

Systeme de saisie de texte visant à réduire l'effort des utilisateurs à handicap moteur

Maxime Baas¹, Yohan Guerrier¹

Univ Lille Nord de France, F-59000 Lille¹
UVHC, LAMIH, F-59313 Valenciennes
CNRS, UMR 8530, F-59313 Valenciennes
maxime.baas@free.fr, yohan.guerrier@gmail.com
christophe.kolski@univ-valenciennes.fr

Christophe Kolski¹, Franck Poirier²

Laboratoire VALORIA²
Université de Bretagne Sud
Franck.Poirier@univ-ubs.fr

RESUME

Le système K-Thot présenté dans cet article a pour but la diminution des efforts, principalement des mouvements, dans un contexte de saisie de texte ; il est destiné à des utilisateurs éprouvant des difficultés à saisir des données sur un clavier physique. Dans le cadre de cet article, nous présentons un clavier visuel mono-tape qui doit remplacer un clavier physique. K-Thot est composé de dix touches contenant quatre caractères, chacun placé à un point cardinal. Pour saisir un caractère, l'utilisateur clique sur la touche le contenant pour la sélectionner, puis pour saisir, sort le pointeur du coté où se trouve le caractère. Quatre dispositifs seront proposés, un dans l'ordre classique azerty, un dans l'ordre alphabétique, un organisé (disposition créée par un algorithme) et un dynamique (une fois une lettre validée, le clavier réorganise les caractères sur les touches, afin de présenter en priorité ceux ayant la plus forte chance d'être saisis par la suite, grâce aux statistiques apportées par les N-grammes). Après une analyse des systèmes du même type, K-Thot est expliqué en détail. Les résultats issus d'expérimentations préliminaires sont fournis et discutés.

MOTS CLES : Saisie de texte, interaction homme-machine, handicap.

ABSTRACT

The K-Thot virtual keyboard system presented in this paper aims to decrease the effort (especially movements) needed to make a text input and is intended for users who have difficulty entering data on a physical keyboard. As part of this article, we present a virtual keyboard typing to replace a physical keyboard. K-Thot is composed with ten keys, each containing four characters, one by cardinal point. Entering a character is done by selecting the key containing it and making a cursor leave on the side where the target character is. Four devices will be proposed, The first one will use the classical azerty layout, the second one will use an alphabetical order, the third one will be organized (provision created by an algorithm) and the last one will be a dynamic layout (once a letter has been validated, the keyboard rearranges the letters on the keys to present first those with the highest chance of being captured

later, thanks to statistics provided by the N-grams). After an analysis of similar systems, K-Thot is explained in detail. Early results from preliminary experiments are provided and discussed.

KEYWORDS: Text entry, Human-Machine Interaction, handicap.

INTRODUCTION

De nos jours, où les inégalités entre les personnes font l'objet de nombreux débats, l'une d'entre elles est trop souvent oubliée : l'inégalité devant les ordinateurs. Celle-ci peut prendre différentes formes, dues à l'âge, au niveau de connaissance, à la langue ou encore à certains handicaps. Relativement à ce dernier critère, saisir un document, naviguer ou discuter sur internet, envoyer un courriel, etc., peuvent s'avérer très difficiles avec un clavier physique et/ou une souris classique, notamment pour les personnes ayant un handicap moteur : comme les infirmités motrices cérébrales (I.M.C.) [9, 11] ou les paralysies cérébrales [17]). Afin de pouvoir utiliser un ordinateur, pour saisir du texte ou même communiquer, ces personnes doivent utiliser un dispositif substituant la souris, qui peut être un joystick, un trackball, une licorne, ou dans le cas des handicaps les plus forts, un simple bouton poussoir (ou bouton dit « tout ou rien ») [1, 2] (Figure 1).



Figure 1 : Différents dispositifs de pointage (de haut en bas gauche à droite) : joystick, contacteur par soufflage, bouton tout-ou-rien, licorne, trackball

Ne pouvant pas utiliser un clavier physique, ces personnes doivent utiliser un clavier simulé (ou visuel / virtuel) qui va leur permettre de communiquer. Ces claviers peuvent se répartir en deux catégories :

- Les claviers standards (monotape) qui ont une lettre par touche. Le nombre de lettres et la disposition (qwerty, azerty, alphabétique complet, majuscules uniquement, etc.) varient selon le logiciel et ses fonctionnalités. Ils ont la principale qualité d'avoir une saisie plus facile, mais allongent les déplacements de la souris [23].
- Les claviers réduits ambigus (multitape). Une même touche correspond à plusieurs lettres et un système de désambiguïsation est utilisé pour définir la bonne lettre (c'est le principe exploité par le clavier T9). Ces claviers réduisent le déplacement du pointeur de la souris grâce à leurs petites tailles et sont souvent utilisés sur les appareils réduits comme les téléphones, PDA...

Cet article propose un ensemble d'apports, pour aider et accélérer la saisie de texte sur un ordinateur, en diminuant les mouvements de souris pour l'utilisateur. Après un état de l'art portant sur différents types de claviers, nous présentons le clavier (pouvant aussi être vu comme un système) K-Thot de K, de Keyboard, et Thot qui est le dieu égyptien des scribes, qui a donné naissance à l'écriture et au langage. Ses caractéristiques sont décrites, puis les premières expérimentations relatives à ce clavier sont présentées, de même que les résultats obtenus et un comparatif avec le clavier SEB de KeyGlass [19].

ETAT DE L'ART

Pour définir la disposition des touches, nous avons étudié les claviers physiques et virtuels existants [15, 18], qui devaient respecter les critères suivants :

- Accélérer la vitesse de frappe (en lien direct avec le critère WPM : *Words Per Minute*).
- Minimiser le trajet de la souris.
- Offrir un pointage du curseur de la souris facile et précis, visible à l'écran.
- Offrir un clavier suffisamment visible/lisible pour aider les handicapés visuels (mal voyants).

Parmi les claviers existants, plusieurs claviers sont, à ce sujet, particulièrement intéressants de par leurs innovations. Comme le clavier Dvorak [5] qui propose une alternative au clavier physique, et qui dispose les consonnes et les voyelles les plus probables sur la ligne médiane du clavier. Cette disposition permet d'accomplir moins de mouvements complexes avec les doigts et offre ainsi une saisie plus confortable. Il est important de préciser qu'il ne devient aussi efficace (en WPM) que l'azerty, qu'après plus de 40h d'utilisation.

Le XPeRT [22] propose une disposition ressemblant au qwerty ; son principe est de regrouper les digrammes (groupes de 2 lettres) les plus fréquents. De même, les lettres les plus fréquemment utilisées comme 'e' apparaissent plusieurs fois sur le clavier.

Les claviers OPTI et FITALI [14] proposent les lettres les plus probables en leur centre, ces claviers disposent 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 [7], 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.

Le Métropolis [24], créé à partir de l'algorithme glouton du même nom, 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.

Les outils d'aide aux utilisateurs handicapés possèdent la plupart du temps un système de prédiction de mot. Par exemple, Sybille [21] est un clavier de prédiction qui aide l'utilisateur à saisir plus rapidement, en prédisant les lettres et les mots les plus probables pendant la saisie.

Un autre outil de prédiction est Dasher [6], avec lequel la saisie de la phrase s'effectue exclusivement en déplaçant la souris. Avec cet outil, le choix d'un caractère s'effectue en déplaçant le pointeur de la souris vers la zone le contenant. Lorsque le pointeur l'a atteint le clavier propose les lettres les plus probables, par rapport au texte précédemment saisi ; les lettres sont présentées en zone de différentes tailles, selon la probabilité de leur saisie.

Le système KeyGlass [19] offre, une fois qu'une lettre est saisie, quatre boutons semi-transparents autour de la touche courante représentant les lettres suivantes les plus probables en se basant sur les di-grammes ; cela permet de diminuer le parcours de la souris, mais diminue corrélativement la vitesse de saisie, car la proposition des lettres sur les boutons n'est pas prédictible par l'utilisateur.

K-THOT

Notre contribution prend la forme du clavier K-Thot. Ses principes de base et caractéristiques sont successivement décrites.

Principes de base de K-Thot

Pour la saisie de texte, K-Thot (figure 2 dans sa version azerty) est un clavier de type « cliquer-glisser », inspiré du WeGliss [4], un clavier réduit pour la wii de Nintendo. Chaque touche du clavier, possède quatre lettres positionnées aux quatre points cardinaux ; l'idée étant d'apporter ainsi une meilleure lisibilité des touches, ce qui peut être utile pour les handicapés visuels (mal

voyants). Pour saisir un caractère, il faut le sélectionner en cliquant (non maintenu) n'importe où dans la touche le contenant, puis sortir le pointeur de la souris, du côté où se trouve la lettre (figure 3). Dans le cas, où l'utilisateur a cliqué sur une touche ne contenant pas la lettre voulue, il peut re-cliquer sur cette touche pour annuler son erreur. Comme avec le clavier HandiGlyph [3], avec K-Thot, l'utilisateur dispose d'un retour visuel : quand il saisit un caractère. Le bouton est gris dans un état inactif, jaune quand on le survole, puis selon le clic souris il devient bleu (pour les minuscules) ou vert (pour les majuscules). Quand la saisie est terminée, il retourne à son état de départ (couleur grise).

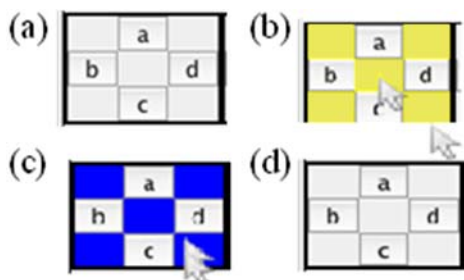


Figure 2 : Saisie de 'a' : (a) le bouton est inactif (en gris), puis (b) devient jaune (ici plus sombre pour la contrainte de publication en noir et blanc) quand on le survole, (c) puis bleu quand on clique dessus et (d) redevient gris à la saisie

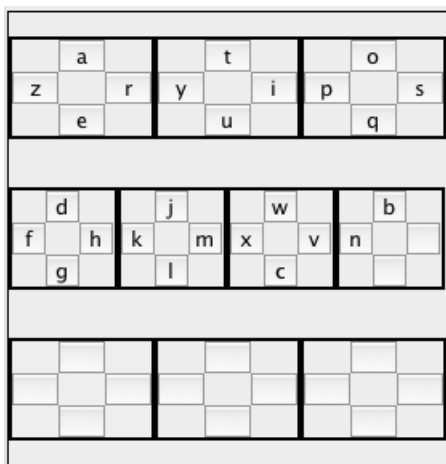


Figure 3 : K-Thot en mode azerty

En partant de l'hypothèse que, pour pouvoir saisir du texte, une personne a besoin d'environ 35-40 caractères (les 26 lettres de l'alphabet, la ponctuation, l'espace, des touches de correction...), il nous semble possible de proposer une composition de neuf ou dix touches, chacune composée de quatre lettres. Actuellement le clavier K-Thot offre 40 caractères répartis sur 10 touches, qui présente l'avantage que chaque touche a plus de voisins (figure 4) ; avec le K-Thot organisé ou dynamique, on aura une meilleure probabilité que les touches voisines possèdent le prochain caractère à saisir [10].

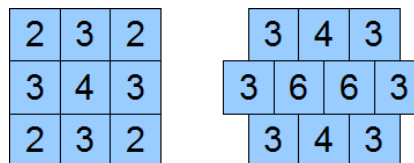


Figure 4 : Disposition du clavier : comparaison du nombre de voisins pour deux dispositions à 9 et 10 touches

Caractéristiques de K-Thot

K-Thot rassemble plusieurs principes ayant chacun pour but d'apporter une accélération de saisie en diminuant l'effort de déplacement du pointeur ; ces éléments sont utilisés à différentes étapes de la saisie, pour écrire une majuscule, corriger une erreur de saisie ou ajouter un espace. Habituellement, on utilise le clic gauche pour valider (ouvrir un fichier/dossier, valider une saisie, effectuer une action... ; dans certains claviers, il permet aussi la saisie de caractère). Le clic droit, quant à lui, sert beaucoup moins : il est utilisé pour accéder à des options ou menus contextuels (afficher le menu des propriétés d'un fichier, proposer une liste d'actions supplémentaires, effectuer une action alternative dans les jeux vidéos...) mais il sert rarement dans la saisie au clavier. Le clavier présenté dans cet article exploite le clic gauche et le clic droit, donc chaque bouton permet d'exécuter deux actions différentes.

Dans les claviers classiques, qu'ils soient virtuels, physiques ou projetés, la saisie d'un caractère en majuscule peut s'effectuer de différentes manières :

- Appuyer sur la touche *Caps lock* (verrouillage majuscules), saisir un mot ou une phrase, puis ré-appuyer sur *Caps lock* afin de désactiver la saisie en majuscule. Cette procédure fait perdre du temps au moment de l'activation et la désactivation, surtout si la première ou/et la dernière lettre à saisir sont loin de *Caps lock*, car le pointeur fait un trajet supplémentaire. De plus cette procédure conduit à de nombreuses erreurs de saisie par oubli de désactivation du mode majuscule.
- Pour les claviers physiques, pour saisir un ou plusieurs caractère(s), on peut maintenir la touche *Shift* activée, puis saisir les lettres voulues, et relâcher *Shift*, l'inconvénient de cette technique étant qu'elle n'est pas applicable sur des claviers virtuels tactiles multi-point.
- Pour les claviers virtuels, pour saisir une lettre, il faut cliquer (ou effectuer une action) sur *Shift*, puis saisir un caractère, le clavier repasse automatiquement alors en saisie de minuscule. Le principal inconvénient est le trajet qu'il est nécessaire d'effectuer entre la lettre et la touche *Shift*, qui augmente la distance à parcourir par le pointeur pour chaque frappe, diminuant ainsi la vitesse de saisie selon le positionnement de la touche *Shift* et le fait qu'elle soit représentée une ou deux fois sur le clavier.

Le logiciel K-Thot, sur lequel porte cet article, propose la solution suivante pour la saisie des caractères :

- Pour une minuscule, il faut faire un clic gauche (non maintenu) sur la touche contenant le caractère voulu (ce qui est conforme aux habitudes à ce sujet).
- Pour saisir une majuscule, le principe est le même, sauf que l'utilisateur fait un clic droit.

Le problème reste intact pour les utilisateurs handicapés disposant d'un dispositif tout-ou-rien (qui est un simple bouton poussoir), le système étant légèrement différent pour ce dispositif :

- La saisie d'une minuscule nécessite une simple pression sur le bouton.
- Pour une majuscule, il faut un clic long sur la touche, la durée de ce clic étant définie par l'utilisateur (lors de la configuration du clavier).

Par contre la saisie peut devenir plus longue selon le dispositif de pointage utilisé, car certains dispositifs imposent d'appuyer sur une touche pour passer du clic gauche au clic droit, ce qui allonge le temps de saisie. Ce dispositif de saisie aussi permet de supprimer les touches *Caps lock* et *Shift*, ce qui minimise la taille du clavier et facilite la saisie selon la loi de Hick (exploitée en IHM, la loi de Hick, ou de Hick-Hyman, décrit le temps qu'il faut à un utilisateur pour prendre une décision en fonction du nombre de choix à sa disposition [8]). L'objectif est de réduire la distance parcourue et le nombre de clics de la souris, donc de réduire l'effort et la fatigue pour la saisie des caractères en majuscule.

Dans la saisie de texte, les touches les plus utilisées sont *Espace* et *Backspace* [13] ; une attention particulière doit donc être portée afin de faciliter leur saisie. La méthode de saisie de l'espace a été inspirée par celles des claviers OPTI-II et FITALI qui possèdent de multiples touches *Espace* (4 pour le premier, 2 pour le second). Cette multiplication permet la minimisation des coefficients liés de la loi de Fitts. Dans K-Thot, il y a quatre touches *Espace* (hachurées sur la figure, pour les besoins de la publication en noir et blanc) : une au-dessus du clavier, une en-dessous et deux entre les trois rangées de touches (Fig. 5). Dans les claviers existants, la touche d'effacement arrière (*Backspace*) est généralement unique ; sa taille est un peu plus grande que les lettres, mais son utilisation peut contraindre à effectuer de longs mouvements de la souris pour y accéder et une erreur de saisie est susceptible d'arriver à n'importe quel moment et après n'importe quel caractère. Sur K-Thot, les touches *Backspace* cohabitent avec *Espace*. Ainsi, pour corriger une erreur, le clavier reprend le dispositif « clic gauche, clic droit », vu précédemment. Il suffit d'un clic droit sur une des touches *Espace* pour effacer un caractère, permettant ainsi de réduire les déplacements du pointeur.



Figure 5 : K-Thot en mode alphabétique (les touches espace sont mises en évidence ici en hachuré)

Deux modèles de disposition des lettres sont prévus dans cette version (faisant l'objet d'expérimentation décrites dans la partie suivante).

- Le premier modèle de disposition débouche sur un clavier statique qui a été réorganisé (Figure 6), grâce à un algorithme de recuit-simulé [20]. Ce dernier a pour but de minimiser les distances entre les différentes lettres du clavier en prenant en compte la distance que le pointeur de la souris parcourt pour saisir un texte (sans ponctuation et sans caractère accentué) et selon une statistique trigramme [16], afin d'éviter de grands mouvements de souris et donc diminuer la fatigue.

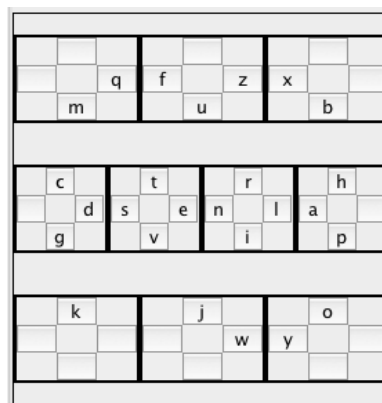


Figure 6 : K-Thot en mode : réorganisé

- Le second débouche sur une version dynamique du clavier (Figure 7). Son but est d'essayer de prédire les prochaines lettres que l'utilisateur va saisir, grâce à l'utilisation de trigramme. Quand une lettre est saisie, cela entraîne un changement de la disposition du clavier se propageant aux autres touches ; ainsi, plus la probabilité de saisie d'une lettre est grande, plus cette lettre sera proche de la touche courante.

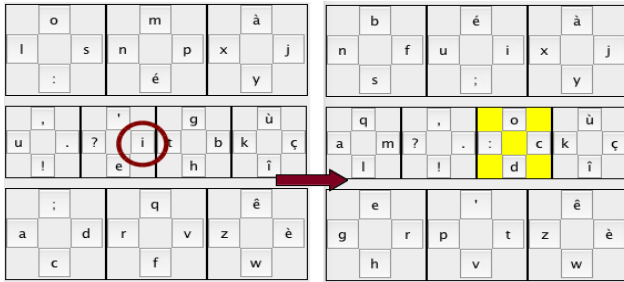


Figure 7 : Saisie de 'i' sur le clavier dynamique

EXPERIMENTATION

Elle a pour objectif de comparer les quatre stratégies de présentation du clavier K-Thot par rapport à plusieurs critères : vitesse de saisie, temps et distance parcourue par le pointeur pour saisir un caractère ou un mot qui est composé de 5 lettres (notons que ce nombre est devenu un standard dans les études de ce type ; il a été préconisé par MacKenzie [12]), nombre de touches frappées pour un caractère (critère KSPC : *Keystrokes per Character*), préférences de l'utilisateur.

Hypothèses

Avant le début des tests, quatre hypothèses ont été retenues :

- Le pointeur de la souris effectue moins de distance avec le clavier réorganisé, mais se rapproche au niveau vitesse de saisie des modèles azerty (Fig. 2) et alphabétique (Fig. 5).
- La saisie des caractères majuscules augmente la vitesse de saisie et les utilisateurs préféreront cette nouvelle méthode de saisie par rapport à la saisie classique.
- La saisie des touches Espace et Effacement sera plus facile et plus rapide à effectuer pour l'utilisateur par rapport au système proposé sur les claviers comme l'azerty ou le qwerty.
- Le clavier dynamique sera en général plus lent que les autres claviers, mais cela sera parfois compensé par de bonnes prédictions.

Protocole

Les sujets doivent effectuer deux sessions, durant lesquelles ils saisissent un maximum de mots avec les différentes dispositions de lettres du clavier. Avant la première session, ils remplissent un questionnaire sur leur âge, leurs habitudes du clavier (physique et virtuel), leurs connaissances sur des claviers virtuels. Pour éviter l'effet d'apprentissage, d'une session à une autre, l'ordre des différents claviers est changé systématiquement (inversement et/ou permutation de l'ordre des claviers). Chaque session est espacée d'au minimum 24 heures. À la fin des deux sessions, ils remplissent un second questionnaire, pour connaître leurs impressions sur les claviers testés et leur permettre d'exprimer des idées d'amélioration. Lors des tests, un logiciel récupère les traces (logs) de la saisie, comme :

- la touche qui a été saisie, ce qui permet d'identifier les erreurs de saisie de l'utilisateur.
- la position de la souris au moment de la saisie, ce qui donne la distance totale parcourue par la souris, ainsi que la distance moyenne entre 2 touches et le temps qu'il a fallu pour saisir une majuscule, faire un espace ou corriger une erreur.
- Le logiciel récupère l'instant de chaque clic, permettant de voir combien de temps il a fallu pour saisir une lettre, et de détecter les moments d'hésitation.

Sessions

Chaque session est composée de 4 saisies avec 4 dispositions de lettres différentes : (1) clavier sous forme azerty, (2) alphabétique, (3) clavier réorganisé à l'aide d'un algorithme d'optimisation et (4) clavier dynamique, réalisé à l'aide de trigrammes. Les mots sont affichés les uns à la suite des autres et commencent tous par une majuscule. Quand un utilisateur a fini la saisie d'un mot, il doit appuyer sur *Espace* pour le valider, puis un nouveau mot s'affiche. Les mots sont de longueur variable et constituent un texte. Une session dure 20 minutes (5 minutes par disposition).

Participants

Trois groupes de personnes (8 en tout, 7 hommes et 1 femme, entre 20 et 60 ans) effectuent les tests :

- Le premier groupe est représentatif des personnes handicapées moteurs, ayant des difficultés de mouvement avec les membres supérieurs. Pour ce test, nous ne disposons que d'un seul testeur, volontaire de sexe masculin, âgé de 24 ans, atteint d'une Infirmité Motrice Cérébrale. Il est bien familiarisé à l'utilisation de l'informatique. Il utilise quotidiennement des systèmes interactifs et des logiciels, essentiellement dans le cadre de ses études et ses loisirs, il a déjà testé plusieurs logiciels dédiés aux personnes handicapées. Soulignons qu'il est difficile de trouver des testeurs volontaires acceptant de venir en laboratoire, avec leur assistant de vie, et de prendre le temps de tester des systèmes qu'ils n'utilisent pas habituellement. Ce testeur sera ici notre sujet référent.
- Un second groupe constitué de deux personnes représente les personnes valides débutant dans l'usage des systèmes informatiques ; elles éprouvent des difficultés à saisir des données et n'ont jamais utilisé un clavier virtuel, ce groupe nous permettra de combler notre manque d'handicapé moteur, car leurs WPM sont proches. Ce groupe est désigné par « novice ».
- Le dernier groupe est constitué de personnes ayant l'habitude d'utiliser l'outil informatique désigné par « pro » et qui saisissent

fréquemment sur un clavier physique ; ils ont presque tous déjà utilisé un clavier virtuel sur un ordinateur et/ou un téléphone.

Ces tests préliminaires vont nous permettre d'établir une première tendance dans l'évolution de K-Thot ; par la suite des tests de plus grande ampleur sont prévus sur un plus grand nombre de participants et de sessions.

RESULTATS ET DISCUSSION

Relativement à l'hypothèse 1 : distance parcourue par la souris

Cette première hypothèse est confirmée pour tous les groupes (Figure 8) : le pointeur a bien parcouru moins de distance. Ce résultat est dû à la réorganisation des lettres par recuit simulé, qui a permis de réduire cette distance, de plus de 25%.

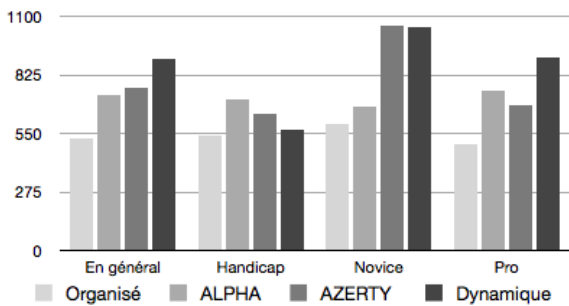


Figure 8 : Distance moyenne (en pixels) parcourue par le pointeur de la souris pour la saisie d'un mot (5 lettres)

Au niveau du temps de saisie d'un mot (Figure 9), les dispositions « alphabétique » et « organisé » sont proches, sauf pour le sujet handicapé référent, qui n'a pas dans un premier temps réussi à s'habituer à la disposition du clavier organisé lors de la première session (un moment de stress ayant eu pour conséquence des mouvements saccadés supplémentaires liés à son handicap a fait chuter ses résultats). Mais lors de la seconde session, ce sujet a réussi un meilleur résultat qui se rapproche de celui des « novices ».

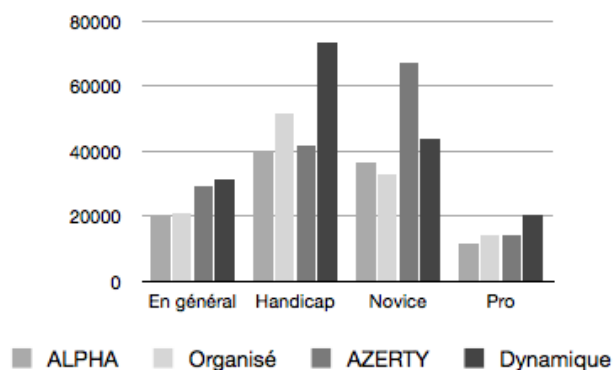


Figure 9 : Temps moyen (en ms), pour la saisie d'un mot (5 lettres)

Au niveau de la vitesse de saisie, l'azerty, l'alphabétique et l'organisé sont généralement proches. Les « Pro » et le sujet référent ont saisi plus rapidement avec le clavier sous sa forme alphabétique, ce qui s'explique par la disposition plus facile à retenir. Le groupe des novices a pourtant eu un meilleur résultat avec l'organisé, cela pouvant s'expliquer par leur niveau informatique et le fait qu'ils recherchaient les lettres sur le clavier. Le clavier dynamique a fini bon dernier, ce qui s'explique par l'instabilité du clavier, les utilisateurs s'y perdent, se fatiguent, et la recherche de la lettre la plus fréquente n'est pas assez performante (Figure 10).

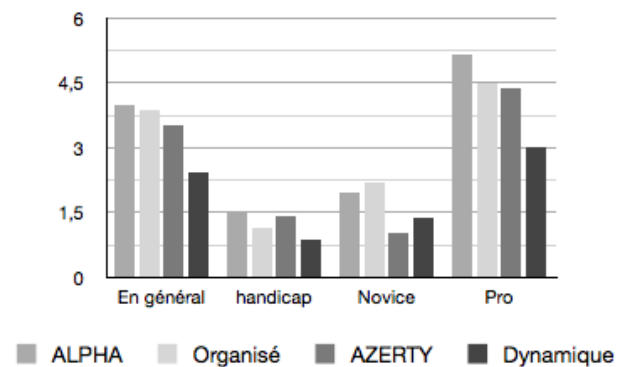


Figure 10 : Nombre de mots saisis par minute (WPM)

Relativement à l'hypothèse 2 : la saisie des majuscules

Pour pouvoir comparer la distance parcourue par la souris pour les actions (1) ajouter un espace, (2) corriger une erreur et (3) saisir une majuscule, un logiciel d'analyse des traces a été développé. En reprenant les saisies effectuées (logs) lors des tests, cela nous permet de reprendre les moments où l'utilisateur a effectué l'une de ces 3 actions. Pour connaître la distance parcourue par le pointeur de la souris (cf. formule ci-dessous), sur l'une de ces actions, on a pris la position (x,y) à l'écran de 3 touches :

- de l'action à mesurer (Espace, *Shift* ou *Backspace*) (Action)
- du caractère saisi précédant l'action (CarP)
- du caractère saisi suivant l'action. (CarS)

$$Distance\ Total\ (CarP, Action, CarS) = \sqrt{(x_{CarP} - x_{Action})^2 + (y_{CarP} - y_{Action})^2} + \sqrt{(x_{Action} - x_{CarS})^2 + (y_{Action} - y_{CarS})^2}$$

Pour comparer une saisie en majuscule entre les deux claviers, on a pris comme hypothèse (sachant que le clavier azerty est composé de deux touches *Shift*) que, lors de la saisie d'une majuscule, l'utilisateur choisira la touche *Shift* qui minimisera la distance à parcourir.

Pour la saisie des majuscules, les résultats (Figure 11) ont montré qu'on parcourait beaucoup moins de distance avec K-Thot : comme la touche *shift* est incluse dans

chaque touche, la distance entre *shift* et le caractère à mettre en majuscule est nulle, donc ici le calcul est équivalent à la distance entre le caractère précédemment saisi et la majuscule. Après les tests, les réponses données lors du questionnaire et des discussions avec les participants, ont révélé que les utilisateurs ont généralement apprécié cette manière de saisir, car elle leur a semblé moins fatigante et plus facile qu'une saisie sur un autre clavier.

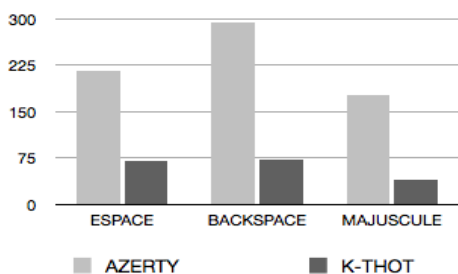


Figure 11 : Comparaison des distances moyennes (en pixels) parcourues par le pointeur de la souris entre un clavier azerty et K-Thot

Relativement à l'hypothèse 3 : la saisie des touches *Espace* et *Backspace*

La répartition de la barre d'espace sur le clavier a permis de réduire la distance à parcourir d'environ 70 %. En effet, le fait de proposer à l'utilisateur de pouvoir saisir la touche Espace à plusieurs endroits lui permet de réduire son effort en diminuant le parcours de la souris, contrairement à l'azerty, qui possède une seule longue touche. La présence de plusieurs grandes touche est en adéquation avec la loi de Fitts qui montre que plus une touche est grande, plus elle sera atteinte rapidement. Pour la saisie d'*effacement arrière*, l'écart entre l'azerty et K-Thot est le plus important. Les explications pour cela sont les mêmes que pour la touche *Espace* : en effet, le clavier azerty ne disposant que d'une touche *Backspace*, située de façon excentrée, une erreur de frappe peut obliger l'utilisateur à effectuer un long aller-retour, tandis qu'avec K-Thot, une correction est plus facile et rapide. Sur ces trois points, le sujet référent trouve ses efforts moindres avec K-Thot, car, selon lui, ce sont les mouvements de souris qui le fatiguent le plus.

Pour connaître l'effort effectué par les utilisateurs, on a comparé les KSPC (*KeyStrokes Per Character*) (figure 12). K-Thot obtient un taux KSPC de 1,11 tous claviers confondus. Les résultats de KeyGlass et K-Thot en organisé sont respectivement de 1,024 et 1,079 KSPC.

Tous les testeurs appartenant au groupe « pro » ont trouvé que la saisie des caractères était facile avec le système « cliquer-glisser ».

Enfin, le sujet référent a trouvé le système « Cliquer-glisser » très simple à utiliser, ce qui est très encourageant.

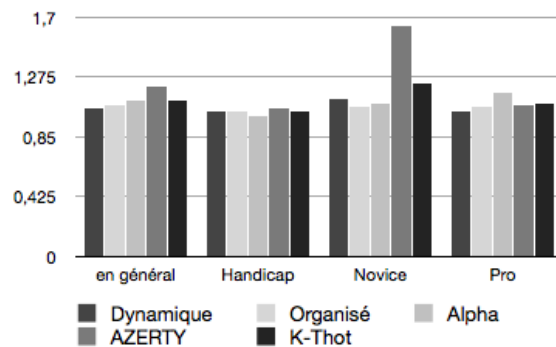


Figure 12 : Comparaison des KSPC

COMPARAISON AVEC KEYGLASS

Les résultats de K-Thot sont maintenant comparés avec un clavier équivalent à l'azerty, le seb (clavier identique à l'azerty, mise à part la disposition des lettres, qui ont été placées aléatoirement afin d'obtenir des performances théoriquement équivalentes à l'azerty), ainsi que le seb équipé avec KeyGlass [20] (figure 13). La distance parcourue en moyenne entre 2 mots est presque identique (KeyGlass a obtenu une distance de 511 pixels contre 526 pour K-Thot avec sa disposition organisée). En revanche, au niveau de la durée de saisie, KeyGlass a obtenu en moyenne 8 282 ms pour entrer un mot ; ceci est beaucoup plus rapide que le K-Thot (organisé) avec 23 122 ms en moyenne. Néanmoins, cette différence est moindre pour le groupe « professionnel » (moyenne de 14 128 avec K-Thot).

VARIABLES	SEB	SEB + KEYGLASS	K-THOT
Distance	1106	511	526
Durée	6895	8282	23122
Erreur	1,015	1,024	1,11

Figure 13 : Résultats obtenus avec le système KeyGlass

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, nous avons proposé un système de saisie de texte, appelé K-Thot, visant à réduire l'effort des utilisateurs à handicap moteur. Les résultats de la première expérimentation ont montré que la saisie des majuscules était beaucoup plus facile avec le système proposé dans cet article. Il reste à étudier si ce système est adaptable à plusieurs handicaps (visuel, physique...). La saisie des touches *Espace* et *Backspace* est également très appréciée, les utilisateurs ayant éprouvé moins de difficulté à effectuer ces deux actions.

Dans le futur, nous souhaiterions que le clavier soit compatible avec un maximum de dispositifs de saisie (comme les contacteurs à souffler, Figure 1, qui restent pour l'instant incompatibles, à cause du système de pressostat qui ne permet qu'un seul type de clic), afin qu'il puisse aider un maximum de personnes handicapées. Dans les développements à venir, une prédiction de mots sera ajoutée, pour minimiser les actions de l'utilisateur pendant la saisie. Pour aider les

personnes ne disposant que d'un dispositif tout-ou-rien, un système de balayage des touches, comme celui proposé par le système Sibylle, devrait être intégré ayant pour but de réduire les clics de la souris, tout en augmentant la vitesse de saisie. Une amélioration pourrait aussi être portée sur le modèle « organisé » afin d'essayer de réduire encore plus le parcours de la souris, tout en gardant une bonne vitesse de saisie. Le clavier dynamique pourrait être aussi amélioré dans le but d'obtenir une meilleure prédiction des lettres. Mais il devra être beaucoup moins dynamique, pour éviter d'engendrer trop de fatigue et pour faciliter la recherche de la lettre désirée. Enfin, d'autres tests devraient être faits, avec plus de personnes handicapées répondant aux besoins du projet ; ainsi nous pourrions mesurer les performances de ce clavier qui a pour principal objectif de les aider.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les testeurs qui leur ont offert une partie de leur temps pour les aider à effectuer les tests.

BIBLIOGRAPHIE

1. Archambault, M. Travail de session : technologies d'adaptation pour les handicapés moteur, Cours IDV 6019, Accessibilité du Web et du multimédia, École d'optométrie de l'Université de Montréal.
2. Ballayer, R. Guide d'accès à l'informatique auprès du public handicapé moteur en Pays de Loire, 2005. Disponible à : www.handitec.com/infoservices/Doc/guide_AT_informatique16mars2005.pdf
3. Belatar M., Poirier F. Text Entry on Mobile Devices for Users with Severe Motor Impairments: HandiGlyph, a Primitive Shapes Based Onscreen Keyboard. *ACM ASSETS 2008*, Halifax, Canada, 2008.
4. Bier, J., Pecci I. Wegliss : clavier virtuel réduit pour wiimote. *Actes informels annexes, Conférence IHM 2009*, Grenoble.
5. Clavier Dvorak : <http://www.algo.be/ergo/dvorak-fr.html>
6. Dasher, site explicatif du clavier : www.inference.phy.cam.ac.uk/dasher/
7. Fitts, P. M. The Information Capacity of the Human Motor System in Controlling the Amplitude of Movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, 381-391, 1954.
8. Hick, W.E. On the rate of gain of information. *Quarterly Jour. of Exp. Psychology*, 4, 11-26, 1952.
9. Le site de l'Infirmitté Motrice Cérébrale : <http://www.imc.apf.asso.fr/>
10. Jones, E., Alexander, J., Andreou, A., Irani, P., Subramanin, S. GesText: Accelerometer-Based Gestural Text-Entry Systems. *SIGCHI Conference on Human Factors in Comp. Systems*, ACM Press, 2010.
11. Leroy-Malherbe, V. L'infirmité motrice cérébrale, In Association des paralysés de France, *Déficiences motrices et handicaps, Aspects sociaux, psychologiques, médicaux, techniques et législatifs, troubles associés*, Paris : Association des paralysés de France, 1996, p. 139-148.
12. MacKenzie, I. S. A Note on Calculating Text Entry Speed, 2002. Disponible à : <http://www.yorku.ca/mack/RN-TextEntrySpeed.html>
13. MacKenzie, I. S., Soukoreff, R.W. Text entry for mobile computing: Models and methods, theory and practice. *Human-Computer Interaction*, 17, 147-198, 2002.
14. MacKenzie, I. S., Zhang, S. X., Soukoreff, R. W. (1999). Text entry using soft keyboards. *Behaviour & Information Technology*, 18, 235-244.
15. Martin, B., Pecci, I. État de l'art des claviers physiques et logiciels pour la saisie de texte. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol. 8, n°2, 147-205, 2007.
16. New, B., Pallier, C., base de données lexicographique. 2001, accessible à : <http://www.lexique.org>
17. Paralysie cérébrale : <http://www.paralysiecerebrale.com/cgi-bin/index.cgi>
18. Poirier F., Schadle I. Etat de l'art des méthodes de saisie de données sur dispositifs nomades. Une typologie des approches. *IHM 2004*, ACM Press, Namur, p. 133-140.
19. Raynal, M. Systèmes de saisie de textes pour les personnes handicapées moteur : optimisation, interaction et mesure de l'utilisabilité. Thèse de Doctorat, Univ. Toulouse III, 2005.
20. Rossmannith P. : http://interstices.info/jcms/c_43811/le-recuit-simule, 2009
21. Wandmacher T., Antoine J.-Y. Poirier F. Sibylle: an adaptive system for alternative communication adapting to the context and its user. *ACM ASSETS 2007*, Tempe, AZ USA, 2007
22. XPeRT, 2003. <http://www.xpertkeyboard.com/>
23. Vella, F, Vigouroux, N. Etude de l'optimisation de claviers virtuels au travers des sujets handicapés versus valides. *Secondes Rencontres Jeunes Chercheurs en IHM (RJC-IHM 2004)*, Lacanau, 20-22 octobre, 99-102.
24. Zhai, S., Hunter, M., Smith, B.A. The Metropolis Keyboard -- An Exploration of Quantitative Techniques for Virtual Keyboard Design. In *Proc. UIST 2000*, San Diego, CA, 119-128.