliorer celle-ci. Ces communicateurs sont développés : i) pour pallier les troubles de parole [Vella et al., 2003]; ii) pour remplacer la communication écrite ou parlée au moyen d'une téléthèse interactionnelle en tant que prolongement cognitif et moteur [Bourhis et al., 2002] ou au moyen de pictogrammes [Abraham, 2003]; iii) pour assister ou suppléer la communication écrite [Carlberger, 1997], [Cantegrit et Toulotte, 2001], [Maurel et al., 2001], [Boissière et Dours, 2002], [Zagler, 2002], [Schadle et al., 2004], [Bérard et Niemeijer, 2004], [Evreinova et al., 2004], [Poirier et Schadle 2005] ou encore accroître l'accès à Internet [Vella et al., 2005a].

Cet article s'intéressera plus particulièrement aux recherches permettant d'accroître l'utilisabilité des communicateurs de types claviers logiciels (aussi appelés claviers virtuels) pour la communication écrite. Un communicateur est un système d'aide composé d'une interface d'entrée adaptée aux facultés motrices et d'un clavier virtuel substituant le clavier physique rendu inadapté pour l'activité d'écriture ou d'accessibilité à Internet. De nombreux claviers logiciels sont commercialisés et utilisés dans les centres de rééducation et/ou les écoles spécialisées pour faciliter la communication écrite. Mais les retours d'expériences de l'utilisation longitudinale de ces aides à la communication *in situ* nécessitent d'être analysés au regard des questions d'appropriation, d'efficacité, de satisfaction, de configurabilité pour la conception de nouvelles générations d'AAC. En effet, cette conception des AAC ne peut être appréhendée sans la mise en « culture » des connaissances et du savoir-faire des cliniciens, des assistants de vie, des spécialistes des aides techniques, des chercheurs en interaction homme-machine, et des utilisateurs eux-mêmes. C'est une question à laquelle chacune des spécialités évoquées ci-dessous doit contribuer pour en réduire les limites d'utilisation.

Par conséquent, de nombreux facteurs de conception devraient être débattus : types de AAC en fonction de la déficience, modalités d'interaction, configuration et adaptabilité des AAC, fonction prédictive, représentation spatiale du clavier, spécialisation de claviers pour la consultation d'Internet par exemple, dispositifs d'interaction. Nous nous proposons de rapporter les recherches et les objectifs visés par les

recherches sur les procédés d'optimisation spatiale des claviers et la fonction de prédiction linguistique.

## 2. Problématiques

La problématique abordée dans cet article concerne la conception et la mesure de l'utilisabilité d'AAC pour les personnes handicapées moteur lors d'une activité de saisie de texte. Certaines d'entre elles ne peuvent pas utiliser le clavier ordinaire, et sont obligées par conséquent d'avoir recours à des dispositifs spécialisés qui peuvent être une adaptation de matériels (claviers élargis, guide doigt, ...), ou des claviers logiciels (version numérique plus ou moins exacte d'un clavier physique). Le principe de saisie du caractère repose alors sur la sélection d'un caractère par déplacement du curseur du dispositif de pointage. Selon les capacités motrices de la personne, la désignation de la touche se fera par un dispositif de pointage plus ou moins complexe (souris ordinaire, trackball, joystick, suivi du regard [Majaranta et al., 2003], mouvement de la tête [LoPresti et al., 2003], ...). Lorsque les mouvements du curseur de sélection ne sont plus possibles, un procédé de type défilement automatique du curseur sur les touches du clavier est une solution alternative : les lettres s'affichent l'une après l'autre, l'utilisateur valide au moyen d'un contacteur pour sélectionner la lettre souhaitée. Plusieurs techniques de défilement plus ou moins optimales [Cantegrit et Toulotte, 2001], [Schadle et al., 2004] ont été étudiées.

Bien que les divers types de claviers logiciels facilitent la communication écrite, il demeure deux grandes limites d'utilisabilité de ces aides : i) l'une concerne la lenteur de vitesse de saisie au moyen de ces dispositifs dits à "un doigt" ; ii) l'autre est la fatigue oculaire et motrice engendrée par l'usage de ces communicateurs par une population de sujets souffrant de maladies neuromusculaires. Par rapport aux deux grandes classes de limite exprimée ci-dessus, la conception d'assistants à la communication écrite doit répondre aux propriétés ergonomiques suivantes :

- *Etre utile* : i.e. répondre aux besoins des personnes handicapées ;
- *Etre accessible* : chaque sujet doit pouvoir accéder à l'AAC au moyen du dispositif de pointage ou de la technique de défilement approprié ;
- *Etre adaptable* : cela signifie que les différentes fonctionnalités de l'AAC doivent être adaptées aux besoins et aux profils des populations d'étude ;
- *Etre non dangereuse* : l'objectif est d'apporter une aide qui libère et soulage l'utilisateur sans engendrer de fatigue motrice et/ou oculaire supplémentaire [Spérandio, 2001] ;

- *Etre efficient* : l'objectif est ici d'améliorer l'utilisabilité des AAC et par conséquent de répondre aux deux limites mentionnées : vitesse faible et fatigue accrue.

A titre de référentiel, un sujet sain saisit 75 mots par minute (*wpm*, *words per minute*, en anglais) [Soukoreff et Mackenzie, 1995] avec un clavier physique alors qu'avec un clavier virtuel QWERTY il n'en saisit en moyenne que 25 [Zhai et al., 2000]. [Poirier et Schadle, 2005] rapportent que les performances d'utilisateurs experts ne sont que de 10 à 30 wpm pour FITALY (Cf. Figure 1), 43 wpm pour Metropolis (Cf. Figure 3) et de 11 à 30 wpm pour QWERTY. Si de nombreux travaux sur l'utilisabilité des claviers virtuels en mobilité ont été conduits, de quelles connaissances et de quels retours d'expérience disposons nous pour les personnes handicapées motrices ?

Dans le cadre de cet article, nous nous focaliserons essentiellement sur la mesure de l'efficacité et de la non dangerosité des AAC avec comme double objectif, d'une part d'augmenter la vitesse de saisie et d'autre part, de réduire les fatigues visuelles et motrices associées à une tâche de saisie au moyen d'un clavier logiciel. Il est simple d'inférer que plus la taille du clavier est grande, plus l'amplitude du mouvement entre deux touches sera importante. Bien que les personnes handicapées aient à leur disposition des dispositifs de pointage qui leur sont adaptés et des fonctions prédictives de plus en plus performantes, il demeure que la saisie de texte est encore une action fatigante et longue [Lesh et Moulton, 2000], [Bérard, 2004], [Bérard et Niemeijer, 2004], [Vella et al., 2005b]. Ces constatations soulèvent le problème de la conception et de la configuration de l'agencement spatial des touches d'un clavier et de la présentation des sorties des fonctions prédictives.

### **3. Agencement spatial des touches**

Comme mentionné ci-dessus, une des limites d'usage est la fatigue engendrée par l'amplitude des mouvements du déplacement du curseur sur la représentation spatiale du clavier. Par conséquent, un des objectifs de la recherche sur les claviers logiciels concerne l'optimisation de la disposition spatiale des touches. Ces recherches sont sous-tendues par les travaux antérieurs sur l'atteinte de cibles de Fitts [Fitts, 1954], de recherche de cibles (caractère dans l'agencement spatial ou item dans la liste de prédictions) de Hick-Hyman [Hick, 1952] et ultérieurement de l'adaptation de la loi de Fitts aux claviers logiciels [Soukoreff et Mackenzie, 1995].

#### **3.1. Loi de Fitts et la saisie de textes**

La loi de Fitts permet de prédire le temps pour effectuer un mouvement entre deux cibles (dans notre cas, deux touches de caractères) en fonction de

la distance entre les 2 et de la surface de la cible à atteindre (la touche à sélectionner). Une adaptation de la loi de Fitts pour la saisie de texte au moyen d'un clavier virtuel prenant en compte la fréquence d'apparition des occurrences de la langue a été proposée par [Soukoreff et Mackenzie, 1995] (Cf. Formule 1 et Formule 2 où) :

- $\overline{MT}$  représente l'estimation du temps de mouvement du déplacement du curseur ; 
$$\overline{MT} = \sum_{i,j} \left( P_{ij} \times a + b \times \log_2 \left( \frac{A_{ij}}{W} + 1 \right) \right) \quad (1)$$

avec  $P_{ij}$ , la probabilité d'apparition du caractère d'indice j après celui d'indice i;  $A_{ij}$ , la distance entre les touches d'indice i et j ; W, la taille de la touche ; a et b des valeurs empiriques.

$$WPM_{MAX} = \frac{\frac{1}{\overline{MT}} \times 60}{5} \quad (2)$$

- et wpm, le nombre de mots saisis par minute pour des longueurs de mots estimées à cinq caractères en moyenne.

Ces tables d'occurrences de lettres sont disponibles dans [Mayzner et Tresselt, 1965] pour la langue anglaise. Pour la langue française nous les avons extraites du lexique BDLEX [Decalme et Perennou, 1998].

### 3.2. Etudes de divers agencements

Un ensemble de travaux portant uniquement sur la langue anglaise ont consisté à optimiser la position des caractères afin de rapprocher au mieux ceux qui ont le plus de chance d'être saisis consécutivement.

Z	V	C	H	W	K
F	I	T	A	L	Y
SPACE	N	E	SPACE		
G	D	O	R	S	B
Q	J	U	M	P	X

Figure 1 : FITALY<sup>1</sup>

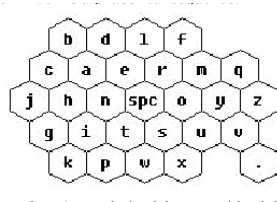
Space 1	Q	F	U	M	C	K	Z	Space 2
			D	T	H			
	B	S	R	E	A	W	X	
Space 3			I	N	D			Space 4
	J	P	V	G	L	Y	FI	

Figure 2 : OPTI

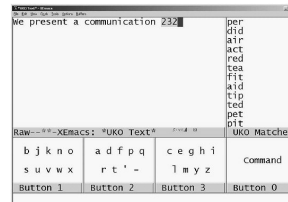
[MacKenzie et Zhang, 1999]

Les claviers FITALY (Cf. Figure 1), OPTI (Cf. Figure 2), [MacKenzie et Zhang, 1999] et Metropolis (Cf. Figure 3) [Zhai et al., 2000] ont été élaborés sur ce principe. Ces recherches ont été conduites essentiellement dans le cadre de la mobilité. La colonne une du Tableau 1 présente les performances estimées avec ces différents claviers.

<sup>1</sup> www.fitaly.com



**Figure 3: Metropolis**  
[Zhai et al., 2000]



**Figure 4: Clavier UKO II**  
[Harbusch et Kühn, 2003]

Concernant les personnes handicapées moteurs (Cf. Figure 4) il existe peu de travaux qui se sont intéressés à l'optimisation des claviers. Nous mentionnons le clavier ambigu —plusieurs lettres sur une touche— UKO II [Harbusch et Kühn, 2003] dont l'agencement est le résultat d'un algorithme génétique où à chaque touche correspond quatre lettres différentes.

Etant donné l'absence de travaux concernant la langue française dans ce domaine, nous avons initié des travaux d'observations sur diverses représentations de claviers logiciels. La première expérimentation [Vigouroux et al., 2004] lors d'une tâche de recopie de mots au moyen de deux claviers logiciels —type *téléphone* avec fonction prédictive et AZERTY— a montré : i) des taux de saisie différents entre les deux types de population —1,16 cps<sup>2</sup> pour clavier AZERTY contre 0,72 cps pour le clavier type *téléphone* avec fonction prédictive pour la population de sujets valides et 0,48 cps pour le clavier AZERTY contre 0,33 cps pour le clavier type *téléphone* avec fonction prédictive pour la population de myopathes —; ii) une déviation importante du taux de saisie effectif, -1,18 cps pour les sujets valides et -1,86 cps pour les sujets handicapés pour le clavier AZERTY par rapport au taux prédictif de la loi de Fitts (2,34 cps). Ces résultats soulèvent par conséquent la question de la conformité de la loi de Fitts pour les personnes handicapées et de la nécessité de poursuivre des études expérimentales longitudinales en situation de saisie.

La deuxième expérimentation avait pour objectif d'étudier la durée de l'activité de saisie. Elle a consisté à estimer la durée maximale de saisie en fonction de deux agencements de touches différents : le clavier virtuel AZERTY et le clavier virtuel ANNIE (Cf. Figure 5) élaboré par une personne handicapée au moyen de la plate-forme de conception SOKEYTO [Vella et al., 2005b]. Le principe de conception déployé par la personne handicapée a consisté à disposer au centre, les caractères les plus fréquemment utilisés en considérant conjointement l'ordre alphabétique et

<sup>2</sup> cps (character per second).



les difficultés motrices qu'elle a, à réaliser certains « *patterns* » de mouvements —par exemple, aller en bas à gauche du clavier avec le dispositif de pointage—. Après une phase d'appropriation du clavier ANNIE par les deux sujets myopathes, utilisateurs quotidiens de Clavicom<sup>3</sup>, nous leur avons demandé de recopier un texte identique de 1367 caractères jusqu'à une sensation de fatigue musculaire. Cette tâche a été effectuée 6 fois durant trois jours (une fois, le matin et une fois, le soir) en alternant l'usage séquentiel du clavier ANNIE et AZERTY. Nous avons remarqué au moyen de la plate-forme E-Assiste [Raynal et al., 2005] que les sujets handicapés saisissaient 500 caractères de plus en moyenne, soit près d'un tiers de plus du texte, avec le clavier ANNIE qu'avec le clavier AZERTY. Ces résultats nous amènent à formuler qu'une raison de fatigue serait la disposition des touches du clavier virtuel AZERTY qui engendrerait une fatigue plus grande que celle du clavier virtuel ANNIE [Vella et al., 2005b]. Ces premiers résultats et les taux de saisie comparatifs en wpm (Cf. Tableau 1) sont bien sûrs à confirmer sur de plus grandes échelles d'expérimentation. Ce résultat est d'autant plus important que les claviers MicroSoft Windows<sup>4</sup> et Clavicom<sup>3</sup> sont basés sur des représentations AZERTY pour la langue française.

### 3.3. Vers une combinaison des procédés d'optimisation

L'objectif suivant est de profiter des apports conjoints des divers procédés d'optimisation (contraintes ergonomiques spatiales comme dans le clavier ANNIE et connaissances linguistiques). La contribution des procédés d'optimisation (algorithme génétique, recuit simulé) et les connaissances linguistiques de la langue permettent de proposer des solutions plus optimales.

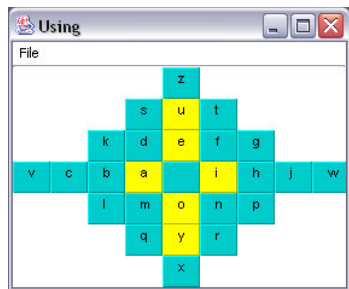


Figure 5 : Clavier ANNIE [Vella et al, 2005b]

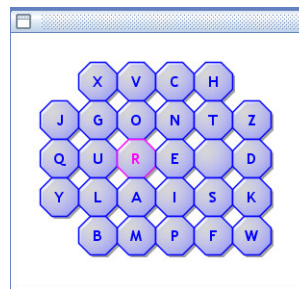


Figure 6: Clavier GAG [Raynal et Vigouroux, 2005a]

Le clavier GAG (Cf. Figure 6) [Raynal et Vigouroux, 2005a] est le résultat d'un algorithme génétique appliqué à la langue française à partir des

<sup>3</sup> [http://www.handicapicom.asso.fr/adaptations/aides\\_techniques/clavicomdoc.html](http://www.handicapicom.asso.fr/adaptations/aides_techniques/clavicomdoc.html)

<sup>4</sup> <http://www.microsoft.com/france/accessibilite/handicap/default.asp>

connaissances extraites de BDELEX [Decalmes et Perennou, 1998]. L'application des formules (1) et (2) aux trois claviers (AZERTY, ANNIE et GAG) est rapportée dans le Tableau 1, colonne 2. A titre de comparaison, nous donnons en pourcentage l'amélioration estimée par rapport au clavier de référence de la langue (respectivement QWERTY pour l'anglais et AZERTY pour le français). Les claviers GAG I et GAG II sont le résultat de l'algorithme génétique appliqué respectivement aux agencements de METROPOLIS et OPTI pour l'anglais. Nous remarquons pour le français : i) que le clavier ANNIE est théoriquement meilleur (+ 19,5% en wpm) que le clavier AZERTY ; ii) et que le clavier GAG est de 60,7% meilleur que le clavier AZERTY. Si la loi de Fitts permet de notifier des gains considérables, il est nécessaire maintenant de procéder à l'optimisation du clavier ANNIE avec l'algorithmique génétique et de procéder à des expérimentations en situation pour estimer les gains sur des populations de personnes handicapées des membres supérieurs.

**Tableau 1 : Estimation des performances selon [Soukoreff & MacKenzie, 1995]**

<b>Anglais</b>			<b>Français</b>		
	wpm	%		wpm	%
QWERTY	31.7		AZERTY	30.33	
FITALY	42.37	33,66	ANNIE	36.24	19.5
OPTI II	42.44	33,88	GAG	48.61	60.27
<b>GAG II</b>	<b>45.15</b>	<b>42.43</b>			
Metropolis	46.26	45.93			
<b>GAG I</b>	<b>47.63</b>	<b>50.25</b>			

#### 4. Les systèmes de prédiction

Une autre contribution concerne l'apport des systèmes de prédiction dans l'accroissement du taux d'utilisabilité des communicateurs. Ceux-ci reposent sur un moteur de prédiction linguistique qui a pour rôle d'accélérer la saisie en proposant à l'utilisateur des listes de lettres ou de mots susceptibles de compléter le mot / le message en cours de saisie. Le principe est le suivant : à chaque nouveau caractère saisi par l'utilisateur, le système propose, soit un ensemble de lettres parmi les plus probables, soit une suite de lettres pour compléter le mot (ou une partie). Aujourd'hui concernant les questions d'utilisabilité, la question du mode de présentation des sorties du moteur linguistique est cruciale. Une analyse de la littérature et des systèmes existants révèlent plusieurs modes de présentation de la sortie d'un moteur de prédiction : liste de prédiction, « on line » dans un document, arrangement dynamique d'un clavier virtuel, ajout dynamique de caractères en transparence sur le clavier virtuel. Décrivons ces divers modes.

## 4.1. Les modes de présentation

### 4.1.1. Présentation des listes de mots prédits

Les mots sont rangés dans une liste selon un taux décroissant de prédiction dans laquelle l'utilisateur peut sélectionner les mots « *candidats* ». De nombreux systèmes intègrent ce mode : on peut mentionner le système HandiAS [Maurel et al., 2001], le système PROPHET [Carlberger, 1997], [Hunnicut et Carlberger, 2001], et le système PolyPredix [Bérard, 2004]. Le positionnement de cette liste (Cf.

Figure 8), généralement à gauche du clavier ou en haut et à gauche comme dans KeyStrokes<sup>5</sup> soulève des questions quant à la charge cognitive et à la fatigue engendrée lors de la tâche de sélection. Un autre paramètre concerne la longueur de la liste des mots proposée qui engendre également un double problème : celui de la charge cognitive (activité de recherche) et celui de la fatigue motrice (mode de balayage de la liste). Malheureusement, nous constatons que ces questions liées à la modélisation de l'interaction homme-machine ne sont que très peu abordées par les recherches actuelles bien que pour nous, elles soient centrales pour la question de l'utilisabilité. Des mesures de performance du système HandiAS [Maurel et al., 2001] ont montré un gain de saisie de 56,72 %, qui se répartit entre 49,36 % incombant à l'apport des informations statistiques et 51,91 % aux informations syntaxiques. Sur le système PolyPredix, [Bérard et Niemeijer, 2004] a montré l'influence de la longueur de la liste de prédiction : avec une liste de 5 mots le rendement<sup>6</sup> est de 46%, avec 10 mots de 50,8%, et avec 15 mots de 53,1%.

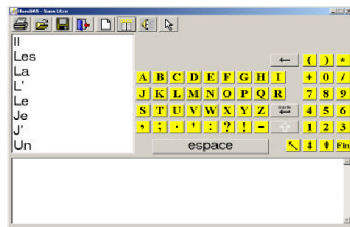


Figure 7: HandiAS [Maurel et al., 2001]

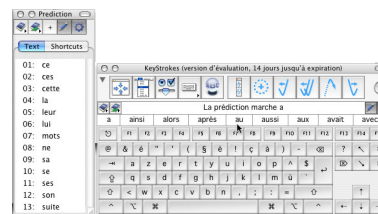


Figure 8 : KeyStrokes [Bérard, 2004]

### 4.1.2. « On line » du mot

Le mot ou la complétion du mot, le plus probable dans le message en cours de saisie (proposition d'une liste de complétion, Cf. Figure 9) est proposée à l'utilisateur. Deux cas se présentent :

<sup>5</sup> <http://www.assistiveware.com/keystrokes.php>

<sup>6</sup> Le rendement est le nombre de lettres écrites automatiquement par le système pour un texte de 100 lettres (touches de fonctions incluses).

- soit l'utilisateur n'est pas d'accord avec la proposition, il corrige alors explicitement le mot avec n'importe quel dispositif de commande (joystick, bouton presseur, détecteur de mouvement de tête...);
- soit il est d'accord et il poursuit sa saisie.

C'est le principe retenu dans le système VITIPI [Boissière et Dours, 2002] qui est capable de prendre en compte les fautes de frappes, certaines fautes d'orthographe —par exemple (Cf. Figure 9), ici le sujet a tapé la lettre k et le système de prédiction a proposé « aujourd'hui » en corrigeant le caractère k par le caractère j et en inférant la fin du mot— au fur et à mesure de la saisie, ainsi que des mots n'appartenant pas à son lexique. Le lexique de base est composé des 5.930 mots les plus fréquents selon [Catach, 1984]. Les résultats de prédiction obtenus par VITIPI sont de l'ordre de 42 % de lettres affichées lorsque les phrases ne sont pas connues du corpus d'apprentissage, et de 77 % lorsque les phrases sont connues. Ces résultats ont été obtenus après 25 jours d'apprentissage du serveur d'informations de la METEO et pour un lexique de 915 mots spécifiques à l'application METEO [Boissière et Dours, 2002].

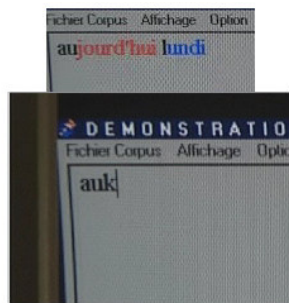


Figure 9 : VITIPI [Boissière et Dours, 2002]

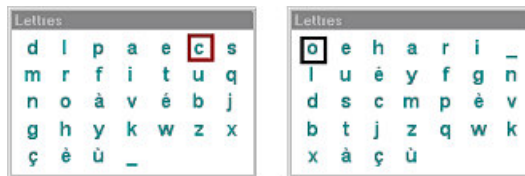


Figure 10 : Réorganisation dynamique du clavier Sibylettré au début du mot *COMPTER* [Schadle et al., 2004]

#### 4.1.3. Arrangement dynamique (pour les claviers à défilement)

Un autre usage des résultats des systèmes de prédiction est l'arrangement spatial des lettres d'un clavier (Figure 10). En supposant qu'après chaque saisie le curseur est remis en position initiale (en haut à gauche du clavier), les lettres sont réorganisées afin de placer en priorité celles dont la probabilité d'apparition est la plus forte d'après la saisie en cours. Le système Sibylettré [Poirier et Schadle, 2005] est fondé sur ce principe. Il utilise le modèle statistique n-gram d'ordre 5 pour ses prédictions. Les évaluations théoriques montrent, qu'en moyenne la lettre désirée est atteinte en 2,9 défilements (pas) avec les prédictions de Sibylettré en défilement linéaire, contre 4,3 pour un défilement ligne/colonne sur un clavier de lettres optimisé avec leur fréquence hors-contexte. Ceci représente un gain de 32 % en nombre de défilements et de 50 % en nombre de clics nécessaires pour

sélectionner une lettre. Une évaluation qualitative [Schadle et al., 2004] a également été menée au CMRRF (Centre Mutualiste de Rééducation et Réadaptations Fonctionnelles) de Kerpape auprès de patients IMC (Infirmité Motrice Cérébrale), montrant une nette préférence pour le système SibyLettre et ce malgré le ré-arrangement de touches. Les résultats montrent une adaptation rapide au système. Le gain apporté est surtout apprécié en termes de confort (dû essentiellement au nombre de clics inférieur). Enfin, les résultats montrent que les patients font moins de fautes de frappe et d'orthographe.

Bien que ces divers usages des sorties d'un système de prédiction attestent d'une augmentation du taux de saisie associé à une réduction des actions motrices de saisie (réduction du nombre de clics, de la distance parcourue, etc.), les nouvelles générations d'AAC devront être encore plus efficaces afin de réduire la fatigue motrice des sujets handicapés. La conception des nouvelles générations d'AAC devra être effectuée de manière pluridisciplinaire associant les chercheurs (psychologie expérimentale, interaction homme-machine, linguistique), les cliniciens (ergothérapeutes, médecins), les auxiliaires de vie et les sujets eux-mêmes.

## **4.2. Discussions et perspectives autour des fonctions de prédiction**

### **4.2.1. Evaluation des performances des systèmes de prédiction**

Même si un certain accord sur les métriques s'est imposé —le nombre de mots saisis par minute (ou wpm) et le nombre d'appuis de touches par caractères ou kspc (keystroke per character)— [Soukoreff et MacKenzie, 1995], [Mackenzie, 2002], l'évaluation comparative reste difficile. La comparaison inter-systèmes des fonctions prédictives reste difficile dans la mesure où celles-ci sont évaluées sur des corpus et avec des protocoles différents, même si des méthodologies et des corpus ont déjà été proposés [MacKenzie et Zhang, 1999]. Les gains de saisie rapportés ci-dessus ne sont pas, par conséquent, ni comparables ni représentatifs. En effet, ces résultats ont été obtenus sur des corpus d'apprentissage et de tests différents ainsi que des populations d'handicapés hétérogènes (myopathes, infirmes moteur cérébraux, etc.). Comme première initiative comparative, citons les travaux de Bérard et Niemeijer [Bérard et Niemeijer, 2004] qui ont estimé l'apport des systèmes de prédiction au sein de quatre claviers logiciels : Windows<sup>4</sup>, Wivik<sup>7</sup>, Dasher<sup>8</sup> et KeyStrokes. Les résultats [Bérard et Niemeijer, 2004] montrent que le temps de saisie, pour cinq saisies d'un texte de 258 caractères, varie respectivement entre 130 et 315 secondes pour KeyStrokes, 315 et 350 secondes pour Windows, 263 et 345 pour Wivik et 420 et 510 pour Dasher. Nous bémoliserons toutefois ces résultats car ces systèmes ont été appris sur des corpus différents. La nécessité de mettre en

---

<sup>7</sup> [www.wivik.com](http://www.wivik.com)

<sup>8</sup> <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/djw30/dasher/>

place des bancs de tests comme dans le domaine de la recherche d'information s'impose. Notre communauté se doit par conséquent de mettre en place une méthodologie d'évaluation (métriques, corpus d'apprentissage, corpus de tests).

#### **4.2.2. Présentation des sorties d'un système prédictif**

Cela soulève des questions de conception du système de saisie quant à la modélisation de l'interaction, la présentation des sorties d'un système de prédiction et l'adaptation de ces composantes au profil de l'utilisateur. [Zagler, 2002] rapporte que *"the user spends the time – sometimes to a greater extent than s/he has gained by the prediction itself"*. [Bérard, 2004] a montré également que « la fatigue oculaire amenait à négliger certains segments de phrases que proposait la fenêtre de prédiction », car cela entraînait un ralentissement de la vitesse de saisie de texte. [Evreinova et al., 2004] mentionne également que la mauvaise intégration de la fonction prédictive engendre des charges cognitives et visuelles *"Both imperfection and lack of adaptability of the prediction systems and optimizing algorithms require that the user should permanently watch the prediction list and make selections from it."* La présentation des mots prédits ou l'organisation spatiale des touches engendrée par la fonction de prédiction peut engendrer une fatigue cognitive, visuelle et motrice due aux activités de recherche et de sélection (déplacement et clic). Celle-ci est plus importante que le gain lui-même mesuré en wpm. Ces travaux d'évaluation des modes de présentation en relation avec l'activité motrice nécessite d'être poursuivis.

#### **4.2.3. Les systèmes de prédiction couplés à un agencement spatial**

Une autre voie d'étude consiste à coupler la fonction de prédiction à un agencement spatial des touches. Par exemple, le concept KeyGlass [Raynal et Vigouroux, 2005b] (Cf. Figure 11) repose sur l'ajout dynamique de touches semi-transparentes sur des représentations spatiales. Ces dernières sont ajoutées autour de la touche qui vient d'être pressée. Les lettres sont déterminées en fonction de ce qui a été saisi précédemment grâce à un système de prédiction. Ce principe permet de parcourir moins de distance avec le pointeur de la souris.

Nous avons calculé dans un premier temps les performances a priori qu'aurait un utilisateur avec ce système. Cette évaluation prédit que nous pourrions réduire d'environ 60% les distances parcourues et d'environ 30% le temps de saisie. Cependant lors de notre première expérimentation avec des sujets valides et handicapés des membres supérieurs, notre système a bien permis de réduire les distances (d'environ en moyenne 22%), mais le temps nécessaire pour saisir n'a pas toujours diminué. Une hypothèse d'explication est l'insuffisance d'appropriation du principe de KeyGlasses par les sujets. La nécessité d'effectuer des observations dans le temps sur ce

type de dispositif s'impose. Un protocole est en cours avec l'AFM (Association Française de Myopathie) pour évaluer la contribution du KeyGlass.

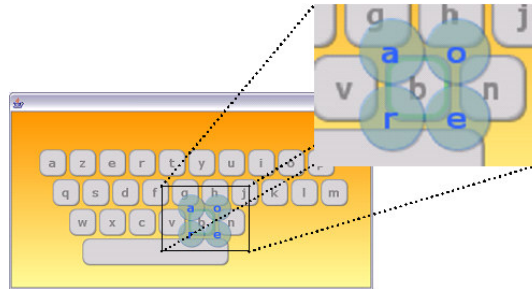


Figure 11 : AZERTY avec le système KeyGlasses [Raynal et Vigouroux, 2005b]

## 5. Conclusion et perspectives

Ce papier rapporte les travaux actuels en cours visant à accroître l'utilisabilité des claviers logiciels pour l'activité de saisie par des handicapés moteurs des membres supérieurs avec comme objectif premier de réduire de manière corrélée les fatigues motrices et visuelles des personnes handicapées. Actuellement, cette utilisabilité se mesure essentiellement par un taux de saisie en mots par minute. Deux grandes voies de recherche sur l'étude de l'agencement des touches et de la fonction prédictive sont déployées. La première concerne l'agencement spatial des touches avec comme objectif de diminuer la distance de parcours du pointeur. La deuxième est la fonction de prédiction qui permet de diminuer le nombre de saisies de lettres et par conséquent de diminuer la distance parcourue par le pointeur ainsi que nombre de clics.

Cette article a présenté, dans une première partie, les travaux relatifs à la loi de Fitts en tant que métrique prédictive de mesure de divers agencements de claviers virtuels pour sujets valides et personnes handicapées moteurs, et dans une seconde partie, les divers usages de la fonction prédictive (liste de prédiction, caractères prédits en transparence, adaptation dynamique du clavier dans une tâche de saisie par défilement, etc.). Les évaluations prédictives et les évaluations de terrain montrent le besoin, d'une part, de disposer de corpus de tests de méthodologies d'évaluation, d'autre part de recueillir davantage de données expérimentales en situation sur de longues périodes. Pour la conception de nouvelles versions de claviers logiciels, il est également indispensable de mettre en place des outils de conception et de tracabilité et d'observer les sujets en situation. D'autre part, les résultats obtenus nous invitent au développement d'axes de recherche visant à mieux comprendre l'activité de production de l'écrit elle-même (planification et analyse de mouvement de sélection, recherche de la touche ou de l'item

prédit). Cela ne peut se faire qu'en rassemblant dans un même lieu (observatoire ou laboratoire des usages) tous les acteurs impliqués dans cette démarche de conception des claviers logiciels accessibles pour tous aussi bien pour la saisie de texte que l'accès à Internet.

## 6. Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des sujets qui ont participé aux expériences ainsi que le président de la délégation départementale de l'AFM pour sa collaboration précieuse. Les auteurs remercient également Igor Schadle pour les discussions fructueuses sur cette problématique.

## 7. Bibliographie

[Vella et al., 2003] **Vella, F., Vigouroux, N., Truillet, Ph.**, The design approach CLAPOTI: an assistive technology designed for speech disorders and visually persons, in *Proceedings of AAATE 2003*, Dublin, Irlande, 31 august-03 september 2003, pp.289-293.

[Bourhis et al., 2002] **Bourhis G, Pino P, Leal-Olmedo A**, Aide à la communication pour personnes handicapées : modélisation de l'interaction homme-machine, dans *RIHM (Revue d'Interaction Homme-Machine)*, Vol.3, n°2, 2002, pp.135-148.

[Abraham, 2003] **Abraham M.Y.**, Des Pictogrammes pour communiquer, *SETIT 2003, Actes Sciences Electroniques Technologies de l'Information et des Télécommunications*, Published on CD-ROM, Sousse (Tunisie), 17-21 Mars 2003.

[Carlberger, 1997] **Carlberger, J.**, Design and Implementation of a Probabilistic Word Prediction Program, *Master's Thesis Dept. of Speech, Music and Hearing, KTH, SE-100 44 Stockholm, Sweden*, 1997.

[Cantegrit et Toulotte, 2001] **Cantegrit, B., Toulotte, J.-M.**, Réflexions sur l'aide à la communication des personnes présentant un handicap moteur. *Atelier Thématique TALN 2001*, Tours, 2-5 Juillet 2001, pp. 193-202.

[Maurel et al., 2001] **Maurel, D., Rossi, N., Thibault, R.**, HandiAS : un système multilingue pour l'aide à la communication de personnes handicapées, *TALN'2001, vol. 2 (tutoriels et conférences associées)*, Tours, France, pp. 203-212, 2001.

[Boissière et Dours 2002] **Boissière, Ph., Dours, D.**, Vers un modèle d'aide à l'évaluation de systèmes d'assistance à l'écriture : application à VITIPI, *Dans Actes Handicap '2002*, Paris 13- 14 Juin 2002, pp.159-164.



[Zagler, 2002] **Zagler, W.I.**, Matching Typing Persons and Intelligent Interfaces, in *Proceedings of ICCHP 2002, LNCS Vol. 2398*, Springer-Verlag Berlin, 2002, pp. 241-242.

[Schadle et al., 2004] **Schadle, I. , Antoine, J.Y., Le Pévédic, B., Poirier F.**, AAC system using NLP techniques, in *Proceedings of ICCHP'2004, LNCS Vol. 3118*, Springer-Verlag, *9th International Conference on Computers Helping People with special needs*, Paris, 7-9 July 2004.

[Bérard et Niemeijer, 2004] **Bérard, Ch., Niemeijer D**, Evaluating effort reduction through different word prediction systems, in *IEEE SMC La Haye*, 2004 0-7803-8566-7/04/S20,00.

[Evreinova et al., 2004] **Evreinova, T., Evreinov, G., Raisamo, R.**, Four-key text entry training system for people with ocular pathology, in *8th ERCIM UI4All*, Vienna (Österreich), 28-29 June 2004.

[Poirier et Schadle 2005] **Poirier, F., Schadle, I.**, Interfaces réduites pour l'entrée de texte, Etat de l'art et présentation du communicateur Sibylle pour l'aide à l'écriture de personnes handicapées, dans *Revue RIHM* (à paraître en 2005).

[Vella et al., 2005a] **Vella, F, Collignon, A, David, A, Chabbert, V, Vigouroux, N.**, Pour une meilleure utilisabilité des pages Web par des handicapés moteurs : modèle de Fitts et méthodes de conception centrée-utilisateur, dans *Actes d'IHM 2005*, 27-30 Septembre 2005.

[Majaranta et al., 2003] **Majaranta, P., MacKenzie, I. S., Aula, A., & Rähä, K.-J.**, Metrics for text entry research: Auditory and visual feedback during eye typing. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 2003*, pp. 766-767. New York: ACM, 2003.

[LoPresti et al., 2003] **LoPresti, E.F., Brienza, D.M., Angelo, J.; Gilbertson, L.**, Neck range of motion and use of computer head controls in *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol. 40, N° 3, May/June 2003, pp. 199-212.

[Spérando01] **Spérando, J-C.**, Critères ergonomiques de l'assistance technologique aux opérateurs dans *Actes de JIM 2001*, Metz (France) 4-6 juillet, pp. 30-37

[Soukoreff, et MacKenzie, 1995] **Soukoreff, R.W., MacKenzie, I.S.**, Theoretical upper and lower bounds on typing speed using a stylus and soft keyboard. In *Behaviour & Information Technology*, 14, pp. 370-379.

[Zhai et al., 2000] **Zhai, S., Hunter, M., Smith, B.A.**, The Metropolis Keyboard - an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. *Proceedings of The 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*. San Diego, California: ACM. pp. 119-218, 2000.

[Leshner et Moulton, 2000] **Leshner, G.W., Moulton, B.J.**, A method for optimizing single-finger keyboards, in *Proceedings of the RESNA 2000 Annual Conference*, pp.91-93, 2000.

[Bérard, 2004] **Bérard, Ch.**, Clavier-écran : concevoir avec les utilisateurs, *Dans Actes of Handicap '2004*, Paris, 17-18 Juin 2004, pp.83-88.

[Vella et al., 2005b] **Vella F., Vigouroux N., Truillet, Ph.** SOKEYTO: a design and simulation environment of software keyboards, Assistive technology from virtuality to reality, in *Proceedings of AAATE'05*, Lille (France), 6-9 september 2005.

[Fitts 1954] **Fitts P.M.**,The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of the movement, *Journal of experimental psychology*, Vol. 47, pp.381-391, 1954.

[Hick 1952] **Hick, W. E.** On the rate of gain of information, Quarterly in *Journal of Experimental Psychology*, Vol. 4, pp. 11-26, 1952.

[Mayzner et Tresselt, 1965] **Mayzner, M. S., Tresselt, M.E.**, Tables of single-letter and digram frequency counts for various word-length and letter-position combinations, *Psychonomic Monograph Supplements*, 1(2), 13-32, 1965.

[Decalme & Perennou, 1998] **de Calmès M, Pérennou G.**, BDLEX : a Lexicon for Spoken and Written French. Dans: *1st International Conference on Language Resources & Evaluation (LREC1998)*, p.1129-1136, 28-30 mai 1998;

[MacKenzie et Zhang, 1999] **MacKenzie, I. S., Zhang, S. X., & Soukoreff, R. W.**, Text entry using soft keyboards, in *Behaviour & Information Technology*, 18, pp. 235-244, 1999.

- [HarBusch & Kühn, 2003] **Harbusch, K., Kühn, M.**, An evaluation study of two-button scanning with ambiguous keyboards in *Proceedings of the 7th European Conference for the Advancement of Assistive Technology (AAATE 2003)*, Dublin, Ireland, 2003.
- [Vigouroux et al, 2004] **Vigouroux, N., Vella, F., Truillet, Ph., Raynal, M.**, Evaluation of AAC for text input by two populations: normal versus handicapped motor persons, *8th ERCIM UI4All*, Vienna (Österreich), 28-29 June 2004, Adjunct Proceedings, 14 pages
- [Raynal et al., 2005] **Raynal, M., Maubert, S., Vigouroux, N., Vella, F., Magnien, L.**, *E-Assiste: A platform Allowing Evaluation of Text Input System*. Dans : *3rd Int. Conf. on Universal Access in Human-Computer Interaction (UAHCI 2005)*, Las Vegas, USA, 22-27 July, 2005.
- [Raynal et Vigouroux, 2005a] **Raynal, M., Vigouroux, N.**, Genetic Algorithm to Generate Optimized Soft Keyboard. *Conf. for Human-Computer Interaction (CHI 2005)*, Portland, Oregon USA, 2 7 April 2005. ACM, ISBN 1-59593-083-3, pp.1729 - 1732.
- [Hunnicuttt et Carlberger 2001] **Hunnicuttt, S., Carlberger, J.**, Improving Word Prediction Using Markov Models and Heuristic Methods, in *Augmentative and Alternative Communication*, 17, pp. 255-264, 2001.
- [Catach 1984] **Catach, N.**, Les listes orthographiques de base du Français (LOB) *NATHAN 84*.
- [Mackenzie, 2002] **Mackenzie, I.S.**, KSPC (KeyStrokes per Character) as a Characteristic of Text Entry Techniques, in *Proceedings of Mobile HCI 2002*, Springer Verlag, 2002, pp.195 – 210.
- [Raynal et Vigouroux, 2005b] **Raynal M., Vigouroux N.**, KeyGlasses: Semi-transparent keys to optimize text input on virtual keyboard. In *Proceeding AAATE 2005*, Lille, France, 6-9september 2005.