

# Etude de l'optimisation de claviers virtuels au travers des sujets handicapés versus valides

Frédéric Vella, Nadine Vigouroux

IRIT (Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Université Paul Sabatier)  
Equipe Dialogue InterAction Multimodalité Accessibilité et Nouvelles Technologies (DIAMANT)  
118, Route de Narbonne 31062 Toulouse Cedex  
{vella, vigourou}@irit.fr

## RESUME

L'objectif de ce papier est de présenter les problèmes de saisie de texte concernant les sujets handicapés. Deux expérimentations ont permis de montrer que les modèles neurophysiologiques conçus pour la saisie de texte ne sont pas adaptés pour les sujets handicapés. A partir de ces résultats nous avons été obligé de concevoir un environnement de conception de claviers virtuels qui évalue de manière théorique leurs performances.

**MOTS CLES :** Modèles neurophysiologiques, handicapés moteurs, clavier virtuel.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to present the problems of text input concerning the disabled subjects. Two experiences have showed that the neurophysiological models designed for the text input are not adapted for the disabled subjects. From these results we were obliged to elaborate an environment of design for virtual keyboards which evaluates in a theoretical way their performances.

**CATEGORIES AND SUBJECT DESCRIPTORS:** H.4 [Information Systems Applications]: Miscellaneous; D.2.8 [Software Engineering]: Metrics/complexity measures.

**KEYWORDS :** Neurophysiological model, diseabled motor, virtual keyboard.

## INTRODUCTION

La communication écrite est une activité cognitive essentielle pour l'échange d'informations numérique (rédactions de documents textuels, accès aux serveurs d'informations, communication inter-personnes via des boîtes de communication (fenêtre chat, etc.) ou encore l'écriture de SMS<sup>1</sup> avec l'arrivée des dispositifs portables, etc. Depuis les années 1980, de nombreuses recherches sur les aides technologiques d'assistance à la saisie de texte ont été conduites dans divers contextes pluridisciplinaires : en perception sur l'étude du mouvement [8], dans une tâche de saisie manuscrite instrumentée ou au travers de claviers logiciels et plus récemment en interaction homme-machine sur le processus d'interaction [1], optimisation de la configuration spatiale des touches [8], etc.

Les claviers virtuels, WiVik<sup>2</sup> et QualiKey<sup>3</sup> sont utilisés par

des personnes handicapées moteurs des membres supérieurs. Durant la saisie, ces personnes effectuent des parcours d'une touche à une autre. Du fait que les distances parcourues soient longues et répétées dans le temps, elles éprouvent fréquemment de la fatigue [7]. Les conséquences visibles sont l'apparition de fautes d'orthographe et une saisie de texte plus longue. Afin d'éviter ces deux conséquences, nous devons rechercher une configuration qui optimise : 1) le déplacement du pointeur de la souris et 2) le temps de recherche d'une touche. Pour réaliser cette optimisation nous avons besoins de modèles évaluant les performances humaines pour une tâche de saisie de texte. D'ailleurs certains ont été élaborés pour étudier les temps de réaction ou de production de trajectoires de la souris ou au clavier : on peut mentionner, les lois de Fitts [3], de Hick-Hyman [4, 5]. Ces lois ont permis la modélisation des performances d'un utilisateur pour la réalisation d'une tâche comme avec le modèle KLM [1] (temps d'une tâche d'exécution en tenant compte de la conception et spécification de cette dernière) ou encore dans le cadre de la saisie de texte [8]. Cependant, l'expérience effectuée par Edmund [2] sur l'utilisation des commandes de l'ordinateur à l'aide des mouvements de la tête a prouvé que les modèles neurophysiologiques ne sont pas adaptés aux personnes handicapées. Les estimations théoriques de ces taux de performance du mouvement semblent être éloignées de la réalité pour les personnes handicapées. Ces problématiques nous ont conduit à deux grandes tâches qui sont : 1) la modélisation de la tâche de saisie de texte pour des personnes handicapées et 2) l'élaboration d'une plateforme de conception de claviers virtuels.

Dans ce papier nous décrivons un premier travail. Tout d'abord, un bref récapitulatif des lois et des modèles sera réalisé. Puis nous décrivons deux évaluations sur deux populations (personnes handicapées moteurs (type Myopathie) et personnes valides (en tant que population de référence)). Ces expérimentations se sont appuyé sur les trois actions permettant la saisie au clavier virtuel (visualiser, déplacer et sélectionner). Ces dernières ont permis d'observer les comportements différents entre personnes valides et handicapées. Enfin, ces résultats et les besoins des utilisateurs nous ont conduit à la conception de l'environnement SOKEYTO dont nous décrivons les principes.

## PRESENTATION DES LOIS ET DES MODELES

Depuis les années 50, bon nombre de recherches ont eu lieu sur les différentes méthodes modélisant les processus humains. La première modélisation fut abordée par Hick [4] et Hyman [5], elle concerne le temps de prédiction de sélection d'un item dans un ensemble de choix possibles (caractère ou mots par exemple). La seconde modélisation fut abordée par Fitts [3], elle concerne le temps pour se déplacer d'une cible à une autre. A partir de ces deux lois des

---

Réserver cet espace pour la notice de copyright

<sup>1</sup>

<sup>2</sup> <http://www.wivik.com/>

<sup>3</sup> <http://www.qualilife.com>

méthodes semi-intensives<sup>4</sup> (comme par exemple Keystrokes-Level-Model (KLM) [1]) ont été élaborés.

Le modèle KLM [1] est un modèle donnant la prédiction de la durée d'une tâche à exécuter selon un scénario donné. L'approche de KLM [1] consiste à spécifier d'abord un scénario définissant une action à effectuer. Ensuite, dans ce scénario il faut décomposer cette action en plusieurs sous activités qui va ensuite donner lieu à un modèle de tâche. Ce modèle va être obtenu grâce à des opérateurs de temps qui sont les suivants :

$$T = T_K + T_P + T_H + T_D + T_M + T_R \quad (1)$$

Où :

T: temps total nécessaire à l'exécution d'une tâche;  $T_K$  : temps nécessaire pour effectuer un click;  $T_P$  : temps de pointage;  $T_H$  : temps nécessaire pour prendre un dispositif;  $T_D$  : temps de déplacement de curseur d'un point à un autre;  $T_M$  : temps de l'activité mentale de l'utilisateur;  $T_R$  : temps de réponse du système.

Dans le scénario de tâche – saisie d'un caractère – l'estimation est réalisée avec les valeurs empiriques de KLM [1]:

- Prendre en main du dispositif de pointage (H)
- Visualiser une lettre (M)
- Déplacer un dispositif de pointage (P)
- Sélectionner le caractère (BB)

Le modèle prédictif KLM pour les trois types d'utilisateur :

$$T_{\text{débutant}} = H+M+P+BB = 0.4+0.0135+1.5+0.2 = 2.113 \text{ s}$$

$$T_{\text{moyen}} = H+M+P+BB = 0.4+0.012+1.1+0.2 = 1.712 \text{ s}$$

$$T_{\text{expert}} = H+M+P+BB = 0.4+0.006+0.8+0.2 = 1.406 \text{ s}$$

Ces estimations de KLM ont été élaborées pour des personnes valides. Néanmoins, les travaux effectués par Edmund [2] et Keates [6] a prouvé que les modèles neurophysiologiques ne sont pas adaptés aux personnes handicapées. On peut s'interroger sur l'adaptation des valeurs estimées de KLM dans le cas de la saisie de texte pour les personnes handicapées. C'est ce que nous allons montrer maintenant avec les deux études de cas que nous avons réalisé.

## LES ETUDES DE CAS

Nous avons effectué un premier travail dont les objectifs est d'une part de montrer que les lois et les modèles neurophysiologiques ne sont pas adaptés aux personnes handicapées dans une tâche de saisie de texte et d'autre part que les comportements moteurs des personnes valides et des personnes handicapées sont différents.

### Première expérience

#### Protocole

L'expérience décrite dans [9] consiste à comparer deux types de populations dans une tâche de saisie de texte au moyen de deux types de claviers virtuels (Figure 1) : ambigu (clavier type téléphone) et non ambigu (clavier type AZERTY). La saisie à l'aide de ces claviers s'effectue selon trois actions décrites auparavant. Cependant, ces trois actions ne sont pas réalisées de la même manière selon le type de clavier. Pour le clavier non ambigu, l'utilisateur visualise la touche, déplace le pointeur vers cette dernière et la sélectionne. Par contre, pour le clavier ambigu, l'utilisateur visualise la touche contenant le caractère voulu puis déplace le pointeur vers cette dernière et réalise sur le dispositif plusieurs clicks pour sélectionner le bon caractère. La raison pour laquelle nous avons choisi ces deux types de claviers est d'observer lesquels des deux est le plus adapté aux personnes handicapées.



Figure 1 : Clavier type AZERTY et type Téléphone

Pour vérifier cela nous avons émis deux hypothèses :

**Hypothèse 1** : La distance parcourue à l'aide du pointeur est plus longue sur le clavier AZERTY que sur le clavier téléphone.

**Hypothèse 2** : Le temps de saisie est plus long sur le clavier AZERTY (nommé C1) que sur le clavier téléphone sans système de prédiction (nommé C2) et par conséquent le temps de saisie de ce dernier est plus long que le clavier téléphone avec prédiction (nommé C3).

Deux types de populations ont participé à cette expérience : 2 sujets handicapés et 5 sujets valides mais tous sont familiers avec le clavier type AZERTY. Chacune des deux populations a pour consigne de saisir le plus rapidement possible durant 9 sessions un texte s'affichant sur un bandeau. Ce texte est constitué de 1022 caractères qui est lui même divisé en 9 parties c'est à dire, une partie pour chaque session. Une session correspond à un jour.

#### Résultats

A partir de cette expérimentation nous avons obtenu deux résultats.

Le premier résultat (Figure 2) montre que la première hypothèse est vérifiée par les deux populations. En effet, les distances couvertes pendant les saisies de textes sont clairement inférieures pour les claviers C2 que pour C1. Ceci est dû au nombre différent de touches des deux claviers. Les sujets parcourent plus de distance avec le clavier C1 (27 touches) qu'avec les claviers C2 et C3 (10 touches, deux fois plus pour C1 que C2).

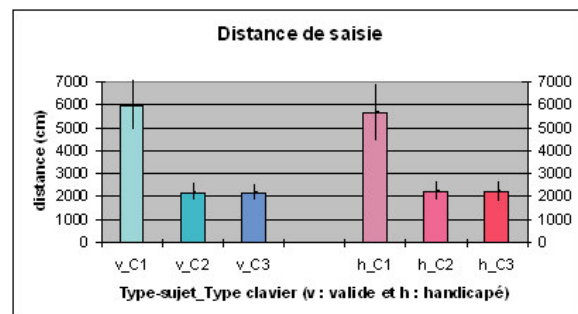


Figure 2 : Distance de saisie en cm

Le second résultat (Figure 3) montre que l'hypothèse 2 n'est pas vérifiée. En effet, pour les deux types de populations, le clavier C1 reste le plus performant concernant la vitesse de saisie des textes en comparaison avec les claviers C2 et C3. Toutefois, les performances de C3 sont meilleures que C2. Ceci pourra s'expliquer par le fait que le clavier C1 est utilisé quotidiennement par les sujets. Par conséquent, la configuration spatiale de C1 est connue. Cependant, nous observons une augmentation croissante des performances des sujets valides comme dans [8]. Il y aurait donc un effet d'apprentissage qui se produit progressivement pendant les neuf sessions pour C2 et C3.

Cependant, nous pouvons observer chez les sujets handicapés que les performances de ces deux claviers C2 et C3 rejoignent celui de AZERTY.

L'explication évoquée pourrait être que les clics successifs effectués sur les claviers ambigus sont plus difficiles à ré-

<sup>4</sup> évaluation avec tâche réelle et utilisateur simulé

aliser que les mouvements du pointeur, pour les sujets handicapés.

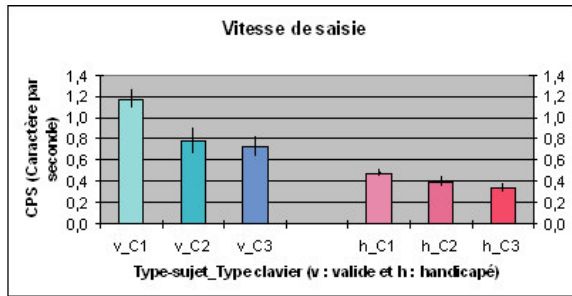


Figure 3 : Vitesse de saisie en CPS (Caractère / Seconde)

Etant donné que les deux populations ont une meilleure performance avec le clavier C1, nous avons calculé la valeur théorique de la saisie du texte de 1022 caractères avec le modèle KLM [1]. Lors de la comparaison avec la valeur théorique (Tableau 1), nous remarquons que l'écart avec cette dernière est plus important avec le résultat expérimental des sujets handicapés (- 0,513) qu'avec celui des sujets valides (+ 0,167). Les résultats rejoignent ceux de Keates [6] et Edmund [2]. Ceci confirme que les valeurs empiriques de KLM ne sont pas adaptées aux personnes handicapées.

	Expert
CPS correspondent KLM	0,993
CPS pour sujets valides	1,16
CPS pour sujets handicapés moteurs	0,48

Tableau 1 : Vitesse de saisie théorique en CPS comparée avec la vitesse de saisie expérimentale

## Deuxième expérience

### Protocole

Comme nous avons vu dans l'expérience précédente nous avons évoqué le problème des clics successifs, c'est la raison pour laquelle nous avons réalisé une deuxième expérience. Elle consiste à comparer le temps de réponse d'une série de clics entre les deux populations d'étude (handicapées et valides).

Nous avons formulé les hypothèses suivantes :

**Hypothèse 1 :** La vitesse moyenne des clics est plus importante chez les sujets valides pour que chez les sujets handicapés moteurs.

**Hypothèse 2 :** Les symptômes de fatigue sont plus ressentis par les personnes handicapées que par les sujets normaux.

Dans le cadre d'une pré-expérience, ces hypothèses ont été évaluées sur 4 personnes valides et 2 personnes handicapées. Les sujets sont familiers des ordinateurs, nous n'avons donc pas procédé à une phase de découverte du test.

Le sujet effectue durant 13 minutes une série de clics. La vitesse est obtenue par la mesure des clics successifs réalisée avec un dispositif de pointage (souris ou trackball). Cette expérience consiste à cliquer à l'aide du dispositif de test sur le rectangle de 3\*10,5 centimètre qui apparaît au milieu de l'écran de l'ordinateur.

### Résultats

La Figure 2 montre que les utilisateurs valides sont réguliers (pour v1,v2,v3 et v4). Ces résultats sont identiques à ceux de Keates [6]. Les résultats obtenus sur les sujets handicapés (h1 et h2) moteurs montrent qu'il est nécessaire d'avoir plusieurs profils d'utilisateur handicapé. Les résultats montrent la difficulté des personnes handicapées motri-

ces à produire des mouvements [7]. L'hypothèse 1 est confirmée : les personnes handicapées moteur sont approximativement (1,48 fois) plus lente que les personnes valides. L'hypothèse 2 est elle aussi confirmée, nous pouvons observer que que h1 et h2 "oscille" plus que v1,v2,v3 et v4, cela explique que les sujets handicapés éprouvent plus de fatigue que les sujets valides. Ces résultats préliminaires montrent qu'il est nécessaire de poursuivre les études afin d'obtenir des explications sur le comportement différent dans une tâche de saisie entre personnes valides et personnes handicapées. Une explication est suggérée par [6] qui a montré qu'une personne handicapée moteur doit faire un effort cognitif supplémentaire (comme se concentrer) pour réaliser des mouvements physiques.

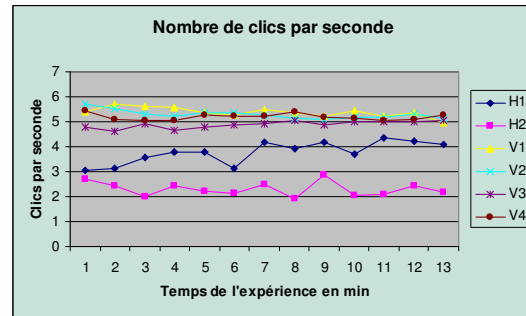


Figure 4 : Vitesse du nombre de clics

Les premiers résultats de ces deux expériences soulèvent la question de l'adéquation des modèles prédictifs de performance aux sujets handicapés. Ils en résultent plusieurs axes d'études. Faut-il: a) augmenter le nombre de sujets pour voir si les résultats préliminaires sont cohérents; b) élaborer des modèles de prévision prédictive qui représenteraient mieux les comportements moteurs des sujets en situation d'écriture; c) déterminer les facteurs de la fatigabilité ou l'effet de l'interaction.

Dans cet objectif d'étude, nous avons développé une première version de la plate-forme SOKEYTO de conception de claviers virtuels (agencement spatial des touches). Ainsi pour chacun des claviers virtuels, des taux de prédiction sont possibles selon les modèles de Fitts, Hick-Hyman et de KLM.

## PLATE-FORME SOKEYTO (SOFT KEYBOARD TOOLKIT)

L'environnement SOKEYTO (Figure 5) permet de concevoir des claviers virtuels avec une configuration spatiale des touches différentes, des langages de saisie différents (alphanumérique, alphabétique phonétique international, etc.) ainsi que des fonctionnalités différentes (système de prédiction linguistique, clavier multi niveau). La représentation du clavier est décrite dans un langage au format XML (eXtended Markup Language).

Ainsi, nous pouvons disposer d'une base de ressources de claviers virtuels à des fins d'usages et d'études de performances suivant leur description.. Contrairement aux environnements WiVik et QualiKey, SOKEYTO intègre (comme dans [10] concernant d'autres types d'interfaces) des modèles et des lois neurophysiologiques : loi de Fitts [2], loi de Hick-Hyman [3] et le modèle KLM (Keystroke-level-Model) [1]. Cela permet de concevoir et de valider (de manière théorique) rapidement les performances de nouveaux claviers virtuels.

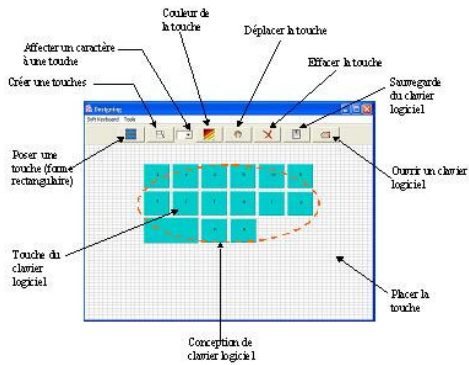


Figure 5 : Interface de conception de SOKEYTO

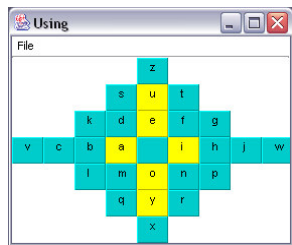


Figure 6 : Clavier "Annie" avec différenciation des voyelles et consonnes

Le Tableau 2 illustre les résultats théoriques obtenus grâce aux modèles neurophysiologiques intégré dans SOKEYTO qui permet d'estimer le temps de saisie théorique, (respectivement pour les claviers « Annie » (Figure 6) et « AZERTY »). Ce temps théorique est obtenu pour la saisie du texte suivant (exemple contenu dans les polices de caractère de windows) : « voix ambiguë d'un coeur qui au zephyr préfère les jattes de kiwis ».

C=31 E=10	Hick-Hyman	Fitts	KLM		
			Débutant	Moyen	Expert
Annie	0,659	27,77	112,26	86,1	66
AZERTY	0,659	31,11	112,26	86,1	66

Tableau 2 : Résultats de SOKEYTO (C(pixels) = largeur de la touche et E (pixels) = écart entre les touches)

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons vu, grâce aux résultats que les modèles neurophysiologiques ne sont pas adaptés aux personnes handicapées et que les comportements moteurs des sujets valides et handicapés sont différents. Par conséquent, notre future travail sera consacrée à l'élaboration de lois visant à mieux considérer les performances et les caractéristiques des sujets handicapés lors des tâches de saisie et de navigation. Nous envisagerons également de mesurer les effets du type de tâche, du dispositif de pointage (*trackball*, suivi du regard).

De plus, nous avons conçu l'environnement SOKEYTO permettant de générer une collection de claviers virtuel. Dans cette plateforme, nous ajouterons de nouvelles fonctionnalités permettant d'étudier l'effet des caractéristiques morphologiques de la touche (formes de touche, couleurs, espacement, etc.); la conception de claviers ambigus, l'intégration de nouvelles fonctionnalités comme l'arrangement spatial des touches ; l'ajout de plusieurs fonctionnali-

tés à chaque touche, la génération d'une configuration spatiale des touches à partir d'une analyse statistique d'un corpus de texte ; l'insertion des systèmes de prédiction linguistique; l'intégration de nouveaux modèles neurophysiologiques.

## REMERCIEMENTS

Je remercie Karine Rigaldie d'avoir relu le résumé en anglais.

## BIBLIOGRAPHIE.

1. Card, T.P. Moran, A. Newell, *The Psychology of Human-Computer Interaction*, 1983 Lawrence Erlbaum Associates.
2. Edmund F. LoPresti, PhD; David M. Brienza, PhD; Jennifer Angelo, PhD, OTR/L; Lars Gilbertson, PhD Neck range of motion and use of computer head controls Assistive Technology Sciences, Pittsburgh, PA; *Koester Performance Research*, Ann Arbor, MI; Department of Bioengineering and Rehabilitation Science and Technology Department, University of Pittsburgh, 5040 Forbes Tower, Pittsburgh, PA, 2003.
3. Fitts P.M., "The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of the movement", *Journal of experimental psychology* 47, 1954 pp.381-391.
4. Hick, W. E. On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, pp. 11-26, 1952.
5. Hyman R., "Stimulus information as a determinant of reaction time", *Journal of Experimental Psychology*, n°45, 1953, pp. 188-196.
6. Keates S, Clarkson J, Robinson P. Investigating the applicability of user models for motion-impaired users. *Proceedings of Assets 2000: Fourth International ACM Conference on Assistive Technologies*; 2000 Nov 20-22. pp. 129-36, 2000.
7. Leshner, G.W. & Moulton, B.J. "A method for optimizing single-finger keyboards." *Proceedings of the RESNA 2000 Annual Conference*, pp 91-93.
8. MacKenzie, I. S., & Zhang, S. Z. The design and evaluation of a high performance soft keyboard. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '99*, pp. 25-31. New York: ACM, 1999.
9. N. Vigouroux, F. Vella, Ph. Truillet, M. Raynal, Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects: Able-bodied Subjects and Disabled Motor Subjects, *8th ERCIM UI4All*, Vienna (Österreich), 28-29 June 2004.
10. Scott Hudson, Bonnie John, Keith Knudsen, Michael Byrne, "A Tool for Creating Predictive Performance Models from User Interface Demonstrations", *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, v1, n1, pp. 93-102, November 1999.