

Optimisation de la communication pour personnes handicapées

Ghedira souhir
Ecole National d'ingénieurs de Monastir
ghedira_souhir@yahoo.fr

Résumé. Cet article présente le système EDiTH (Environnement Digital de Téléaction pour personnes Handicapées), qui est une aide technique représentant une interface intégrant de multiples fonctionnalités d'aide à la communication et au contrôle d'un environnement. Il s'agit d'un système à balayage, colonne/ligne ou séquentiel selon les écrans, contrôlé par un capteur de type tout-ou-rien adapté à des personnes atteintes d'un lourd handicap moteur. Le principe de la communication assistée sur ordinateur est de composer des messages par l'intermédiaire d'un clavier virtuel présenté à l'écran. Dès lors, le problème qui se pose est celui de la lenteur et de la pénibilité de la composition des messages. Cette aide utilise un algorithme basé sur la modélisation humain/communicateur à défilement pour optimiser la communication et propose de régler le temps de défilement en cours d'utilisation. Plusieurs travaux utilisent la prédiction des lettres pour accélérer la communication, dont l'objectif est de présenter prioritairement les lettres les plus probables sur le clavier simulé avec un temps de défilement fixe. Cette partie, propose de combiner les atouts de notre algorithme « anticipation\erreurs » et la prédiction de lettre dans le but d'améliorer la communication.

Abstract.

Optimization of communication for people with disabilities

This article presents the EDiTH system (Digital Teleaction Environment for People with Disabilities), which is a assistive technology integrating various functionalities for assistance to communication and control of a multimedia environment. This system is based on column -row or sequential scanning (according to the type of screen). For some persons with severe motor disability, the use of scanning devices is the only way to access to a written. The selection or set of selections is validated by an action on a switch. The main problem of this method is the slowness of the communication process. EDiTH system use an adaptative algorithme to automatic adaptation of the scanning rate according to the user. Several studies using the prediction letters to speed up communication, whose role is primarily to present the most likely letters on the keyboard simulated with a fixed time scrolling. This section proposes to combine the advantages of our « anticipation \ errors » algorithm and the prediction letter in order to improve communication.

Mots-clés : Système à balayage, aide technique, modèle du processeur humain, adaptation automatique.

Keywords: Scanning System, assistive technology, Model Human Processor, automatical adaptation.

1 Introduction

Pour certaines personnes handicapées moteurs souffrant de troubles de la communication verbale, le recours à des communicateurs, ou systèmes de «Communication Améliorée et Alternative » (CAA), est le seul moyen disponible pour communiquer et contrôler l'environnement d'une manière autonome. Mais la mise en place d'un outil de communication reste complexe pour plusieurs raisons : un outil de communication intègre une identification précise du besoin de l'utilisateur, un mode d'accès physique sans lequel rien n'est possible et une présentation à l'écran des éléments de communications (pictogrammes, images, etc.).

Le principe de ces systèmes est toujours le même : il faut sélectionner les icônes ou les symboles (lettres ou mots) qui vont construire le message à émettre. Pour valider un choix on peut utiliser un dispositif de pointage qui dépend des possibilités motrices de la personne handicapée (joystick, système de pointage à la tête, etc.).

Dans le cas où la personne présente un lourd handicap moteur, suite par exemple à une sclérose latérale amyotrophique (SLA) ou à un syndrome d'enfermement (LIS), elle peut n'avoir que la possibilité d'utiliser un simple contacteur (capteur de type Tout Ou Rien) pour contrôler le communicateur. Le recours à des systèmes à défilement demeure alors le seul moyen d'interaction humain-machine pour ces personnes. Le principe de ces systèmes consiste en un défilement

lumineux sur un écran ou un tableau spécifique, une action sur le contacteur permettant de valider un choix ou un groupe de choix.

Le principal inconvénient des systèmes de communication à balayage est la lenteur de la communication qu'ils induisent, un délai typique de défilement pouvant varier de 0.2 à 6 secondes. Dans le cas d'une saisie de texte, la tâche de composition de messages est donc longue (1 à 5 mots par minute en moyenne) et fatigante pour les sujets. Dans ce cas, on fait couramment appel à des techniques de prédiction pour améliorer la performance de communication : prédiction de caractères, de fins de mots, de mots compte tenu d'un contexte syntaxique. Ceci se fait cependant au détriment de la charge cognitive. De façon complémentaire, on s'attache également à présenter l'information sous une forme optimisée (balayage ligne/colonne, présentation des choix les plus fréquents en début de balayage, etc.).

Le paramètre essentiel pour la vitesse de communication reste toutefois le temps élémentaire de défilement que nous appellerons T_{scan} . Un défilement trop rapide engendre un nombre important d'erreurs de sélection alors qu'un défilement trop long diminue la vitesse de communication dans des proportions importantes. Ce temps T_{scan} est généralement défini de façon empirique et garde sa valeur tout au long de l'utilisation du système.

Notre système EDiTH propose d'adapter ce temps de défilement pour chaque sujet. Ce réglage se fait fonction de l'état physique et cognitif de la personne au moment où il utilise l'interface de communication et non sur les erreurs réalisés par le sujet. L'application de notre algorithme sur des claviers dynamiques pourrait être également intéressante pour optimiser la communication.

2 Etat de l'art sur les méthodes d'accélération

Les systèmes à défilement proposent des techniques d'optimisation de saisie pour améliorer le temps de communication. Parmi ces techniques on trouve celles qui consistent à accélérer la sélection sur le clavier virtuel en optimisant le temps d'accès à la touche recherchée pour réduire le temps de défilement.

Cette approche est fortement liée au déficit moteur de la personne et au type de clavier utilisé. Parmi les méthodes proposées par les logiciels pour minimiser le nombre de défilements, on peut dans un premier temps adopter un balayage optimisé des touches comme le défilement « ligne/colonne » utilisé dans notre système. Une autre possibilité est d'organiser les touches sur le clavier en utilisant leur fréquence d'utilisation et de présenter au sujet les lettres les plus probables en fonction de ce qu'il a déjà tapé [BOIS] [LESH01] [LESH03].

2.1 Types de défilement

Trois modes de balayage sont couramment utilisés dans les claviers virtuels :

Le balayage linéaire ;

Le balayage ligne/colonne ;

Le balayage bloc par bloc.

Dans le premier cas, pour accéder à une touche, la méthode consiste à parcourir séquentiellement chaque case jusqu'à atteindre la case désirée. Ce défilement est le plus simple mais aussi le plus long. Pour un clavier de T touches, le Nombre de Défilements Moyen (NDM) est donné par la formule suivante : $NDM = 2T + 1$ en considérant que chaque touche est équiprobable [SCHA03].

En balayage colonne/ligne (ou ligne/colonne), la sélection d'un item se fait en deux actions : dans un premier temps, le balayage se fait colonne par colonne, une action sur un contacteur permet de valider la colonne désirée. Le défilement reprend alors dans la colonne en parcourant chacun de ses items. Une nouvelle action sur le contacteur permet de valider un item. Pour un tel balayage, une sélection nécessite deux actions pour activer successivement la colonne et la ligne de la touche désirée. Le nombre de défilements moyen (NDM) pour atteindre une case est donné par la formule suivante : $NDM = 2 \frac{1}{2} L + 1 + C$ où L est le nombre de lignes du clavier et C le nombre de colonnes.

Le dernier type de défilement qui permet encore d'améliorer la vitesse d'accès aux items est le balayage bloc par bloc. Dans ce cas, le clavier est composé de blocs, eux-mêmes composés de sous-blocs qui permettent d'atteindre finalement

les touches. La sélection d'un item est donc réalisée en trois étapes : sélection d'un bloc, puis d'un sous-bloc, et enfin d'une touche.

Dans ce cas le nombre de défilements moyen devient : $NDM = 2 \cdot 3 \cdot T + 1 \cdot 3$ [SCHA01]

Le défilement colonne/ligne permet une sélection plus rapide du caractère recherché que le balayage linéaire mais nécessite une action supplémentaire. Par ailleurs, le défilement linéaire ne demande qu'une attention sur la case qui change de couleur, alors que le défilement colonne/ligne exige une observation complète du clavier, pour choisir la colonne, puis la ligne et implique par conséquent une augmentation de la charge cognitive.

Quel que soit le défilement utilisé, nous pouvons trouver une configuration optimale du clavier fonction du nombre de touches. Dans [CANT], les auteurs ont montré que dans le cas d'un défilement ligne/colonne la matrice optimale des touches forme un triangle rectangle dont les côtés opposés à l'hypoténuse se rejoignent en haut à gauche de l'écran (Figure 1).

L'emplacement des lettres sur la matrice du clavier dépend de leur fréquence d'apparition dans la langue.

SP	a	o	n	l	f	v	-
t	o	s	d	w	k		
i	h	u	y	'			
r	c	g	x				
m	p	j					
b	q						
z							

FIGURE 1 : Clavier optimisé (pour l'anglais) pour un défilement ligne/colonne

2.2 Réorganisation dynamique des touches sur le clavier

Le principe des claviers dynamiques est de réorganiser le clavier après chaque sélection de lettre afin que les caractères les plus probables soient accessibles en un nombre minimal de défilements (Figure 2). La méthode consiste à présenter les lettres dans un ordre correspondant à leur fréquence d'utilisation, et à effectuer la sélection de manière à ce que plus un élément est utilisé, plus sa sélection est rapide. L'étude des fréquences d'utilisation doit se faire sur un échantillonnage suffisamment élevé pour pouvoir obtenir les probabilités d'usage. Cette idée peut être prolongée en utilisant non seulement les fréquences des symboles hors contexte, mais aussi les fréquences des lettres en contexte en fonction des saisies précédentes réalisées par le sujet. Chaque fois que le clavier est remis à jour, le sujet doit parcourir visuellement la totalité de l'écran pour retrouver la nouvelle position du caractère qu'il veut saisir. Cette méthode permet d'augmenter de façon importante la vitesse de la construction des messages, mais elle est plus difficile à appréhender car elle augmente la charge cognitive [LESH02]. Dans le cas d'un défilement linéaire, le caractère dynamique de l'affichage est moins gênant puisque le sujet peut se contenter de considérer la position courante du curseur et celle qui va lui succéder.

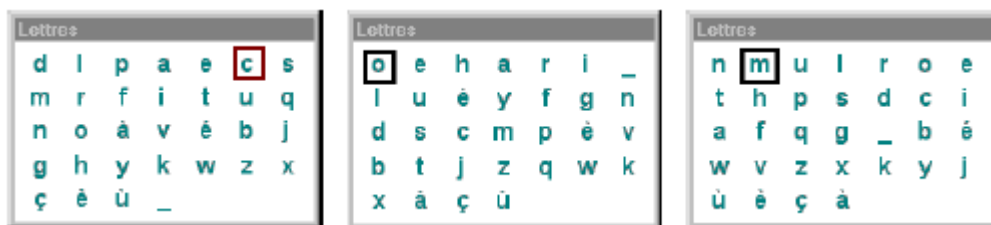


FIGURE 2 : Modification de la disposition des touches après chaque saisie du mot « compter » [SCHA01]

Deux approches ont été étudiées pour permettre une organisation contextuelle des claviers dynamiques. La première méthode est basée sur les connaissances lexicales. Elle permet de construire l'arborescence d'un lexique et de factoriser les fréquences associées à chaque mot. Par conséquent un lexique fréquentiel élaboré sous la forme d'un graphe probabiliste de lettres est parcouru. Chaque noeud de l'arbre représente un caractère. La probabilité d'occurrence d'un

caractère est donnée par la somme des probabilités de ses noeuds fils. La probabilité finale des mots complétés, qui se trouvent dans les noeuds feuilles, est leur fréquence relative d'occurrence dans la langue [ANTO].

L'autre approche s'appuie sur une modélisation markovienne. Elle est fondée sur la fréquence des occurrences des n-uplets de lettres et permet d'estimer la probabilité d'une lettre en fonction des n-1 dernières lettres. Le point fort de l'approche markovienne réside dans le fait que la prédiction n'est pas troublée par l'existence des mots hors dictionnaire, ni par les erreurs de saisies réalisés par le sujet. Cette méthode est utilisée par le système Sibylle développé au Laboratoire VALORIA [SCHA04] qui utilise un pentagramme de lettres, c'est-à-dire qu'il se base sur le contexte de quatre lettres pour prédire la suivante, et présente un système de prédiction de mots et de lettres.

3 Travaux réalisés

Mes travaux de thèse dans [GEDI] ont donné naissance à la nouvelle version EDiTH. Il s'agit d'un système à balayage, colonne/ligne ou séquentiel selon les écrans, contrôlé par un capteur de type tout-ou-rien adapté à l'utilisateur. EDiTH est à la fois une aide à la communication et au contrôle d'environnement et un outil de recherche permettant des évaluations en situation « écologique » c'est-à-dire dans le contexte réel de vie des utilisateurs.

Deux types de défilements sont utilisés, un défilement colonne/ligne dans les interfaces « clavier virtuel » et « communication verbale » et un défilement linéaire dans les autres fonctions. La validation d'un item a pour effet de faire reprendre le défilement au début.

L'utilisateur peut communiquer par écrit par l'intermédiaire d'un clavier virtuel statique (Figure 3). L'interface est composée d'une zone d'édition et d'un clavier virtuel. Chaque item nécessite donc deux actions sur le capteur pour être sélectionné, à l'exception de la touche « espace » constituant la première colonne et validable en une seule action. Après chaque validation d'une ligne le défilement reprend au début. L'action sur la dernière case vide de chaque colonne permet en cas d'erreur de sélection de reprendre le défilement au début. C'est également le cas si nous laissons le défilement s'effectuer deux fois sans validation sur une même colonne.

L'agencement des lettres sur le clavier présenté en Figure 3 résulte d'un compromis entre la fréquence des lettres dans la langue française et les préférences des utilisateurs. En sus des caractères de l'alphabet, le clavier virtuel est composé de touches de déplacement, de touches de ponctuation et d'une touche « 123 » d'accès à un pavé numérique.

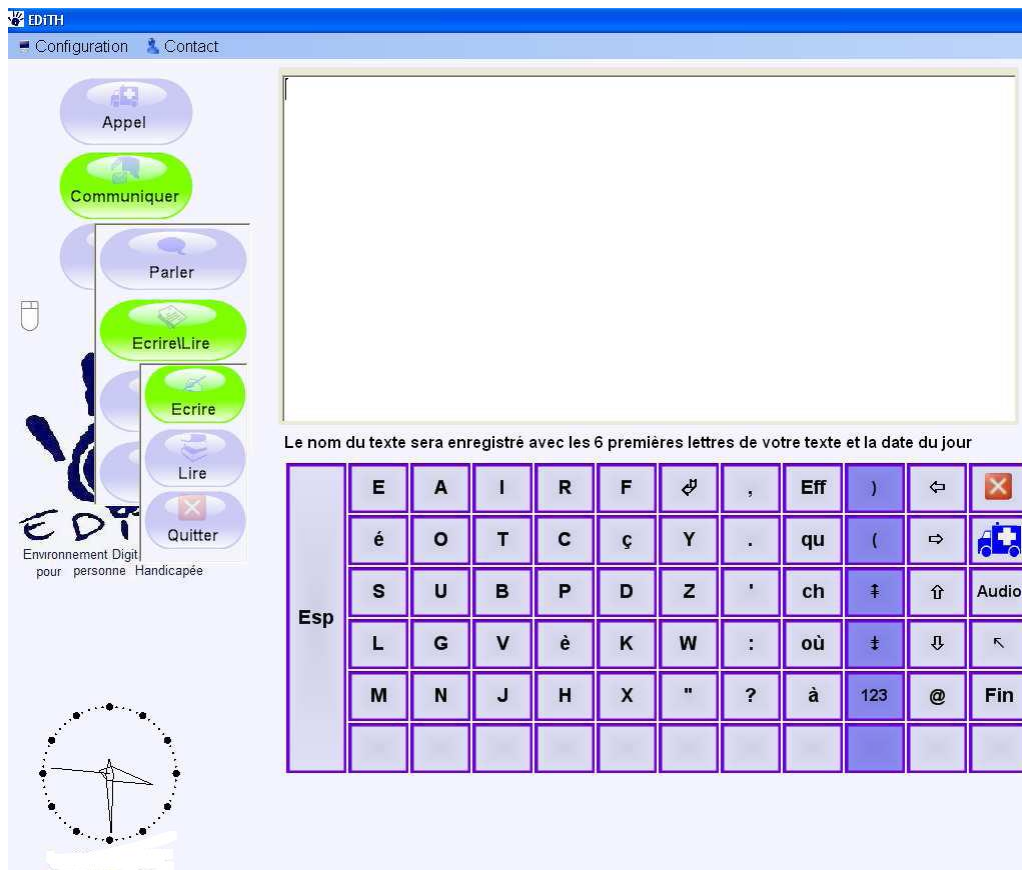


FIGURE 3: Interface « Editeur de texte » (défilement colonne/ligne)

Nous avons introduit un « clic long » qui sera activé pour les personnes qui peuvent maîtriser suffisamment la commande du capteur TOR en termes de durée. Sa durée et sa fonction sont paramétrables dans la partie configuration. Le « clic long » consiste à appuyer de façon prolongée sur une touche quelconque jusqu’au changement de couleur. L’action associée peut correspondre par exemple au retour au niveau précédent ou à l’activation de la sonnette. L’activation de l’option « clic long » permet de minimiser le nombre de défilements selon l’action qui lui correspond.

Pour optimiser la communication il faut bien choisir le délai élémentaire de balayage de chaque utilisateur. Le temps de défilement optimal peut varier au cours du temps en fonction de l’attention, de l’apprentissage ou de la fatigue du sujet. Il est toujours réglable sur les aides à la communication mais ce réglage s’effectue de façon empirique et garde toujours la même valeur. Un réglage trop rapide rend l’utilisation de l’interface pénible et stressante et augmente le taux d’erreurs de sélection. Un réglage trop lent augmente le temps d’attente pour sélectionner un item et diminue donc la rapidité de la communication.

3.1 Méthode d’optimisation dans EDiTH

Dans notre travail, nous nous sommes basés sur l’optimisation de l’interaction homme-machine pour permettre une communication ou un contrôle d’environnement le plus rapide possible. En matière de modélisation dans le domaine des aides techniques les quelques études relatées dans la littérature visent à adapter à des personnes handicapées un modèle défini initialement pour des personnes valides. Dans notre travail nous avons utilisé le modèle MHP (Model Human Processor) développé initialement par Card, Moran et Newell pour des tâches de microinformatique à faible niveau cognitif (réponses à des stimuli) [CARD]. D’après ce modèle la réaction motrice au stimulus devrait nécessiter un temps de perception, un temps de cognition et un temps moteur : $T_{act} = T_p + T_c + T_m$.

Les résultats de l’analyse des temps d’action issus de l’utilisation d’EDiTH en scénarios imposés (Figure 4) :

- Nous a permis tout d’abord de constater systématiquement une zone fiable avec la présence d’un pic entre 100ms et 400ms environ. qui est interprété à l’aide du modèle MHP : $T_{act} = T_p + T_c + T_m$

- Nous avons trouvé aussi que le nombre d'occurrences de Tact inférieures à 100ms augmente pour des délais de balayage faible. Un temps Tact faible peut être simplement du à un retard dans la sélection de l'icône précédente donc à une erreur de sélection. Il peut être également, pour des valeurs identiques, révélateur d'un phénomène d'anticipation : l'opérateur, familier du rythme du défilement lumineux, décide d'actionner le capteur avant que l'icône à sélectionner ne soit validable ;
- Nous avons aussi raisonné de même pour des temps Tact supérieurs à 400ms environ, quand Tscan est supérieur à cette valeur. ces valeurs correspondent soit à des actions retardées pour iverses raisons comme une perte de concentration ou une icône repérée trop tardivement sur l'écran, soit à des erreurs.

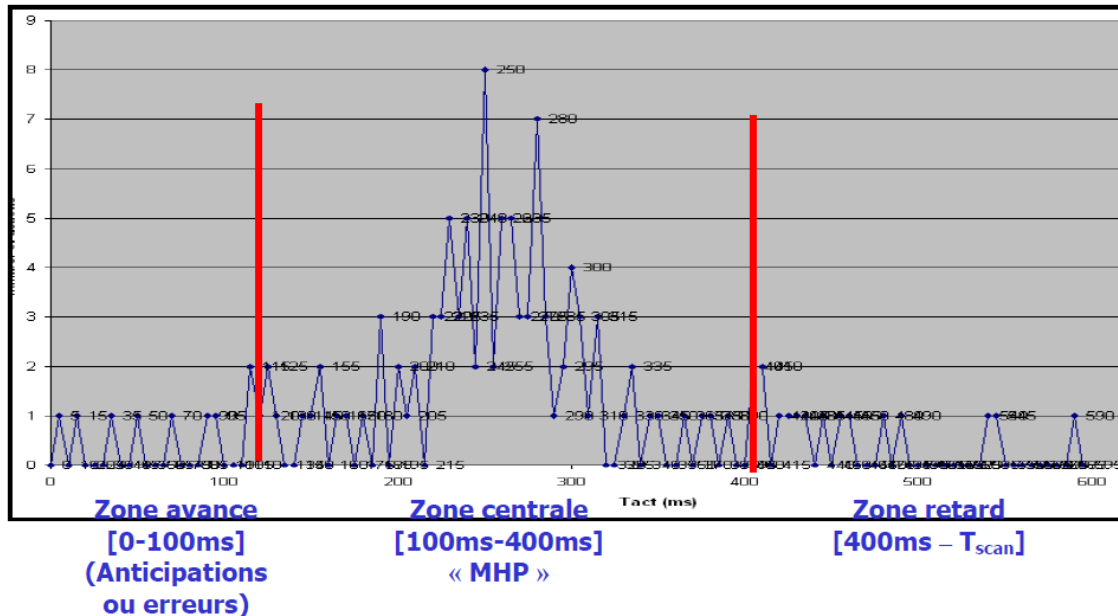


FIGURE 4 : Histogramme des temps d'action Tact d'un opérateur valide en scénario imposé

Ces résultats ont permis de développer un algorithme de calcul du délai de défilement basé sur le repérage en temps réel de la zone fiable. Le nombre N100 d'actions Tact dans cette zone est révélateur d'un délai T_{scan} trop petit ou trop grand. Dans le premier cas, du fait d'un rythme de défilement trop rapide, l'utilisateur augmente son taux d'erreurs (items sélectionnés trop tard) et d'anticipations et donc N100. Inversement, si T_{scan} est trop grand, il a moins tendance à anticiper et fait moins d'erreurs, N100 diminue donc.

3.2 Algorithme de réglage adaptatif de Tscan

Le réglage adaptatif de T_{scan} se fait en ligne en se basant sur les variations du nombre d'occurrences N100 des actions réalisées dont les T_{act} sont inférieures à 100ms. La mesure de N100 se fait sur les nb_cllic_max dernières actions. Nous considérons que si N100 est faible (peu d'anticipations/erreurs) nous pouvons diminuer T_{scan} et inversement. Deux seuils sont prévus pour ne pas imposer des variations permanentes de T_{scan} .

Algorithme des anticipations/erreurs :

- **Règle A** : Pour un nombre d'actions sur le contacteur nb_cllic_max donné, si le nombre d'actions N100 dont le T_{act} est inférieur à 100ms est supérieur à nb_cllic_sup alors T_{scan} va croître à $T_{scan} = taux2 * T_{scan}$.
- **Règle B** : Pour nb_cllic_max donné, si N100 est inférieur à nb_cllic_inf alors T_{scan} va décroître à $T_{scan} = taux1 * T_{scan}$.

L'ensemble des résultats trouvés dans [GEDI] en situation écologique et en scénario imposé ont validé l'algorithme « anticipations/erreurs » proposé pour le calcul de T_{scan} adaptatif. Il faut cependant que l'utilisateur se conforme au modèle de comportement à trois zones. L'intérêt de cet algorithme est son indépendance par rapport au type d'interface proposé puisqu'il ne s'intéresse qu'aux temps d'action et non au repérage des erreurs de sélection. Il est donc potentiellement plus intéressant d'étudier le comportement cet algorithme sur d'autres types de claviers.

4 Méthode proposée pour améliorer EDITH

Notre objectif est l'amélioration de notre système EDiTH on introduisant le clavier dynamique et des techniques de prédiction, on devra donc implémenter de nouvelles méthodes d'aide à la décision basées sur des concepts d'intelligence artificielle, et développer parallèlement les fonctionnalités graphiques.

Le principe des claviers dynamiques que les lettres sont placées près de celle qui a été frappée précédemment et grâce à un système de prédiction, l'objectif étant d'obtenir un gain de la vitesse de saisie sans augmenter la charge cognitive de l'utilisateur.

Nous allons utiliser une prédiction en contexte comme celle utilisé dans le système Sybil[SCHA02]. Les auteurs s'appuient dans leurs travaux sur une modélisation statique pour calculer les probabilités et sur un corpus du journal « le monde ». Dans leur saisie du texte les auteurs utilisent le défilement linéaire, ils ont justifié leurs choix du fait que le temps que le sujet trouve la ligne sur laquelle se trouve la lettre, on risque de rater la lettre.

Dans EDiTH nous proposons de garder le défilement ligne colonne dans le clavier dynamique avec l'ajout d'un délai supplémentaire. Comme la disposition des touches est modifiée après un certain nombre de saisie et pour que les caractères les plus probables soient accessibles en un nombre minimal de défilements. On propose d'ajouter un délai supplémentaire à chaque changement des touches. Cet ajout permet de diminuer le nombre de fois où on rate le premier item. Ce délai doit être réglable dans la partie configuration.

L'utilisation de click long pour des utilisateurs qui peuvent maîtriser suffisamment leur capteur TOR en termes de durée est très importante, permet de minimiser le nombre de défilement et de reprendre le défilement dès le début.

Une nouvelle version D'EDiTH est en cours de développement en tenant compte de toutes ses réflexions.

Références

[ANTO] **ANTOINE J.Y., MAUREL D.** « Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte : Problématique, état des lieux et retour sur trente ans de recherche en communication augmentée ». *Traitement Automatiques des Langues*, vol. 48, n° 2, 2007.

[BOIS03] **BOISSIERE PH.** « VITIPI : Un système d'aide à l'écriture basé sur un principe d'autoapprentissage et adapté à tous les handicaps moteurs ». *Handicap 2000*, Paris, p. 81- 86, 2000.

[CARD] **BOISSIERE PH.** « VITIPI : Un système d'aide à l'écriture basé sur un principe d'autoapprentissage et adapté à tous les handicaps moteurs ». *Handicap 2000*, Paris, p. 81- 86, 2000.

[GEDI] **GHEDIRA S.** « Aide à la communication pour personnes handicapés moteurs : modélisation et optimisation du système homme-machine » thèse de doctorat de l'université Paul Verlaine – Metz 2010

[LESH01] **LESHER G.W., MOULTON B.J., HIGGINBOTHAM D.J** « Optimal character arrangements for ambiguous keyboards ». *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, vol. 6, p. 415-423, 1998.

[LESH02] **LESHER G.W., MOULTON B.J., HIGGINBOTHAM D.J** « Acquisition of Scanning Skills: The use of an adaptive scanning delay algorithm across four scanning displays ». *In Proceedings of the Annual Conference of RESNA*, 2002.

[LESH03] **LESHER G.W., MOULTON B.J** « A method for optimizing single-finger keyboards ». *RESNA Annual Conference*, p. 91-93, 2000.

[SCHA01] **SCHADLE I., ANTOINE J.Y., LE PEVEDIC B., POIRIER F.** « Sibyl - AAC system using NLP techniques ». *ICCHP 2004*, Paris (France), p. 1009-1015, 7-9 July 2004.

[SCHA02]. **SCHADLE I, LE PEVEDIC B., ANTOINE J.Y., POIRIER F** «Prédiction de lettre pour l'aide à la saisie de texte», *Proceedings JIM'2001*, Metz, France