



**HAL**  
open science

## Projet ChatCom : Étude des usages de différents claviers logiciels dans une tâche de saisie via Internet par des personnes handicapées

Bernard Oriola, Franck Amadiou, Philippe Boissière, André Tricot, Frédéric Vella, Nadine Vigouroux

### ► To cite this version:

Bernard Oriola, Franck Amadiou, Philippe Boissière, André Tricot, Frédéric Vella, et al.. Projet ChatCom : Étude des usages de différents claviers logiciels dans une tâche de saisie via Internet par des personnes handicapées. 1ère Conférence Internationale sur l'accessibilité et les systèmes de suppléance aux personnes en situations de handicaps (ASSISTH 2007), IRIT : Institut de Recherche en Informatique de Toulouse, Nov 2007, Toulouse, France. pp.233-240. hal-03624223

**HAL Id: hal-03624223**

**<https://hal.science/hal-03624223v1>**

Submitted on 24 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.

# Projet ChatCom : Étude des usages de différents claviers logiciels dans une tâche de saisie via Internet par des personnes handicapées

Bernard Oriola, Philippe Boissière, Mathieu Raynal, Frédéric Vella, Nadine Vigouroux  
Laboratoire IRIT Équipe DIAMANT  
Université Paul Sabatier  
31062 Toulouse Cedex 9, France  
+33 5 61 556 315

oriola, boissier, raynal, vella, vigourou@irit.fr

Franck Amadiou  
André Tricot  
Laboratoire Travail et Cognition –  
Université de Toulouse Le Mirail  
31058 Toulouse Cedex 9, France  
+33 5 61 503 971

amadiou@univ-tlse2.fr, andre.tricot@toulouse.iufm.fr

## RESUME

L'essor des nouvelles technologies de la communication et d'Internet est un enjeu essentiel pour permettre une meilleure intégration et une plus grande autonomie pour les personnes handicapées. Cependant certaines personnes ne peuvent interagir au moyen du clavier standard. L'usage de claviers logiciels est lent et induit pour cette catégorie d'utilisateurs, de la fatigue motrice, attentionnelle et cognitive.

Dans ce papier nous présentons la méthodologie que nous avons mise en œuvre dans le cadre du projet ChatCom afin d'étudier l'usage de claviers virtuels par des personnes handicapées dans une tâche de communication sur Internet. Ensuite, une première expérimentation est détaillée ainsi que les premiers résultats obtenus. ChatCom est un projet pluridisciplinaire qui réunit des chercheurs en informatique spécialistes de l'interaction homme-machine et des chercheurs en sciences humaines spécialistes en psychologie expérimentale. Ce projet s'appuie également sur les compétences et le réseau de l'Association Française contre les Myopathies.

## Mots clé

Accessibilité, clavier virtuel, méthode centrée utilisateur, expérimentation, handicap.

## 1. INTRODUCTION

Le développement conjoint des nouvelles technologies de l'information et de la communication et de celles liées à Internet s'accompagne de nouvelles questions quant aux usages de ces technologies par des populations de citoyens encore trop en marge de l'usage d'Internet telles que les populations des personnes âgées et handicapées.

Ces technologies sont devenues un moyen de communication et d'intégration pour bon nombre de personnes handicapées. Malheureusement, certaines personnes souffrant d'handicaps

physiques en sont encore exclues du fait de la difficulté qu'elles ont de saisir de l'information ou de communiquer au moyen des périphériques standards.

C'est pourquoi, il est indispensable de proposer des solutions adaptées en matière d'assistants à la saisie de textes pour permettre à des personnes handicapées physiques ayant des troubles moteurs des membres supérieurs et/ou de la parole de communiquer avec autrui.

De nombreuses recherches ont été conduites sur les « communicateurs » définis comme des assistants technologiques à la communication. Ces communicateurs sont développés, soit pour pallier les troubles de parole [15][16], soit pour faciliter la communication écrite. Dans ce dernier cas, cette communication est rendue possible au travers de claviers logiciels (claviers représentés sur l'écran d'un support informatique). L'interaction est réalisée au moyen d'un dispositif de pointage (souris, trackball, contacteur, dispositif à infrarouge, eye-tracking [8], ou encore mouvements de la tête [6]). Nous nous proposons d'étudier et d'évaluer, par l'observation des usages, différents claviers logiciels adaptés aux personnes handicapées motrices dans une tâche de communication sur Internet.

Cette observation des usages s'inscrit dans le processus de conception de claviers logiciels adaptés aux besoins spécifiques des personnes.

Pour concevoir nos claviers, nous nous appuyons sur les hypothèses de [1], c'est-à-dire que les utilisateurs potentiellement visés, ici les personnes souffrant de myopathie :

1. n'ont aucun accès à un clavier physique ;
2. peuvent utiliser un dispositif de pointage sur toute la surface de l'écran ;
3. ont accès au clic du dispositif de pointage ;
4. sont capables d'une précision normale ;
5. mais sont sujets à une grande fatigabilité musculaire et parfois oculaire.

Ces claviers sont le support de notre étude ; ils nous permettent, d'une part d'observer le comportement des utilisateurs en situation, et d'autre part d'étudier des concepts ou de nouvelles techniques d'interaction.

Dans la suite de cet article, après avoir présenté brièvement les méthodes d'optimisation existantes, nous présenterons la méthodologie que nous avons mise en place tout au long du projet ChatCom et les techniques d'interaction que nous proposons afin d'évaluer les performances de ces différents claviers virtuels dans une tâche de communication sur Internet. Enfin, nous présenterons les premiers résultats et nous discuterons des apports de ceux-ci.

## 2. LES METHODES D'OPTIMISATION EXISTANTES

Actuellement le clavier logiciel le plus fréquemment utilisé a une disposition de touches et de caractères qui est identique à celle des claviers physiques Azerty ou Qwerty (selon la culture). Si cette disposition présente l'avantage d'être utilisée depuis plus d'un siècle et donc d'être connue du plus grand nombre, elle a un inconvénient majeur qui réside dans l'éloignement des caractères les plus fréquemment utilisés. Ce problème ne se posait pas sur les claviers physiques avec l'utilisation de deux doigts différents pour saisir successivement deux caractères éloignés. Cependant, l'utilisation d'un seul pointeur pour sélectionner les caractères impose de déplacer ce dernier entre chaque caractère à saisir. L'éloignement des caractères les plus fréquemment utilisés entraîne une augmentation de la distance à parcourir avec le pointeur, ce qui engendre une diminution de la vitesse de saisie pour l'utilisateur, mais aussi des fatigues motrices voire oculaire [2][17].

Pour minimiser les distances à parcourir lors de la saisie sur claviers logiciels, deux axes principaux ont été étudiés : a) agencer différemment les caractères sur le clavier de manière à rapprocher les caractères qui se succèdent le plus régulièrement. De nouveaux claviers ont ainsi été générés soit de manière intuitive (par exemple, les claviers FITALY et OPTI [8]), soit à partir d'algorithmes d'optimisation (comme les claviers METROPOLIS [18] et GAG [11]) ; b) l'autre technique d'optimisation consiste à utiliser un système de prédiction de mots (tels que KeyStrokes [10], FASTY [1]) qui, en fonction du début de la saisie d'un mot par l'utilisateur, propose une liste des mots les plus probables pour être saisi par l'utilisateur. Ainsi si le mot que souhaite saisir l'utilisateur se trouve dans la liste, il n'a pas besoin de saisir la fin du mot, mais juste à sélectionner le mot dans la liste.

Ces deux méthodes présentent des avantages, mais aussi des inconvénients : dans le premier cas, quelle que soit la disposition des caractères, certains seront toujours éloignés sur le clavier. Pour la seconde proposition, la liste des mots est souvent mise à côté du clavier pour éviter de cacher une partie du clavier. La sélection d'un mot nécessite alors souvent de réaliser un déplacement assez grand.

La loi de Fitts [4] appliquée aux claviers [8]), qui vise à établir une relation entre la réduction de la distance de déplacement entre les touches et l'augmentation de leur taille pour les rendre plus accessibles, permet une évaluation de la pertinence de la solution retenue. Cette loi permet de prédire le temps pour effectuer un mouvement entre deux points (dans notre cas, deux touches de caractères) en fonction de la surface de la zone cible (la touche à sélectionner). Par son principe de calcul, la loi de Fitts estime donc la performance du mouvement effectué par un utilisateur en

un temps donné. Par ailleurs, la loi de Hick-Hyman ([5], [6]) permet de prédire le temps de sélection d'un item dans un ensemble de choix possibles (caractère ou liste).

Ces deux lois ont été souvent mises en œuvre pour la spécification et l'évaluation de claviers logiciels, soit de type Azerty, soit de type téléphone ([8]).

## 3. METHODOLOGIE

Nous avons fait le choix d'utiliser une méthode centrée-utilisateur. En effet, si aujourd'hui les utilisateurs sont de plus en plus intégrés dans le processus de conception en interaction homme-machine, cela devient indispensable quand il s'agit de personnes handicapées.

L'AFM de Haute-Garonne nous a permis de rentrer en contact avec 4 personnes qui utilisent des claviers virtuels pour interagir avec leurs ordinateurs.

Nous nous sommes attachés à analyser leurs besoins afin de pouvoir leur proposer de nouveaux dispositifs d'aide à la saisie dont nous souhaitons pouvoir évaluer la pertinence.

### 3.1 Analyse des besoins

Notre approche a consisté à mettre en œuvre une analyse des besoins des utilisateurs. Cette analyse passe par une compréhension des activités des utilisateurs et des contraintes émergeant de leurs activités. Afin de pouvoir proposer aux utilisateurs des claviers mieux adaptés à leurs besoins, nous devons avoir une bonne connaissance de leurs habitudes et des difficultés qu'ils sont amenés à rencontrer.

Nous avons procédé en 3 étapes :

- Un questionnaire préalable ;
- Une présentation du projet à tout le groupe des utilisateurs réunis ;
- Une expérimentation avec chaque utilisateur à domicile tous les 2 mois afin de réaliser un certain nombre d'exercices.

### 3.2 Questionnaire préalable

Ce questionnaire nous a permis de faire connaissance avec les utilisateurs, déterminer leur degré d'autonomie, les outils d'aide à la saisie qu'ils utilisent et les tâches qu'ils réalisent. Ce questionnaire a été mis à disposition sur le WEB ([www.irit.fr/chatcom/Questionnaire.html](http://www.irit.fr/chatcom/Questionnaire.html)) sous la forme d'un formulaire afin que les utilisateurs puissent le remplir sans difficulté.

Il en résulte que :

- Nos utilisateurs ont une autonomie faible à très faible des membres supérieurs ;
- Qu'ils utilisent tous le clavier virtuel de Windows. Cependant ils ont tous émis le besoin d'obtenir une fonctionnalité permettant de redémarrer un ordinateur en cas de défaillance de l'ordinateur ;
- Qu'ils utilisent tous une souris ou un TrackBall comme dispositif de pointage mais que certains d'entre eux utilisent une souris sans fil car le poids du fil induit une fatigue supplémentaire ;

- Que tous les utilisateurs sont habitués aux outils de chat sur Internet comme MSN Messenger.

### 3.3 Présentation du projet en groupe

Une réunion a tout d'abord permis aux utilisateurs de se rencontrer ; nous avons pu leur exposer les objectifs scientifiques du projet et leur expliquer ce que nous attendions d'eux. Nous avons ensuite pu poser un certain nombre de questions aux personnes présentes afin de mieux préciser leurs pratiques du clavier virtuel et de mieux comprendre les difficultés rencontrées.

Il en ressort une grande variété de comportements et de ressentis, suivant leur autonomie, la taille de l'écran ou le type de dispositif de pointage utilisé.

### 3.4 Analyse

L'enquête ayant montré que tous les utilisateurs utilisaient le clavier virtuel de Windows, nous avons fait le choix de développer un clavier identique à celui-ci et d'y adapter les différentes fonctionnalités que l'on souhaitait évaluer.

Les 2 premiers claviers que nous avons proposés aux utilisateurs sont :

- « BigKey » : les touches grossissent lorsque le curseur arrive dessus (Cf. Figure 1) ;

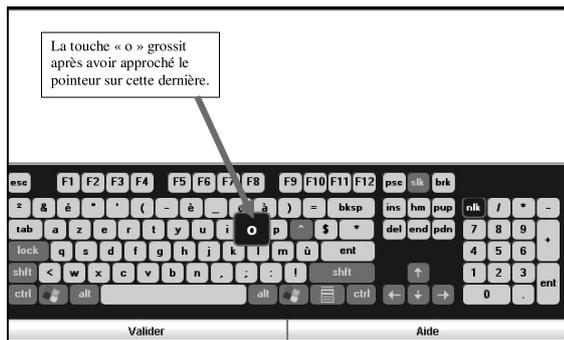


Figure 1. Technique « BigKey »

- Clavier « sans pointeur » : les déplacements du curseur sont accélérés entre 2 touches (
- Figure 2).

## 4. EXPERIMENTATION

### 4.1 Outil de recueil des traces : la plate-forme E-assiste

Nous avons réalisé cette plate-forme pour faciliter l'évaluation des systèmes de saisie de texte. Nous avons créé un ensemble d'outils pour cette plate-forme afin d'offrir la possibilité aux concepteurs de systèmes de saisie de texte de mettre en place une évaluation de leur système facilement.

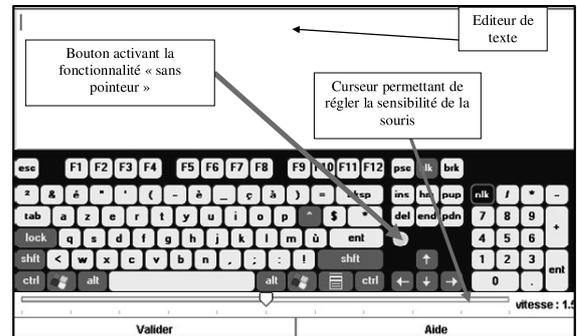


Figure 2. Technique « sans pointeur »

L'objectif est avant tout de sauvegarder l'ensemble des interactions qui ont lieu entre l'utilisateur et le système ou les interactions intra système. La sauvegarde de ces données suit un protocole de communication où tout a été standardisé. Ceci donne l'avantage de pouvoir comparer facilement les résultats de différentes expérimentations.

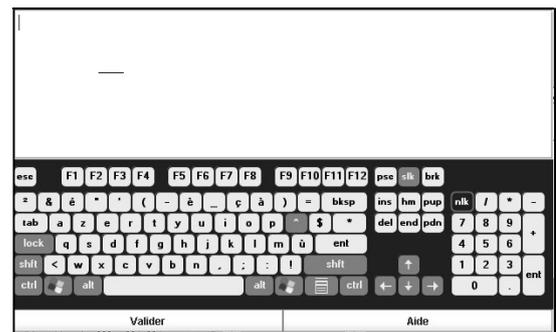


Figure 3. Partie « sujet »

Notre plate-forme est principalement composée de deux parties : une partie dite « sujet » qui regroupe les outils nécessaires pour que les participants puissent réaliser l'expérimentation (Cf. Figure 3) ; une partie dite « laboratoire » qui récupère l'ensemble des données sauvegardées et qui proposent des outils pour analyser ces données (Cf. Figure 4).

La plate-forme était jusque-là limitée à des expérimentations réalisées en laboratoire. Pour répondre aux besoins spécifiques des participants, nous avons étendu la plate-forme de manière à ce que la partie « sujet » puisse fonctionner du domicile des participants et que dans le même temps les données de leurs expérimentations soient toujours envoyées à la partie « laboratoire » (Cf. Figure 5).

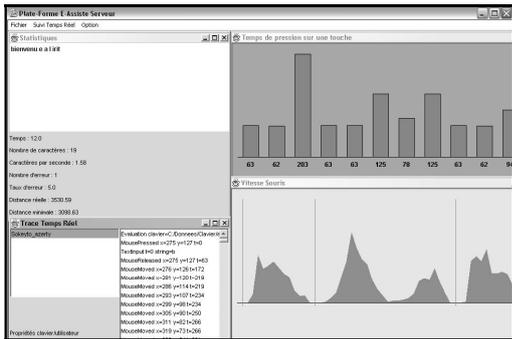


Figure 4. Partie « laboratoire »

## 4.2 Design du protocole

Pour cette étude, nous avons dû nous limiter à un nombre de 4 participants myopathes.

Pour chacune des trois versions de claviers utilisés (Clavier Microsoft de référence, *BigKey* et *clavier sans pointeur*), l'utilisateur devait saisir un texte différent mais normalisé par la distance de déplacement du dispositif de pointage ainsi qu'en nombre de caractères.

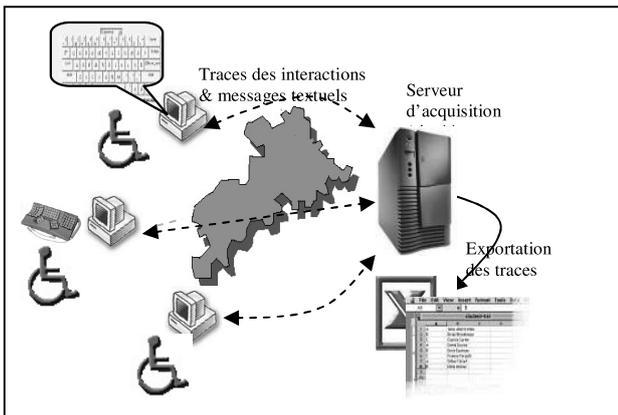


Figure 5. Architecture de la plate-forme d'évaluation

### 4.2.1 Les variables

- **Variables indépendantes**
  - ◆ Fonctions de claviers virtuels : BigKey ; SansPointeur ; Normal (sans fonctionnalité ajoutée)
  - ◆ Variables contrôlées :
    - *habileté initiale à utiliser le clavier logiciel*  
Tous les participants utilisent un clavier virtuel et un dispositif de pointage, mais pas avec la même aisance.
    - *degré d'atteinte du handicap de chaque participant* (atteint d'une myopathie) traduit par un handicap physique au niveau des membres supérieurs.

Les dispositifs de pointage n'ont pas été pris en compte dans l'expérience. En effet, ici nous voulions étudier les mouvements qui sont difficiles à effectuer. Par conséquent il n'est pas question de dégrader plus les mouvements en imposant un dispositif de

pointage. En conséquence, les participants ont utilisé leurs dispositifs de pointages (souris, trackball) habituels.

- **Variables dépendantes**

Les données brutes recueillies au travers de la plate-forme E-assiste sont par exemple, les événements souris à des temps donnés i.e. la datation et le caractère saisi selon le protocole de communication E-assiste v1.1 [11].

A partir de celles-ci, nous avons effectué un post-traitement qui nous permet de connaître :

- ◆ le nombre de caractères/seconde ou le nombre de mots/minute ;
- ◆ la distance parcourue par le curseur du dispositif de pointage entre chaque touche saisie ;
- ◆ le taux d'erreurs (touches frappées ne correspondant pas au texte) qui sera décomposé en taux d'insertion, de délétion et de substitution selon les métriques de travaux de Soukouref et MacKenzie [14].

Par ailleurs, des entretiens semi-directifs et des techniques de verbalisation nous ont permis de recueillir des données qualitatives sur les stratégies, difficultés, besoins et fatigue des participants.

### 4.2.2 Les hypothèses

Nous avons émis les hypothèses suivantes :

- Le grossissement des touches du «BigKey» devrait augmenter le confort de l'utilisateur pour atteindre une touche. Par conséquent, comparativement au clavier virtuel standard, le participant devrait faire moins d'erreurs, augmenter sa vitesse de saisie et diminuer la fatigue motrice et visuelle ;
- La technique du «SansPointeur» devrait augmenter la vitesse de saisie de texte par rapport au clavier standard du fait que la vitesse de déplacement du pointeur à l'écran est multipliée par un ratio par rapport au déplacement réalisé par le dispositif de pointage.

### 4.2.3 Création de corpus de tests

Nous avons constitué un corpus de trois textes. Ces textes sont équivalents en taille (environ 250 caractères) et en distance du curseur à parcourir. Ils sont également représentatifs de l'ensemble des caractères à saisir : minuscules-majuscules, accents, chiffres.

### 4.2.4 La tâche de saisie

La tâche retenue est une tâche de recopie de textes. Le texte à saisir apparaît intégralement dans un bandeau en haut de l'écran. A chaque version du clavier est associé un texte.

Chaque participant doit saisir un texte différent avec chacune des trois versions du clavier Microsoft augmenté ou non des fonctionnalités BigKey et sans pointeur.

Pour finir ils devaient répondre à un questionnaire de satisfaction.

## 5. PREMIERS RESULTATS

### 5.1 Résultats qualitatifs

Il s'avère qu'en termes de :

- **Durée de saisie** : la technique d'interaction «BigKey» est équivalente à celle de la technique «Normal» mais la technique «SansPointeur» est celle avec laquelle la durée de saisie est la plus longue sauf pour le participant 3 ;
- **Nombre d'erreurs** : les participants effectuent moins d'erreurs de saisie avec la technique d'interaction «Normal», ensuite vient la technique d'interaction «BigKey» puis la technique «SansPointeur». Cependant, le participant 3 réalise plus d'erreurs avec la technique «BigKey» ;
- **Degré de difficulté** : les techniques d'interaction «Normal» et «BigKey» sont relativement équivalentes alors que celle du «SansPointeur» est perçue comme la plus difficile. Le participant 3 se distingue des autres participants en estimant la technique d'interaction «Normal» très difficile ;
- **Perception de la taille des touches** : les participants rapportent que la taille des touches est trop petite sur le clavier avec les techniques «Normal» et «SansPointeur» alors que les touches du clavier avec la technique d'interaction «BigKey» sont perçues comme ni grandes, ni petites ; l'avis des participants est divergent ;
- **Fatigue** : celle-ci est essentiellement ressentie de manière visuelle sur le clavier avec la technique «SansPointeur» du fait de l'absence du curseur ; ceci peut s'expliquer par le fait que le participant doit développer une attention importante sur l'état de la touche c-à-d si le feedback renvoyé par la touche confirme bien le passage du curseur et/ou la validation par clic du dispositif de pointage.

En résumé, les performances avec la technique d'interaction «Normal» et celle du «BigKey» restent équivalentes et meilleures que celle du «SansPointeur». La technique d'interaction du «BigKey» est celle qui est la mieux acceptée par la majorité des participants (3 sur 4). Par contre, la technique du «SansPointeur» est la moins acceptée du fait de la fatigue visuelle et des erreurs dues aux «glissements» du pointeur. Ce «glissement» est caractérisé par le fait que le curseur se déplace aux frontières d'une autre touche adjacente à celle souhaitée. L'utilisateur peut, par difficulté motrice, la sélectionner.

### 5.2 Résultats quantitatifs

Intéressons-nous maintenant à l'étude statistique des paramètres suivants :

- La distance ;
- La vitesse ;
- Le temps moyen pour accéder à une touche ;
- Le taux d'erreurs par caractère et par touche.

#### 5.2.1 Etude des distances

Dans cette expérimentation nous avons analysé 2 distances :

- La distance réelle qui est le trajet effectué par le curseur du dispositif de pointage ;
- La distance appelée optimale qui est la plus courte entre la touche i et la touche j. Elle est caractérisée par une ligne droite qui part du point d'impact (le point d'impact est assimilé à un clic) de la touche i vers le point d'impact de la touche j.

Les distances parcourues sont variables selon les participants (Figure 6). Avec la technique d'interaction «Normal» et celle du «BigKey», les distances parcourues pour chaque participant restent les mêmes (se situant entre 20000 et 30000 pixels) sauf pour le participant 3 qui, on le verra présente un comportement en décalage avec les autres participants quel que soit le clavier utilisé. Sa distance est 2 fois plus importante avec la technique «BigKey» (61701 pixels). Par contre pour les participants 2 et 3 les distances parcourues pour saisir du texte sont moins importantes avec la technique du «SansPointeur» (respectivement 22907 et 26364 pixels) par rapport aux deux autres techniques d'interaction.

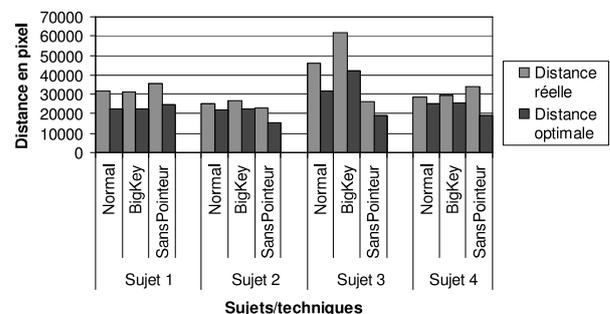


Figure 6. Distance parcourue avec les trois techniques

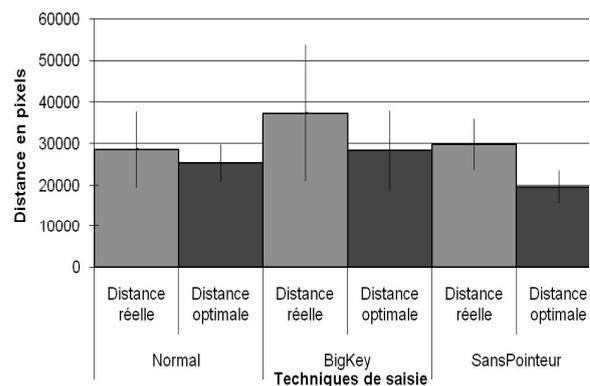


Figure 7. Comparaison de la distance réelle/optimale

L'utilisation de la technique d'interaction du «SansPointeur» est le plus économique en termes de distance optimale (19516 pixels) pour saisir du texte (Figure 7). Pour la distance réelle, elle est très proche de celle de la technique d'interaction «Normal» (rapport entre les deux : 1,04). Nous remarquons pour la technique «BigKey» un écart-type important respectivement (+/- 16344,18

pixels) pour la distance réelle et (+/- 9494,80 pixels) pour la distance optimale. Ceci s'explique par le fait que le participant 3 réalise un long déplacement (rapport de 1,27 pour la distance réelle et un rapport de 1,19 pour la distance optimale). De plus, nous remarquons que l'écart-type de la technique «BigKey» (la distance réelle +/- 2240,29 pixels et la distance optimale +/- 1876,63 pixels) diminue d'un facteur 8 lorsque nous enlevons le participant 3.

Le rapport concernant la distance réelle et la distance optimale est équivalent pour la technique «classique» (1,29) et «BigKey» (1,29). Par contre, pour la technique du «SansPointeur» ce rapport est de 1,52. Si nous enlevons le participant 3, nous ne remarquons aucune différence significative («classique» = 1,23, «BigKey» = 1,24 et «SansPointeur» = 1,57). Ceci dit, les participants ont une trajectoire plus rectiligne avec la technique «classique» et «BigKey» plutôt qu'avec la technique du «SansPointeur».

### 5.2.2 Etude de la vitesse de saisie

Nous avons choisi de calculer la vitesse en Caractère Par Seconde (CPS).

Les performances des vitesses de saisie avec les techniques d'interaction «Normal» et «BigKey» sont exactement de 0,65 CPS (Figure 8). Par contre la technique «SansPointeur» est 0,13 CPS moins rapide que les 2 autres techniques d'interaction. De plus, sur la technique «SansPointeur» nous remarquons un écart type très important (de 0,26 CPS). Cela s'explique par le fait que le participant 3 a une vitesse de saisie constante avec les trois techniques d'interaction («Normal» : 0,83 CPS, «BigKey» : 0,83 CPS et «SansPointeur» : 0,89 CPS) alors qu'avec la technique «SansPointeur» les participants 1, 2 et 4 sont moins performants, ils obtiennent respectivement 0,32, 0,53 et 0,34 CPS (Cf. Figure 9).

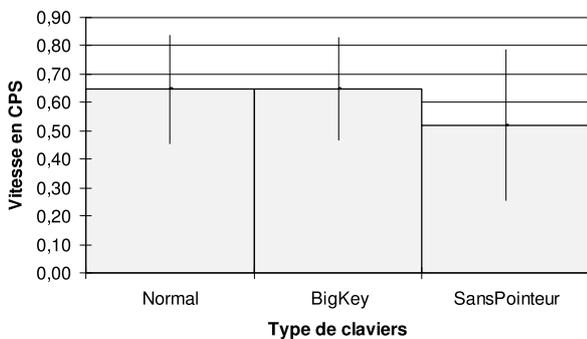


Figure 8. Comparaison de la vitesse de saisie sur les trois techniques d'interaction

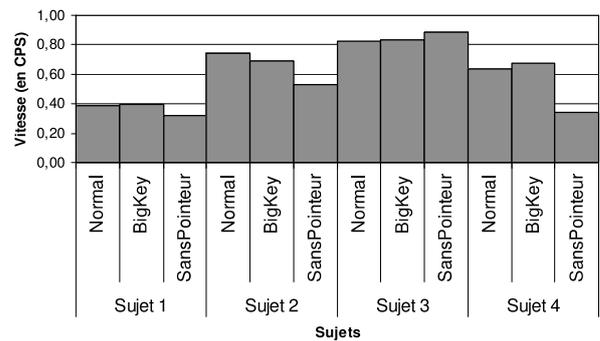


Figure 9. Vitesse en CPS avec les trois techniques d'interaction

Si nous enlevons le participant 3 nous observons que la moyenne de la vitesse de saisie diminue de 1,09 pour la technique «Normal», de 1,10 pour la technique «BigKey» et de 1,31 pour la technique «SansPointeur». Quand à l'écart-type, il diminue de 1,03 pour la technique «Normal», de 1,09 pour la technique «BigKey» et de 2,27 pour la technique «SansPointeur».

### 5.2.3 Temps moyen de saisie d'une touche

Nous appellerons temps de saisie en millisecondes (ms) : le temps de recherche de la touche à saisir + le temps de planification + le temps de déplacement du curseur pour aller de la touche courante cible à la touche cible + le temps de sélection. Le temps moyen de saisie d'une touche correspond à la moyenne des temps de saisie de chacune des touches des exercices.

Le temps d'accès à une touche (Figure 10) est 1,35 fois plus long pour la technique «SansPointeur» (2265 ms) que celles du «Normal» (1676 ms) et du «BigKey» (1664 ms). Ceci serait dû à la non existence du pointeur dans la technique du «SansPointeur» qui ralentit la saisie de texte. Le temps moyen (Cf. Figure 11) d'accès aux touches de la technique du «SansPointeur» est moins performant pour les participants 2 et 4 que pour les participants 1 et 3.

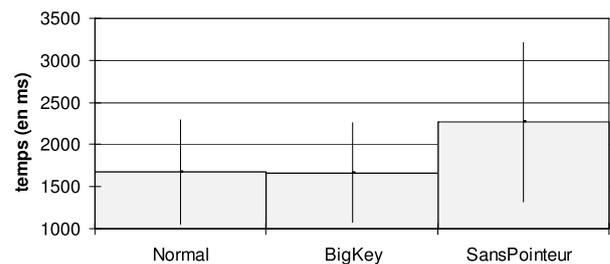
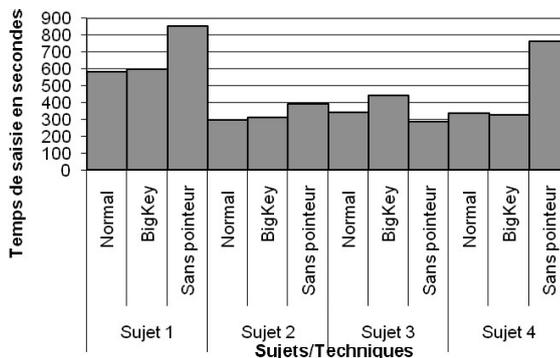


Figure 10. Temps moyen de saisie sur les trois techniques d'interaction



**Figure 11. Temps moyen de saisie avec les trois techniques d'interaction**

Ces résultats montrent l'importance de l'écart-type au niveau de la technique du «SansPointeur» (+/- 943,83 ms) (Figure 10). Par contre si nous ôtons le participant 3, nous observons une augmentation du temps moyen de saisie pour les trois techniques d'interaction (de 1,09 fois pour «Normal» et «BigKey» et de 1,16 fois pour «SansPointeur») et une diminution de 1,38 fois de l'écart-type de la technique du «SansPointeur».

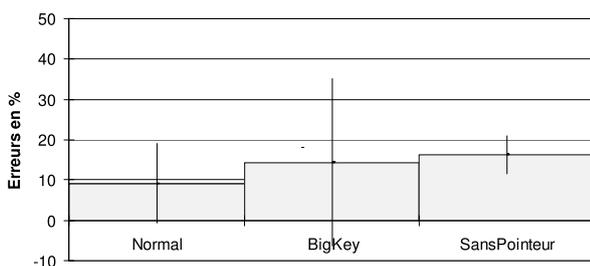
#### 5.2.4 Etude du taux d'erreurs

Pour calculer le taux d'erreurs, nous avons utilisé la méthode de calcul de la distance d'édition (distance de Levenshtein).

Nous définissons le nombre d'erreurs sans conséquence par la frappe accidentelle des touches comme Ctrl, Alt, MenuWin qui sont saisies seules et qui n'ont aucune conséquence sur le texte saisi. Cela rajoute une touche frappée, mais pas un caractère saisi.

Le calcul du taux d'erreurs s'obtient ainsi :

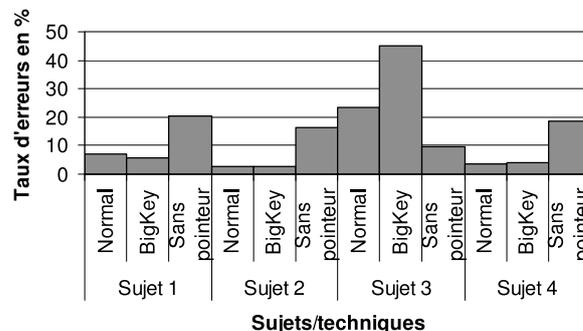
Taux d'erreurs = (nombre de «Backspace» + nombre d'erreurs donné par la distance d'édition + nombre d'erreurs sans conséquence) / nombre de caractères à saisir.



**Figure 12. Comparaison du taux d'erreurs sur les trois techniques d'interaction**

Le taux d'erreurs le plus faible (Figure 12) est obtenu avec la technique d'interaction «Normal» (9%), puis en deuxième position vient la technique d'interaction «BigKey» (14%) et en dernier la technique d'interaction «SansPointeur» (16%). Nous remarquons que l'écart-type de la technique d'interaction «BigKey» est grand car le participant 3 (45,27%) fait plus

d'erreurs que les 3 autres participants (participant 1 : 5,88%, participant 2 : 2,5%, participant 4 : 4%) (Figure 13). Par contre le nombre d'erreurs réalisées par les participants 1, 2 et 4 sont voisins pour les techniques d'interaction «Normal» et «BigKey» (Figure 13) et participant 3 («Classique» : 23,5%, «BigKey» : 45,27%, «SansPointeur» : 9,80%) a fait 2,5 à 5 fois moins d'erreurs avec la technique d'interaction «SansPointeur».



**Figure 13. Taux d'erreurs avec les trois techniques d'interactions**

Par contre, si nous enlevons le participant 3, nous remarquons une diminution du nombre d'erreurs pour les techniques d'interaction «Normal» et «BigKey» (respectivement de rapport de 2,11 et 3,49) et une légère augmentation pour la technique d'interaction du «SansPointeur» (de rapport de 0,88%). De plus, nous avons une diminution des écart-types pour les 3 techniques d'interaction («Normal» : 75%, «BigKey» : 91%, «SansPointeur» : 56%).

## 6. DISCUSSION

Dans le Tableau 1 nous résumons les avantages par «+» et les inconvénients par «-». Nous voyons que la technique d'interaction «Normal» est en première position (point fort : vitesse, temps moyen d'accès à une touche et erreurs de saisie), ensuite vient la technique d'interaction «BigKey» (point fort : vitesse et temps moyen d'accès à une touche) et enfin la dernière, la technique d'interaction «SansPointeur» (point fort : distance). Cependant, ces résultats doivent être relativisés car on ne peut négliger un possible effet d'apprentissage avec le clavier standard utilisé couramment par les 4 participants.

**Tableau 1. Synthèse des résultats avec le participant 3**

	Distance	Vitesse	Temps moyen d'accès à une touche	Erreurs de saisie	Score
«Normal»	-	+	+	+	3
«BigKey»	-	+	+	-	2
«SansPointeur»	+	-	-	-	1

Par contre si nous enlevons le participant 3 dans notre tableau de synthèse, nous remarquons dans le Tableau 2 que les techniques d'interaction «Normal» et «BigKey» ont toutes les deux les mêmes points forts (point fort : distance, vitesse, temps moyen d'accès à une touche et erreurs de saisie) alors que la technique d'interaction «SansPointeur» n'en a plus.

**Tableau 2. Synthèse des résultats sans le participant 3**

	Distance	Vitesse	Temps moyen d'accès à une touche	Erreurs de saisie	Score
«Normal»	+	+	+	+	4
«BigKey»	+	+	+	+	4
«SansPointeur»	-	-	-	-	0

Néanmoins, pour valider ces résultats il faudrait réaliser la même expérimentation avec d'autres participants.

## 7. CONCLUSION

Ce projet correspond à une problématique essentielle dans le domaine de la conception des aides techniques et systèmes de communication pour les personnes handicapées motrices. Bien que de telles aides techniques existent sous forme de prototype de laboratoire ou en version commerciale, nous ne disposons que de très peu de connaissances sur la manière dont ces outils sont utilisés.

Les travaux déjà réalisés à l'IRIT sur les thèmes de la conception des aides techniques et de la coopération homme-machine pour les personnes handicapées, de l'observation de l'appropriation de ces aides intégrant les méthodes de conception participative centrée-utilisateur ont été enrichis par cette expérience conduite en forte synergie avec les chercheurs en SHS du LTC. Beaucoup d'études sur les usages ne sont encore effectués qu'en laboratoire, l'architecture du projet ChatCom nous a permis de tester de nouveaux concepts et d'acquérir des connaissances sur les aptitudes motrices des participants dans un contexte d'expérimentation écologique. En effet les participants restent dans l'environnement familial et/ou professionnel et l'outil d'observation n'est pas invasif.

Ce projet correspond également à une problématique très actuelle de la recherche en psychologie expérimentale appliquée à l'ergonomie. Nous savons en effet très peu de choses sur les aspects psychomoteurs de l'utilisation de technologies virtuelles, où l'outil / objet physique est représenté et non présent. Or ces technologies, en redéfinissant assez radicalement le rapport de l'humain à l'outil, posent des problèmes inédits à la psychologie [2]. Ce projet présente l'intérêt particulier pour la recherche en psychologie de proposer une situation d'étude où le rapport physique de l'humain à l'objet est partiellement dégradé. Cela contribuera donc à éclairer la question de la mise en œuvre de processus psychomoteurs dans des environnements virtuels où ces processus doivent être mis en œuvre de façon différente. Enfin le croisement entre les disciplines des STIC et des SHS qui fait la marque de ce projet doit déboucher sur la remise en cause des méthodes de conception et d'observation pour ce champ des usages.

## 8. REFERENCES

- [1] C. Beck, G. Seisenbacher, G. Edelmayer et W.L. Zagler. First User Test Results with the Predictive Typing System FASTY. 9<sup>th</sup> *Computer Helping People with Special Needs*, 2004, pp.813-819.
- [2] Bérard, Ch. Clavier-écran : concevoir avec les utilisateurs. In *Handicap 2004*, 83–88.
- [3] Burkhardt, J.-M., Bardy, B. & Lourdeaux, D. Immersion, réalisme et présence dans la conception et l'évaluation des environnements virtuels. *Psychologie Française* 48, 35-42, 2003.
- [4] Fitts, P.M. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of the movement, *Journal of experimental psychology* 47, pp.381-391, 1954.
- [5] Hick, W. E. On the rate of gain of information, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, pp. 11-26, 1952.
- [6] Hyman, R. Stimulus information as a determinant of reaction time, *Journal of Experimental Psychology*, n°45, pp. 188-196, 1953.
- [7] LoPresti, E., Brienza, D., Angelo, J., and Gilbertson, L. Neck range of motion and use of computer head controls. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 40(3):199–212, mai/juin 2003.
- [8] Mackenzie, I.S, Zhang, S.X. The design and evaluation of a highperformance soft keyboard. *ACM Conférence on Human Factors in Computing Systems - CHI'99*, ACM Press, New York, 1999, pp.25-31.
- [9] Majaranta, P., and Riihã, K. Twenty years of eye typing: systems and design issues. In *ETRA '02: Proceedings of the symposium on Eye tracking research & applications*, pages 15–22, New York, NY, USA, 2002. ACM Press.
- [10] Niemeijer D., In memoriam of Christian Bérard: Striving for effort reduction through on-screen keyboard word prediction. *Workshop AAATE'05*, 2005
- [11] Raynal, M., Maubert, S., Vigouroux, N., Vella, F., and Magnien, L. E-ASSISTE: A Platform Allowing Evaluation of Text Input Systems. In *UAHCI'05*. Publié sur CD-ROM, 2005.
- [12] Raynal, M., Vigouroux, N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. Dans *Extended Abstracts of the ACM conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 2005*, ACM Press, New York, 2005, pp.1729-1732
- [13] Soukoreff, R., and MacKenzie, I. Theoretical upper and lower bounds on typing speed using a stylus and soft keyboard. *Behavior and Information Technology*, 14(6):370–379, 1995.
- [14] Soukoreff, R., and MacKenzie, I. Recent developments in text-entry error rate measurement. In *CHI '04: Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems*, pages 1425–1428. ACM Press, 2004.
- [15] Vella, F., Vigouroux, N., Truillet, P. CLAPOTI (CLAVier PhOnétique d'aide à la communication orale), *SETIT 2003*, Sousse, Tunisie, Publié sur CD-ROM.
- [16] Vella, F., Vigouroux, N., Truillet, Ph. The design approach of CLAPOTI: an assistive technology designed for speech disorders and visually impaired persons, *AAATE 2003*, Dublin, Irlande, 31 août-03 septembre 2003.
- [17] Vella, F., Vigouroux, N., Truillet, Ph. SOKEYTO: a design and simulation environment of software keyboards, *AAATE 2005*, IOS Press, 2005, pp.723-727.
- [18] S. Zhai, M. Hunter, et B.A. Smith. The metropolis keyboard – an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. *13<sup>th</sup> annual ACM symposium on User Interface Software and Technology - UIST'00*, ACM Press, 2000, pp. 119-128