HAL
open science

Evaluation de l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique pour les personnes blessées médullaires cervicaux

Samuel Pouplin

To cite this version:

Samuel Pouplin. Evaluation de l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique pour les personnes blessées médullaires cervicaux. Neurosciences [q-bio.NC]. Université Paris Saclay (COmUE), 2016. Français. NNT : 2016SACLV022 . tel-01371720

HAL Id: tel-01371720

https://theses.hal.science/tel-01371720

Submitted on 26 Sep 2016

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.

NNT : 2016SACLV022

THESE DE DOCTORAT
DE
L'UNIVERSITE PARIS-SACLAY
PREPAREE A

END:ICAP INSERM U. 1179 - EQUIPE 3, EQUIPES THERAPEUTIQUES INNOVANTES ET TECHNOLOGIES APPLIQUES AUX TROUBLES NEUROMOTEURS

ECOLE DOCTORALE N°566
Sciences du sport, de la motricité et du mouvement humain

Par

M. Samuel POUPLIN

Evaluation de l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique pour les personnes blessées médullaires cervicaux

Thèse présentée et soutenue à l'Hôpital R. Poincaré, Garches, le 18 février 2016 :

Composition du Jury :

Edwige PISSALOUX Professeur des Universités, Université de Rouen	Présidente
Pierre-Alain JOSEPH PU-PH, Médecine Physique et Réadaptation, CHU Pellegrin, Bordeaux	Rapporteur
François ROUTHIER Professeur adjoint, Département de réadaptation, Faculté de Médecine, Université Laval, Québec, Canada	Rapporteur
Éric SORITA Ergothérapeute, Docteur en Sciences Cognitives, CHU et Université de Bordeaux, EA 4136, Handicap, Activité, Cognition, Santé	Examinateur
David ORLIKOWSKI PU-PH, CIC 1429, CHU Raymond Poincaré, Garches	Examinateur
Djamel BENSMAIL PU-PH, Médecine Physique et Réadaptation, CHU Raymond Poincaré, Garches	Directeur
Nicolas ROCHE MD, PhD, Explorations fonctionnelles, CHU Raymond Poincaré, Garches	Co-Directeur

REMERCIEMENTS

Je n'irai pas jusqu'à dire que cette section est la plus difficile à rédiger de la thèse, mais presque ! En effet, il y a tellement de personnes à remercier durant ces 4 années que j'ai peur d'oublier certaines personnes !

Tout d'abord, je tiens à remercier tous les membres du jury qui ont accepté à la fois de se déplacer et de me consacrer du temps pour la présentation de ce travail.

Je remercie chaleureusement la Fondation Paul Bennetot, la Fondation de la Matmut, pour leur soutien sur le projet Smartwrite. Ce projet intégrant cinq études sur les six présentées dans ce manuscrit n'aurait pu aboutir sans cette précieuse collaboration.

Mes remerciements vont naturellement à l'ensemble des personnes de l'Equipe 3, INSERM U 1179, Equipes Thérapeutiques Innovantes et Technologies Appliquées aux Troubles Neuromoteurs et tout d'abord à mes deux directeurs de thèse, Djamel Bensmail et Nicolas Roche. Un grand merci à Djamel qui m'a permis d'entrer dans ce travail de thèse en me permettant de consacrer un ou deux jours par semaine entre clinique et recherche sur les deux premières années (articulation pas toujours évidente à gérer au quotidien !) et qui m'a apporté commentaires et remarques constructives sur l'élaboration et la finalisation de ce travail. Je ne saurai te remercier, Nicolas, à la hauteur du travail d'accompagnement au quotidien que tu as fourni. Tu as largement contribué à ce que je suis aujourd'hui, en espérant que ce travail est à la hauteur de tes espérances. Je remercie aussi Didier Pradon, qui a su ponctuer ce travail de thèse de remarques pertinentes et constructives qui m'ont toujours obligé à prendre du recul par rapport à ma production. Je tiens à remercier bien évidemment tout le bureau des doctorants, Céline Bonnyaud, Tong Li, Sophie Hameau, Maxime Geiger et Henri Méric, Claire Marchiori, Julien Boudharam (envolés à la date d'aujourd'hui !). Céline et Sophie, merci pour ses échanges fructueux sur tout ce qui peut concerner un doctorant, allant du choix du test statistique à la mise en forme nébuleuse de cette barre d'erreur sur un graph Excel, en passant par les hauts et les bas de la dure vie de doctorant. Votre soutien a été précieux surtout toi Céline qui, dans les moments difficiles, a su trouver les mots pour me remettre le pied à l'étrier. Sans compter le partage d'expériences entre « toi tu as pu bosser ce soir ? » « Non, euh entre les couches, les biberons et la nuit entrecoupée… Pas possible ». Merci à Tong pour sa force tranquille et à Claire pour sa « zénitude ». Merci à toi Henri, mon voisin de bureau, pour ces temps d'échanges sur la thèse, mais aussi sur la vie en général ! Enfin Maxime, avec qui les discussions sur Neo et la photographie ont permis de faire des pauses loin des intérêts doctoraux. Je tiens aussi à remercier Johanna Robertson, notre « native » anglophone préférée pour son accompagnement assidu sur mon premier article scientifique, ses conseils, ses encouragements, ses corrections d'anglais si précieux pour nous ! Je remercie aussi Jean-Yves Antoine, qui m'a accompagné à distance sur cette thématique qui lui tient à cœur : merci pour ses échanges

fructueux, commentaires et remarques plus que pertinents ! Merci pour cet accompagnement que j'ai particulièrement apprécié.

Je tiens à remercier toute l'équipe du CIC (Centre d'Investigations Cliniques) et plus particulièrement Marjorie Figère, Sandra Pottier et Isabelle Vaugier pour leurs soutiens sans faille sur ces nombreuses études. Merci à toi Isabelle pour ces longues discussions sur les tests statistiques que j'espère savoir un peu mieux maitriser qu'au commencement !

Un remerciement à l'ensemble des ergothérapeutes de l'hôpital et à notre association Arfehga, est bien évidemment de mise pour votre soutien depuis de nombreuses années depuis le Master jusqu'à cette thèse. Merci d'avoir cru en moi ! Je tiens aussi à remercier Delphine Arnaud qui a pris la relève avec brio sur la Plate-Forme Nouvelles Technologies durant un an et demi, ce qui m'a permis de finaliser ce travail.

Je tiens de même à remercier l'Association Française des Myopathies, Alcatel Lucent, la Fondation Garches, Invienetis, la Fondation Stéria pour leur soutien lors de la première étude.

Enfin un grand merci à Mélanie, ma compagne ainsi qu'à mes enfants, ma famille et mes amis qui ont su m'accompagner sans faille durant ces 4 années ! Merci, Mélanie, pour ton soutien quotidien et ta patience face à ce surplus de travail débordant forcément dans la sphère privée, à ces moments de doutes et de stress partagés ! Cela n'a pas dû être facile tous les jours et j'en suis désolé !

J'espère n'avoir oublié personne. Si c'est le cas, j'en suis désolé et j'espère m'en faire pardonner, vu la difficulté de cet exercice… Dans tous les cas, un grand MERCI à Tous !

CONTRIBUTION PERSONNELLE

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DE CETTE THESE

[1] Pouplin S., Robertson J., Antoine J., Blanchet A., Kahloun J.L., Volle P., Bouteille J., Lofaso F., Bensmail D. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. J Rehabil Res Dev. 2014; 51 (3): 467–80.
http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0094

[2] Pouplin S., Roche N., Hugeron C., Vaugier I., Bensmail D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. Eur J Phys Rehabil Med. 2015 Feb 5. [Epub ahead of print]

[3] Pouplin S., Roche N., Vaugier I., Cabanilles S., Hugeron C., Bensmail D. Text input speed in persons with cervical spinal cord injury. Spinal Cord. 2015 Sep 15. [Epub ahead of print].
doi: 10.1038/sc.2015.147.

[4] Pouplin S., Roche N., Vaugier I., Jacob A., Figère M., Pottier S., Antoine J.Y., Bensmail D. Influence of the number of predicted words on text input speed in participants with cervical spinal cord injury. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Feb-2016, Volume 97, Issue 2, 259-65. doi: 10.1016/j.apmr.2015.10.080. Epub 2015 Oct 23.

[5] Pouplin S., Roche N., Antoine J.Y., Vaugier I., Pottier S., Figère M., Bensmail D. The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical cord injury: a prospective study. Article soumis dans Disability and Rehabilitation.

COMMUNICATIONS ORALES DE CETTE THESE

COMMUNICATIONS ORALES DANS DES CONGRES NATIONAUX

[6] Pouplin S., Robertson J., Antoine J.Y., Blanchet A., Kahloun J.L., Volle P., Bouteille J., Bensmail B., Intégration et évaluation d'un moteur de prédiction lexicale dans un clavier virtuel d'aide à la saisie de texte pour les personnes présentant un handicap moteur, in 27ème Congrès de Médecine Physique et de Réadaptation, SOFMER, Toulouse, 2012, 220-221, 327 p.

[7] Pouplin S., Roche N., Vaugier I., Pottier S., Figère M., Antoine J.Y., Bensmail D. Influence du paramétrage des logiciels de prédiction de mots (Nombre de mots affichés et adaptation au vocabulaire de l'utilisateur) sur la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique des personnes tétraplégiques in 30ème Congrès de Médecine Physique et de Réadaptation, SOFMER, Montpellier, 2015.

[8] Pouplin S., Roche N., Hugeron C., Vaugier I., Bensmail D. Préconisations et paramétrages des logiciels de prédiction de mots par les professionnels pour les personnes tétraplégiques in 30ème Congrès de Médecine Physique et de Réadaptation, SOFMER, Montpellier, 2015.

COMMUNICATION ORALE INVITEE

[9] Pouplin S., Robertson J., Antoine J.Y., Blanchet A., Kahloun J.L., Volle P., Bouteille J., Bensmail B., Intégration et évaluation d'un moteur de prédiction lexicale dans un clavier virtuel d'aide à la saisie de texte pour les personnes présentant un handicap moteur, in Recherche en ergothérapie : pour une dynamique des pratiques, TROUVE E. et Al., Collection Actualités en ergothérapie, Solal, Marseille, novembre 2011, 299-312, 396 p.

COMMUNICATIONS AFFICHEES

[10] Pouplin S., Roche N., Vaugier I., Cabanilles S., Hugeron C., Bensmail D. Vitesses de saisie de texte sur l'outil informatique des personnes tétraplégiques in 30ème Congrès de Médecine Physique et de Réadaptation, SOFMER, Montpellier, 2015.

LISTE DES ABREVIATIONS

APF : Association des Paralysés de France
ASIA : American Spinal Injury Association
COPM : Canadian Occupational Performance Measure
CPM : Characters Per Minute
CIF : Classification Internationale du Fonctionnement
CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et Liberté
CPP : Comité de Protection des Patients.
CVK : Custom Virtual Keyboard
ESAT : Echelle de Satisfaction envers une Aide Technique
HRP : Health-Related Professionals.
IQR : Inter-Quartile Range
KSR : Keystroke Saving
MCRO : Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel
MIF : Mesure d'Indépendance Fonctionnelle
MDH-PPH2 : Modèle du Développement Humain et Processus de Production du Handicap.
MDPH: Maison Départementale des Personnes Handicapées
MHAVIE : Mesure des HAbitudes de VIE
MPM : Mots par minute
MQE : Mesure de la Qualité de l'Environnement
N/A : Not Available
N/Activated : Not Activated
OT : Occupational Therapist
PIADS : Psychosocial Impact of Assistive Device Scale
QUEST : Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology
QIF : Quadriplegia Index of Function
SCI : Spinal Cord Injury
SCIM : Spinal Cord independence Measure
SD : Standard Deviation
TIC : Technologies de l'Information et de la Communication
TIS : Text Input Speed
VAS : Visual Analog Scale
WPM : Words Per Minute
WPS : Word Prediction Software

LISTE DES TABLES

Tableau 1 : Capacités et Indépendance fonctionnelle des personnes blessées médullaires en fonction du niveau lésionnel. 22

Tableau 2 : Vitesses de saisie de texte, classifiées suivant les pathologies et les interfaces d'accès à l'outil informatique. 37

Tableau 3 : Caractéristiques démographiques des sujets inclus dans les différentes études 71

Tableau 4 : Critères d'inclusion des différentes études 72

Tableau 5 : Ordinateurs utilisés dans les différentes études 73

Tableau 6 : Grille d'évaluation des vidéos 77

Tableau 7 : Description du questionnaire 78

Tableau 8 : Paramètres évalués par étude 82

Tableau 9 : Vitesse de saisie de texte (wpm) chez les personnes tétraplégiques et valides. 93

Tableau 10: Vitesse de saisie de texte, nombre d'erreurs, vitesse de sélection et taux d'utilisation de la prédiction (personnes valides) 145

Tableau 11 : Description démographique des participants 175

Tableau 12 : Moyenne (SD) des vitesses de saisie de texte (caractères par minute). 176

Tableau 13 : Vitesse de saisie de texte - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer) – Temps. 176

Tableau 14 : Moyenne (SD) du nombre d'erreurs 177

Tableau 15 : Nombre d'erreurs - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer) – Temps. 177

Tableau 16 : Nombre d'erreurs - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer) – Condition. 178

Tableau 17 : Moyenne (SD) de la vitesse de sélection des touches. 178

Tableau 18 : Vitesse de sélection - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer) – Temps. 178

Tableau 19 : Vitesse de sélection - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer) – Condition. 179

Tableau 20 : Moyenne (SD) du taux d'utilisation de la prédiction de mots. 179

Tableau 21 : Taux d'utilisation de la prédiction de mots - Résultats Post-Hoc (LSD de Fischer). 179

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : La lésion traumatique médullaire 19

Figure 2 : Dispositifs de pointage [à gauche, pointage à l'œil ; à droite, pointage à la tête] 26

Figure 3 : Trackball adaptée pour un usage au menton 27

Figure 4 : Dispositifs de pointage 28

Figure 5 : Logiciel de clics automatiques 29

Figure 6 : Contacteurs [de gauche à droite. Haut : émulateur de souris, contacteur au souffle, contacteur mécanique. Bas : contacteur musculaire, contacteur infrarouge] 30

Figure 7 : Clavier virtuel à l'écran (civikey) 31

Figure 8 : Moyens de compensation pour la saisie de texte [en haut : Attelles réalisées en cuir et thermoformable ; en bas : frappe clavier avec stylo] 31

Figure 9 : Clavier virtuel avec accès défilement présentant lettres/déplacement et clic souris 32

Figure 10 : Système Iportal (Dynamics Control) permettant le contrôle de l'iPhone, iPad à partir du joystick du fauteuil roulant électrique 34

Figure 11 : À Gauche clavier physique Bépo ; à droite clavier physique Dvorak 39

Figure 12 : À Gauche code voyelles/consonnes ; à droite code alis 40

Figure 13 : Claviers dynamiques [à gauche : Chewing word ; à droite : Dasher] 41

Figure 14 : Principe de fonctionnement d'un logiciel de prédiction de mots. 43

Figure 15 : Logiciels de prédiction de mots [à gauche : Skippy ; à droite : Penfriend] 43

Figure 16 : Processus de préconisation des aides techniques nouvelles technologies 46

Figure 17 : Modèle de développement humain et Processus de production du handicap (MDH-PPH 2) 47

Figure 18 : Diagramme de Venn : les catégories de classement des évaluations. 49

Figure 19 : COPM (exemple) 53

Figure 20 : À gauche, CVK AZERTY fixe ; à droite, clavier dynamique associé à la prédiction de mots 74

Figure 21 : Logiciel de reconnaissance vocale Dragon Naturally Speaking v12. 74

Figure 22 : À gauche, clavier virtuel Keyvit ; à droite, logiciel de prédiction de mots Skippy 75

Figure 23 : Schéma d'installation des personnes participantes durant les expérimentations 76

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE _____ *13*

CHAPITRE I. _____ *16*

CADRE THEORIQUE _____ *16*

I. Les personnes blessées médullaires _____ **17**

I. 1. Description épidémiologique. _____ 17

I. 1. 1. Incidence et prévalence. _____ 17

I. 1. 2. Répartition des personnes blessées médullaires par genre et âge. _____ 17

I. 1. 3. Espérance de vie. _____ 18

I. 2. Description clinique et fonctionnelle. _____ 18

I. 3. Devenir à long terme et Besoins exprimés des personnes blessées médullaires. _____ 23

II. L'utilisation de l'outil informatique pour les personnes tétraplégiques. _____ **24**

II. 1. La place de l'informatique dans notre vie quotidienne. _____ 24

II. 1. 1. Quelques chiffres ! _____ 24

II. 1. 2. Et chez les personnes tétraplégiques, quels enjeux ? _____ 25

II. 2. Les aides techniques existantes. _____ 25

II. 2. 1. Les dispositifs de pointage. _____ 25

II. 2. 2. Les dispositifs de validation. _____ 28

II. 2. 3. Les dispositifs de saisie de texte. _____ 30

II. 2. 4. L'accès par défilement. _____ 32

II. 2. 5. De nouveaux outils (Tablettes et Smartphones). _____ 33

II. 2. 6. Les logiciels de reconnaissance vocale. _____ 34

II. 2. 7. Et la vitesse de saisie de texte ? _____ 35

III. Les solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte _____ **38**

III. 1. Les claviers virtuels optimisés, ambigus ou dynamiques. _____ 38

III. 2. Les logiciels de complétion et de prédiction de mots. _____ 42

IV. Processus de préconisation des ergothérapeutes concernant les logiciels de prédiction de mots. _____ **45**

IV. 1. Le Processus de préconisation. _____ 45

IV. 2. Et les personnes tétraplégiques ? _____ 50

V. Critères objectifs et subjectifs d'évaluation de l'efficacité des logiciels de prédiction de mots. 51

V. 1. Les mesures objectives. 51

V. 2. Les mesures subjectives. 52

VI. les logiciels de prédiction de mots, Influence de leurs paramétrages et stratégies d'utilisation. 55

VI. 1. Amélioration des performances à la saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots. 55

VI. 2. Influence du texte en copie 58

VI. 3. Influence de la forme de la fenêtre de prédiction de mots et de sa disposition sur l'écran. 58

VI. 4. Influence de la stratégie d'utilisation de la prédiction de mots. 59

VI. 5. Influence du nombre de mots présentés dans la liste de prédiction et du temps de recherche. 60

VI. 6. Influence de la fréquence d'utilisation des mots / adaptation à l'utilisateur ou au texte / apprentissage des mots nouveaux. 62

VI. 7. Conclusion. 63

VII. Optimisation de la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques et leur niveau de satisfaction vis-à-vis de l'outil suite à un entraînement dirigé. 63

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES 66

CHAPITRE II. 70

METHODOLOGIE GENERALE 70

I. Les sujets 71

II. Le matériel et évaluations utilisées. 73

II. 1. Matériel et Installation. 73

II. 2. Outils utilisés et paramètres évalués. 76

II. 2. 1. Outils utilisés 76

II. 2. 1. Paramètres évalués. 79

CHAPITRE III. 83

ETUDES 83

I. Etude 1 : Vitesse de saisie de textes chez les personnes tétraplégiques. 84

I. 1. Présentation 84

I. 2. L'étude 85

I. 3. Résultats complémentaires. 91

I. 3. 1. Objectif. 91

I. 3. 2. Participants. 91

I. 3. 3. Méthodes 91
I. 3. 4. Mesures 91
I. 3. 5. Analyse statistique 91
I. 3. 6. Résultats 92
I. 4. Synthèse 94

II. Etude 2 : effets d'un clavier dynamique et d'un logiciel de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte auprès de personnes tétraplégiques fonctionnelles. 95

II. 1. Présentation 95
II. 2. L'étude 97
II. 3. Synthèse 111

III. Etude 3 : Questionnaire 112

III. 1. Présentation 112
III. 2. L'étude 114
III. 3. Synthèse 134

IV. Etude 4 : Etude de l'influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction sur la vitesse de saisie de texte. 135

IV. 1. Présentation 135
IV. 2. L'étude 136
IV. 3. Résultats complémentaires 144
IV. 3. 1. Objectif. 144
IV. 3. 2. Participants. 144
IV. 3. 3. Méthodes. 144
IV. 3. 4. Mesures. 144
IV. 3. 5. Analyse statistique. 144
IV. 3. 6. Résultats. 145
IV. 4. Synthèse 147

V. Etude 5 : Etude de l'influence du paramétrage « fréquence d'utilisation des mots » sur la vitesse de saisie de texte. 148

V. 1. Présentation 148
V. 2. L'étude 149
V. 3. Synthèse 166

VI. ETUDE 6 : Influence de l'entraînement des personnes tétraplégiques sur les logiciels de prédictions sur la vitesse de saisie de texte. 167

VI. 1. Présentation 167
VI. 2. L'étude 167

VI. 3. Synthèse 185

VII. SYNTHESE DES RESULTATS 186

CHAPITRE IV. 190

DISCUSSION GENERALE 190

I. Introduction 191

II. Optimisation de la vitesse de saisie de texte. 192

III. Intérêt des logiciels de prédiction de mots. 195

IV. Influence de l'entraînement. 199

V. Intérêt clinique. 201

VI. Limites 202

CHAPITRE V. 203

CONCLUSION GENERALE 203

I. Bilan des principaux résultats. 204

II. Perspectives 206

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 209

ANNEXES 229

ANNEXE 1 230

Questionnaire d'enquête ayant servi de support à l'Etude 3 230

ANNEXE 2 234

QUEST : Québec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology ou ESAT Echelle de Satisfaction envers une Aide Technique (ESAT) 234

ANNEXE 3 241

Canadian Occupational Performance Measure (COPM) ou Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MCRO) 241

ANNEXE 4 244

Livret pour l'auto-entraînement sur un logiciel de prédiction de mots. 244

« La grandeur de l'homme est dans sa décision d'être plus fort que sa condition.... »

Albert Camus

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, l'informatique occupe une place centrale dans la vie de chaque individu, au niveau familial, social et professionnel (Bigot et Croutte, 2014). En effet, d'après cette étude, en France, près de trois personnes sur quatre se connectent à Internet quotidiennement. De plus, près d'une personne sur deux effectue des achats en ligne, réalise ses démarches administratives et fiscales, écoute de la musique et a pu ainsi enrichir son cercle relationnel. Chez la personne blessée médullaire, la lésion traumatique entraine l'interruption des voies médullaires ascendantes et descendantes occasionnant l'atteinte des fonctions motrices ou sensitives en sous lésionnel, présentes au niveau des membres inférieurs et/ou des membres supérieurs et du tronc (Aghakhani et al., 1999). Ces déficits moteurs et sensitifs vont entrainer des difficultés d'accès à l'outil informatique en termes de déplacement de la souris et de saisie de texte. Pourtant, pour les personnes tétraplégiques, l'accès à cet outil est un réel enjeu de réinsertion sociale et professionnelle (Cornes and Bochel, 1987) (Lidal et al., 2007a). Depuis plusieurs années, de nombreuses aides techniques d'accès à l'outil informatique sont commercialisées (LoPresti and Brienza, 2004) (Biard et al., 2011). Néanmoins, ces outils engendrent une certaine lenteur dans la saisie de texte (Le Pévédic, 1997), constat toujours réalisé en pratique clinique. Suite à ce constat, des solutions logicielles d'optimisation de cette vitesse de saisie de texte ont été développées et existent, pour certains, actuellement dans le commerce (logiciels de reconnaissance vocale, claviers virtuels optimisés, dynamiques et ambigus, logiciels de prédictions de mots). Parmi ces derniers, les logiciels de prédiction de mots fonctionnent de la manière suivante : après chaque caractère saisi par l'utilisateur, le système propose un mot ou un groupe de mots commençant par le caractère sélectionné. A chaque saisie supplémentaire, le système affine ses propositions de mots. Lorsque l'utilisateur choisit de retenir une des propositions, le mot sélectionné est intégré dans le corps du texte, ce qui permet d'économiser les dernières saisies nécessaires à la composition du mot. Cependant, la littérature indique des résultats hétérogènes concernant l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte chez les personnes valides, mais surtout chez les personnes tétraplégiques (Anson, 1993) (Anson et al., 2006) (Bérard and Niemeijer, 2004) (Vigouroux et al., 2004) (Laffont et al., 2007). Les explications avancées par les auteurs pour expliquer ces résultats sont l'augmentation de la charge attentionnelle occasionnée par le temps de recherche visuelle des mots dans la liste de prédiction. Par conséquent, l'hypothèse générale que certains paramétrages de ces logiciels et un programme d'entraînement ciblé auprès des personnes tétraplégiques aient une influence sur l'efficacité de ces logiciels à optimiser la saisie de texte a été avancée. De plus, il n'existe pas d'études, à notre connaissance, évaluant l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur un échantillon conséquent de personnes tétraplégiques.

Ainsi, ce travail de thèse avait pour objectif principal d'étudier l'influence de certains paramétrages des logiciels de prédiction de mots et d'un programme d'entraînement ciblé sur la vitesse de saisie de textes chez des personnes tétraplégiques. Le chapitre I introduit le cadre théorique, à la suite duquel nous

exposerons la problématique de recherche et les objectifs de ce travail. Le chapitre II décrit la méthodologie générale mise en place dans les différentes études. Le chapitre III expose les 5 études et les résultats préliminaires de la 6ème étude, menées afin de répondre à la problématique de recherche. Enfin, les chapitres IV et V comprennent une discussion et une conclusion générale mettant, de même, en exergue des perspectives futures de recherche.

CHAPITRE I.
CADRE THEORIQUE

I. LES PERSONNES BLESSEES MEDULLAIRES

I. 1. Description épidémiologique.

I. 1. 1. Incidence et prévalence.

En France, l'incidence des traumatismes médullaires responsables de paraplégies ou de tétraplégies est d'environ 19,4 personnes par million d'habitants par an et représente environ 930 nouveaux cas par an (Albert and Ravaud, 2005). En comparaison, l'incidence annuelle dans les pays développés varie de 10,4 à 83 personnes pour 1 million de personnes (Wyndaele and Wyndaele, 2006). Au Canada, une estimation du nombre de nouveaux cas de traumatismes médullaires en 2010 s'établit à 1 500 et à 346 au Québec, selon l'Institut Rick Hansen (Krueger et al., 2013). En France, la prévalence des personnes blessées médullaires (tétraplégiques et paraplégiques) est de 100 à 400 sujets par millions d'habitants. Ce chiffre reste peu précis en raison du manque de données épidémiologiques sur les lésions médullaires non traumatiques. Néanmoins, cette prévalence a augmenté ces 50 dernières années en lien avec l'augmentation de l'espérance de vie des personnes blessées médullaires (Even-Schneider et al., 2007). Les tétraplégies correspondent à près de la moitié des lésions médullaires traumatiques (38 à 56%) (Frankel et al., 1998) (Jackson et al., 2004) (Lee et al., 2013). Les principales causes de traumatisme médullaire sont les accidents de la voie publique (46% des cas), les chutes (35%), les accidents du travail (23%), les accidents liés à la pratique sportive (9%) (Lee et al., 2013) (Minaire et al., 1978).

I. 1. 2. Répartition des personnes blessées médullaires par genre et âge.

En France, les données sur la population tétraplégique proviennent principalement de l'étude Tétrafigap réalisée par un groupe de travail constitué des principaux centres et hôpitaux prenant en charge les lésions médullaires. Au travers d'un questionnaire envoyé à 1668 personnes tétraplégiques, cette étude montre une proportion de 20% de femmes, un âge moyen de la population tétraplégique de 44,1 ans (SD=13,5) (Ville et Ravaud, 2001) et un âge moyen de survenue de l'accident à 30,7 ans (Dauphin et al., 2000).

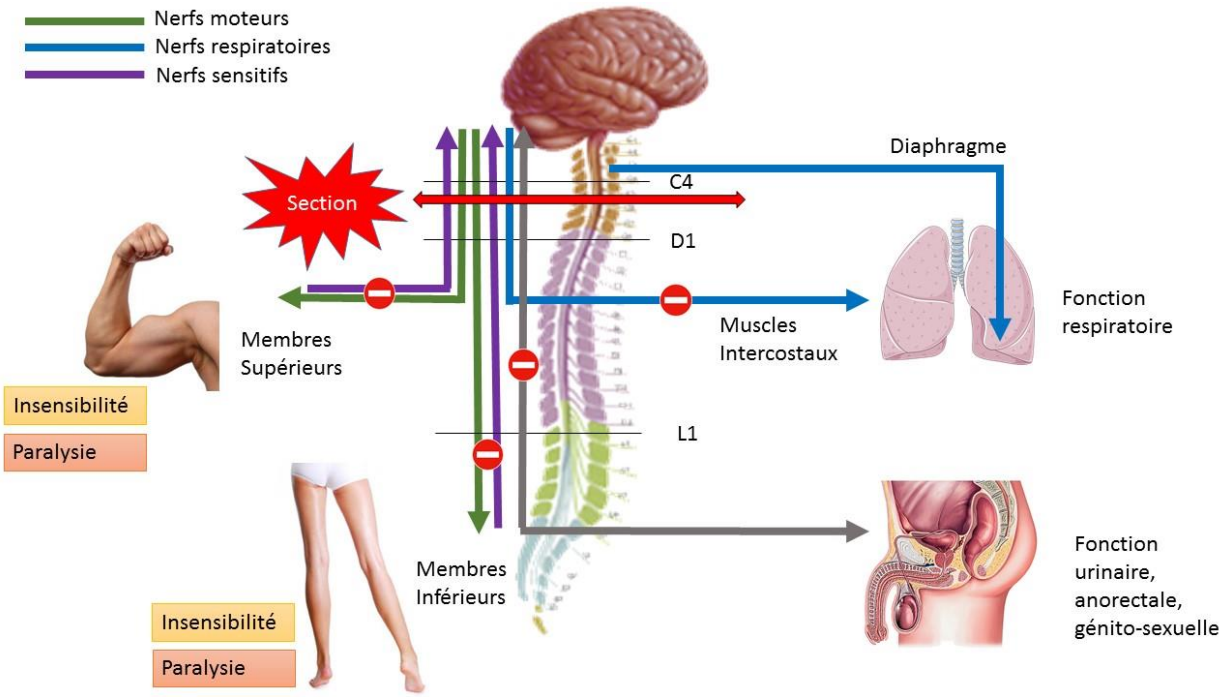
I. 1. 3. Espérance de vie.

Concernant l'espérance de vie des personnes blessées médullaires, à notre connaissance, aucune donnée chiffrée française n'a été publiée. Néanmoins, une étude nord-américaine menée entre 1973 et 2004 (Strauss et al., 2006) montre une nette diminution de la mortalité dans les deux ans suivant le traumatisme. En effet, cette mortalité était de 29% à deux ans du traumatisme dans les années 70 et de 14% dans les années 90 (chiffres concernant les personnes tétraplégiques de plus de 30 ans). La période de deux ans passée, la mortalité est stable depuis les années 1980. En ce qui concerne les caractéristiques cliniques de la lésion médullaire, cette étude (Strauss et al., 2006) a montré un rapport statistiquement significatif entre le niveau lésionnel et la mortalité chez les personnes blessées médullaires ayant une atteinte sensitivomotrice complète (plus la lésion est haute, plus la mortalité est élevée). Les causes de mortalité chez les personnes blessées médullaires sont les causes respiratoires (16 à 32%), cardiaques (13 à 28%) et urogénitales (13%) (Frankel et al., 1998) (DeVivo et al., 1999) (Lidal et al., 2007b). Enfin, le risque respiratoire est majoré à la fois par la hauteur de la tétraplégie, mais aussi par un âge élevé lors de la survenue de l'accident (Frankel et al., 1998).

I. 2. Description clinique et fonctionnelle.

La lésion traumatique médullaire entraine l'interruption des voies ascendantes et descendantes occasionnant l'atteinte des fonctions motrices et/ou sensitives en sous lésionnelles, présentes au niveau des membres inférieurs et/ou des membres supérieurs et du tronc, associée à des atteintes viscérales (urinaires, anorectales, sexuelles) (Aghakhani et al., 1999) (Figure 1).

FIGURE 1 : LA LESION TRAUMATIQUE MEDULLAIRE



Actuellement la classification développée par l'ASIA (American Spinal Injury Association) fait référence au niveau international (American Spinal Injury Association, 2011) (Marino et al., 2003). Elle permet de définir :

- Un niveau neurologique correspondant au dernier métamère sain (fonction motrice et sensitive normale).
- Un score moteur et sensitif qui permet d'exprimer une sévérité de la lésion.
- Une catégorie en fonction du caractère complet ou incomplet de la lésion (allant de A à E).

Le niveau neurologique, le score moteur et sensitif sont définis à la suite d'une évaluation musculaire des muscles clés (chaque muscle correspond à un niveau métamérique) et par un bilan sensitif de chaque dermatome (en relation avec un niveau médullaire).

Les groupes musculaires clés de l'ASIA sont les suivants :

- - Aux membres supérieurs : fléchisseurs du coude (C5), extenseurs de poignet (C6), triceps brachial (C7), fléchisseur commun profond du majeur (C8), abducteur du V (D1)
- - Aux membres inférieurs : fléchisseurs de hanche (L2), quadriceps (L3), tibial antérieur (L4), extenseur propre de l'hallux (L5), triceps sural (S1).

Les catégories définissant le caractère complet ou incomplet de la lésion sont répertoriées de la manière suivante :

- ASIA A: complet sensitivomoteur.
- ASIA B : sensibilité préservée jusqu'aux métamères sacrés.
- ASIA C : Plus de la moitié des muscles clés sous le niveau lésionnel ont une cotation au testing < à 3.
- ASIA D : au moins la moitié des muscles clés sous le niveau lésionnel a une cotation > ou = à 3 (ce qui correspond le plus souvent à des possibilités de marche).
- ASIA E : force normale.

La paraplégie est définie par une atteinte en dessous de D1 (les membres supérieurs sont sains) et la tétraplégie par une atteinte de D1 et au-dessus (touchant les membres supérieurs de manière incomplète). Plus la lésion médullaire complète est haute et plus l'atteinte motrice est importante (Hameau et al., 2015) (Yelnik et al., 2006). Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons uniquement aux personnes tétraplégiques avec une lésion complète motrice (Asia A et B).

Au niveau de l'indépendance fonctionnelle, plusieurs échelles de mesure sont utilisées afin d'évaluer dans la globalité les différentes activités de vie quotidienne. Nous pouvons citer, entre autres, la Mesure d'Indépendance fonctionnelle (MIF) (Keith, 1987) (Minaire, 1991) (Ravaud et al., 1999), la Quadriplegia Index of Function (QIF) (Gresham et al., 1986) et, la plus spécifique, la Spinal Cord Independance Measure (SCIM) III (Itzkovich et al., 2007). En pratique clinique, nous pouvons classiquement distinguer deux groupes de personnes tétraplégiques Asia A et B, classées en fonction de leur indépendance fonctionnelle dans la vie quotidienne même si les frontières entre les deux catégories sont fragiles et que chaque personne reste unique dans son cheminement vers cette indépendance (Le Maitour, 2011) (Audibert, 2011) (Dollfus, 2001) (Guttmann, 1973).

Un premier groupe inclut les personnes tétraplégiques de niveau C5 Asia A et B et au-dessus. Le niveau C4 permet l'autonomie respiratoire grâce à la présence du diaphragme. Au niveau de la motricité, les mouvements de la tête sont préservés à partir du niveau C4 et une mobilité partielle au niveau des épaules et du coude est présente en sus au niveau C5. Ces personnes tétraplégiques sont particulièrement dépendantes dans les actes de vie quotidienne même si une certaine indépendance peut être préservée à l'aide d'aides techniques pour certains actes de vie quotidienne tels que l'accès à l'outil informatique par exemple.

Un deuxième groupe regroupe les personnes tétraplégiques de niveau C6 à D1 Asia A et B. Le niveau C6 est un niveau clé (Guttmann, 1973), car les personnes tétraplégiques ont des possibilités de préhensions grâce, notamment, à l'extension de poignet (niveau C6) permettant une pince passive (effet ténodèse) entre le pouce et l'index. L'exploration de l'espace, la réalisation des transferts et la propulsion du fauteuil roulant manuel sont facilitées par le triceps brachial (niveau C7). L'indépendance dans les actes de vie quotidienne peut être totale, mais sera fortement liée à l'âge, au poids, à la taille, aux comorbidités et la présence ou non d'aides techniques.

Le tableau suivant (Tableau 1) synthétise les muscles clés inhérents à chaque niveau lésionnel ainsi que l'indépendance fonctionnelle des personnes tétraplégiques en fonction de leur niveau lésionnel sur les lésions complètes motrices (ASIA A et B) (Albert, 2011) (Le Maitour, 2011).

TABLEAU 1 : CAPACITES ET INDEPENDANCE FONCTIONNELLE DES PERSONNES BLESSEES MEDULLAIRES EN FONCTION DU TABLEAU CLINIQUE POUR DES LESIONS COMPLETES DE LA MOELLE (ASIA A/B).

	Niveau Lésionnel	Muscles ou Fonctions clés	Capacités	Indépendance Fonctionnelle
Groupe 1	C2 – C3		Mouvements de tête impossibles ainsi qu'aux membres supérieurs et inférieurs	**Dépendance totale.** Assistance respiratoire Contrôle de l'environnement et accès informatique possible avec aide technique. Déplacement Fauteuil Roulant Electrique commande scanner par défilement, mais peu fonctionnel. Véhicule adapté avec conduite par un tiers.
	C4	Diaphragme	Possibilité d'autonomie respiratoire. Mouvements de la tête possibles. Aucun mouvement au niveau des membres supérieurs et inférieurs.	**Dépendance totale.** Contrôle de l'environnement et accès informatique possible avec aide technique. Déplacement Fauteuil Roulant Electrique commande mentonnière ou occipitale. Véhicule adapté avec conduite par un tiers.
	C5	Fléchisseurs du coude	Contrôle proximal du membre supérieur. Aucun mouvement au niveau des membres inférieurs.	**Dépendance quasi totale**. Contrôle de l'environnement et accès informatique possible avec aide technique. Déplacement Fauteuil Roulant Electrique commande mentonnière, occipitale ou joystick standard. Prise de repas possible avec aides techniques. Participation toilette, habillage, soins d'apparence. Véhicule avec mini-manche/joystick. Transmission automatique et poste de conduite en fauteuil.
Groupe 2	C6	Extenseurs de poignet	Fermeture des doigts par effet ténodèse – Accès à la préhension. Aucun mouvement au niveau des membres inférieurs	**Indépendance partielle ou complète.** Contrôle de l'environnement et accès informatique possible avec ou sans aide technique. Déplacement Fauteuil Roulant Manuel ou Electrique joystick standard. Indépendance partielle ou complète pour toilette, habillage, repas, transferts, vésico-sphinctériens avec aides techniques. Conduite possible avec adaptations volant/Levier tiré-pousser pour accélérateur/frein. Transmission automatique.
	C7	Extenseur de coude	Exploration et verrouillage du membre supérieur dans l'espace. Aucun mouvement au niveau des membres inférieurs	**Indépendance partielle ou complète.** Contrôle de l'environnement et accès informatique possible sans aide technique. Déplacement Fauteuil Roulant Manuel. Indépendance quasi complète pour toilette, habillage, repas, transferts et vésico-sphinctériens. Commandes au volant. Transmission automatique
	C8	Fléchisseurs des doigts	Force de la main. Aucun mouvement au niveau des membres inférieurs	**Indépendance complète** Contrôle de l'environnement et accès informatique possible sans aide technique, déplacement Fauteuil Roulant Manuel. Indépendance complète pour toilette, habillage, repas, transferts et vésico-sphinctériens. Commandes au volant. Transmission automatique
	D1	Abducteur du V	Dextérité de la main. Aucun mouvement au niveau des membres inférieurs	

I. 3. Devenir à long terme et Besoins exprimés des personnes blessées médullaires.

Concernant le devenir à long terme de la personne tétraplégique, au niveau de la sphère personnelle, l'enquête Tétrafigap montre que les activités quotidiennes telles que la toilette, l'habillage et les transferts sont difficiles à réaliser de manière indépendante et nécessitent l'intervention de tierces personnes. Par contre, certaines activités telles la prise de repas, la propulsion du fauteuil et l'écriture sont réalisées en général de manière indépendante (Dauphin et al., 2000).

Au niveau professionnel, les données pour les personnes tétraplégiques seules ne sont pas disponibles dans la littérature. Les chiffres recensés englobent les deux populations : tétraplégie et paraplégie. De plus, ces données sont très variables : 20 à 47% des sujets reprennent un emploi, mais cette reprise professionnelle ne dépassent pas les 23% durant les trois premières années suivant la lésion médullaire (Ville et Ravaud, 2001) (Lidal et al., 2007a). Le taux d'emploi des femmes restent inférieur à celui des hommes : 13,1% versus 21%. Le taux d'emploi présente des disparités sociales en fonction de la catégorie professionnelle lors de l'accident : plus la personne sera diplômée et plus le taux d'emploi est important (Ville and Ravaud, 2001). Plus la personne est jeune, le niveau de lésion bas et l'indépendance fonctionnelle importante, et plus la reprise professionnelle est importante (Lidal et al., 2007a). En effet, les personnes paraplégiques retrouvent plus facilement un emploi que les personnes tétraplégiques (Pflaum et al., 2006) (Krause and Terza, 2006) (Wang et al., 2002). Ces résultats suggèrent que les personnes tétraplégiques subissent un isolement professionnel et social plus important que les personnes paraplégiques. Par conséquent, le développement des technologies de l'information et de la communication semble essentiel afin de maintenir l'insertion socio-professionnelle de ces personnes (Cornes and Bochel, 1987).

Concernant l'usage des outils technologiques, 64 à 98% des personnes tétraplégiques expriment le besoin d'utiliser ces outils afin d'augmenter leur niveau d'indépendance. Concernant l'utilisation de l'outil informatique, 78% des personnes tétraplégiques expriment le besoin d'en utiliser un : l'équipement informatique semble faire partie intégrante de l'équipement de la personne tétraplégique (Brochard et al., 2007).

II. L'UTILISATION DE L'OUTIL INFORMATIQUE POUR LES PERSONNES TETRAPLEGIQUES.

II. 1. La place de l'informatique dans notre vie quotidienne.

II. 1. 1. Quelques chiffres !

Comme nous l'avons déjà évoqué auparavant, l'informatique tient actuellement une place importante dans la vie de chaque individu, que ce soit pour les loisirs (fonctionnalités multimédias, jeux…), les activités professionnelles ou la communication (Internet, courriel, messagerie instantanée…).

Le Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie (CREDOC) a mené en 2014 une enquête auprès d'un échantillon représentatif de la population française âgée de 12 ans et plus (2220 personnes) sur l'usage des Technologies d'Information et de Communication (Bigot et Croutte, 2014).

En 2014, 82% de la population française ont au moins un ordinateur à domicile et 36% en ont plusieurs. 100% des personnes ayant un ordinateur ont accès à Internet. De même, 29% des personnes ont une tablette et 46% un smartphone. Au niveau des usages concernant Internet, 78% des personnes se connectent tous les jours à domicile, 54% effectuent des achats en ligne, 51% effectuent leurs démarches administratives et fiscales, 48% des personnes sont inscrits à un réseau social, 47% écoutent et téléchargent de la musique et 24% utilisent Internet pour leur recherche d'emploi. Le temps consacré à Internet est de 17 heures par semaine. De plus, l'outil informatique est utilisé pour 22% de la population pour regarder des vidéos et/ou la télévision. Au final, 47% des personnes ont pu enrichir leur cercle relationnel (Bigot and Croutte, 2014) grâce à l'utilisation de l'outil informatique. A travers cette étude, il est clair que les technologies de l'information et de la communication comprenant l'accès à l'ordinateur tiennent une place centrale dans notre vie quotidienne actuellement et par conséquent, l'importance de restaurer l'accès à ces technologies pour les personnes en situation de handicap sévère comme les personnes tétraplégiques.

II. 1. 2. Et chez les personnes tétraplégiques, quels enjeux ?

De même que pour la population générale face à ces technologies de l'information et de la communication, les personnes tétraplégiques veulent et peuvent prétendre à une insertion socio-professionnelle, à l'accès au savoir par une intégration scolaire facilitée par Internet, à l'accès aux loisirs et à une participation sociale (Folan et al., 2015) (Picard, 2007) (Angelo et al., 2007) (Cornes and Bochel, 1987).
Cette participation sociale est essentielle pour les personnes tétraplégiques d'autant plus que les modalités d'accessibilités des différents lieux promis par la loi française sur l'égalité des chances de 2005 ont été reportées à une date ultérieure pouvant aller jusqu'en 2024. En 2012, un rapport ministériel pointait qu'uniquement 15% des établissements recevant du public étaient aux normes (Bellurot et al., 2012). Au regard de ces différents constats, des difficultés de circulation des personnes tétraplégiques occasionnées par le manque d'accessibilité des lieux publics et la difficulté d'accès aux transports en commun, l'accès à l'outil informatique est un levier essentiel pour éviter la rupture sociale et professionnelle (Lidal et al., 2007a). De plus, l'accès à ces technologies engendre un haut niveau de satisfaction des personnes en situation de handicap (Boonzaier, 2003) (Brochard et al., 2007). Par conséquent, les technologies de l'information et de la communication sont essentielles pour les personnes tétraplégiques et la restauration de cette communication est fondamentale.

II. 2. Les aides techniques existantes.

Concernant l'accès à l'outil informatique, les personnes tétraplégiques ont des difficultés à accéder au dispositif de pointage (déplacement du curseur de la souris, mais aussi aux différents clics) et à la saisie de texte (accès au clavier standard). De nombreuses aides techniques existent selon les déficiences, les capacités des personnes tétraplégiques, mais aussi selon leurs habitudes de vie, les contraintes environnementales et les usages attendus de l'outil informatique (LoPresti and Brienza, 2004) (DeVries et al., 1998) (Yu-Luen Chen et al., 2003) (Y.-L. Chen et al., 2003) (Biard et al., 2011). Nous allons évoquer dans un premier temps l'accès au dispositif de pointage.

II. 2. 1. Les dispositifs de pointage.

Parmi les solutions existantes et accessibles commercialement pour les personnes tétraplégiques, nous pouvons retenir les dispositifs de pointage adaptés tels les trackballs, les joysticks, les pointages à la tête, les pointages à l'œil, etc. Les dispositifs de pointage sont proposés, entre autres, en fonction des capacités des personnes tétraplégiques. Pour les personnes tétraplégiques de niveau C3 et au-dessus, aucun

mouvement de la tête ni des membres supérieurs et inférieurs n'est possible (Tableau 1). Dans ce cadre-là, deux systèmes principaux sont utilisés : les pointages à l'œil (Figure 2) (Guerreiro and Jorge, 2007) ou l'accès par défilement. Concernant l'utilisation des systèmes de pointages à l'œil, GUERREIRO et JORGE soulignent une utilisation possible de l'outil informatique grâce à cet accès pour deux personnes tétraplégiques de niveau C3-C4 Asia A. Pour l'accès par défilement, nous reviendrons sur le sujet un peu plus tard dans le document.

Pour les personnes tétraplégiques de niveau C4 – C5 Asia A/B, les mouvements de la tête sont possibles et seront privilégiés pour l'accès à l'outil informatique (Biard et al., 2011). En pratique clinique, les systèmes de pointage à la tête sont largement utilisés. Ils fonctionnent soit par infrarouge (l'infrarouge envoyé par le dispositif est réfléchi par une pastille placée sur le front de l'utilisateur par une tierce personne) soit par vidéo (les mouvements de la tête sont récupérés par une webcam standard) (Yu-Luen Chen et al., 2003) (LoPresti and Brienza, 2004) (DeVries et al., 1998) (Betke et al., 2002) (Figure 2).

FIGURE 2 : DISPOSITIFS DE POINTAGE [A GAUCHE, POINTAGE A L'ŒIL ; A DROITE, POINTAGE A LA TETE]

Ces systèmes existent dans le commerce en version payante ou gratuite en téléchargement sur Internet. Ces outils de pointage à la tête ont été testés chez les personnes tétraplégiques à travers plusieurs études. LOPRESTI et BRIENZA montrent l'importance de ces outils chez cinq personnes tétraplégiques pour accéder à l'outil informatique à travers un temps d'utilisation moyen situé entre 3 à 6 heures par jour (LoPresti and Brienza, 2004). De même, YU-LUEN CHEN montre lors d'un jeu vidéo une rapidité plus importante ($p<0.05$) des systèmes de pointage à la tête que des baguettes buccales, chez neuf personnes tétraplégiques de niveau lésionnel compris entre C3 et C6 Asia A (Yu-Luen Chen et al., 2003). Par contre, lors d'une tâche de saisie de texte, aucune différence n'a été mise en évidence sur la vitesse de saisie de texte par DEVRIES pour une personne tétraplégique que ce soit avec un système de pointage à la tête ou avec une baguette buccale (environ 5,85 wpm). Aucune analyse statistique n'a été réalisée dans la dernière étude (DeVries et al., 1998). Au vue de ces résultats, les outils de pointages à la tête semblent plus performants et plus confortables que les baguettes buccales pour le jeu mais pas pour la saisie de texte.

De même, l'utilisation de trackballs ou de joysticks positionnés au menton à l'aide d'un support est aussi envisageable (Figure 3). La solution du joystick pour accéder à l'outil informatique peut être associée ou non à la conduite du fauteuil roulant électrique en l'intégrant à la commande.

FIGURE 3 : TRACKBALL ADAPTEE POUR UN USAGE AU MENTON

Néanmoins, pour les personnes tétraplégiques de niveau C5 Asia A/B, des possibilités fonctionnelles au niveau des membres supérieurs sont exploitables avec, principalement, l'utilisation des muscles deltoïdes et biceps. Le contrôle de l'épaule est possible, et le coude dans une certaine mesure (flexion) : l'extension volontaire du coude demeure impossible. Des solutions de type trackballs, touchpad, réservées à des personnes tétraplégiques dont le niveau lésionnel est plus bas, peuvent être envisagées. En pratique clinique, pour une endurance à l'utilisation de l'outil informatique, les mouvements de la tête sont privilégiés. Néanmoins, l'utilisation des membres supérieurs peut être une solution en fonction des capacités ou des besoins et envies de la personne tétraplégique.

Pour les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A/B et en dessous, les possibilités fonctionnelles au niveau des membres supérieurs augmentent (Tableau 1). Par conséquent, les systèmes utilisés par les mouvements de tête sont normalement abandonnés. Pour les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A/B, les trackballs, joysticks, touchpad (Figure 4) peuvent être utilisés avec le bord ulnaire de la main, par exemple. Pour certaines personnes possédant une très bonne intégration des compensations au niveau de la main, une souris standard peut même être utilisée. Pour les niveaux C7 et C8 Asia A/B, peu d'adaptations du dispositif de pointage sont réalisées. Globalement, les outils standards (souris, touchpad) sont utilisés (Figure 4). **Toutefois, il n'existe pas, à notre connaissance, d'études comparant l'efficacité (rapidité, confort, utilisabilité) des différents systèmes de pointage chez les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A et en dessous.**

FIGURE 4 : DISPOSITIFS DE POINTAGE
[DE GAUCHE A DROITE : TRACKBALL, JOYSTICK, TOUCHPAD, SOURIS STANDARD]

II. 2. 2. Les dispositifs de validation.

Le déplacement du curseur étant assuré, il est nécessaire pour la personne tétraplégique de pouvoir valider les différents clics souris (clic gauche, droit, double-clics, cliquer-déposer) afin d'avoir un contrôle complet de l'outil informatique. La validation peut être réalisée de trois manières différentes :

- soit par un logiciel de clic automatique.
- soit par un contacteur.
- soit directement sur le dispositif de pointage.

Le choix de la validation est réalisé en fonction des possibilités fonctionnelles et des besoins de la personne tétraplégique. **Il n'existe pas, à notre connaissance, d'études comparant l'efficacité (rapidité, confort, utilisabilité) des différents systèmes chez les personnes tétraplégiques.**

Un logiciel de clic automatique (Figure 5) permet de générer automatiquement un clic souris après un temps d'immobilisation paramétrable du curseur. En pratique, la personne tétraplégique déplace le curseur de la souris grâce à son dispositif de pointage sur l'interface logicielle. La personne choisit le clic souris qu'elle souhaite (clic gauche, droit, double-clic, glisser-déposer) en positionnant le curseur sur la case du clic souhaité. Ce dernier se sélectionne après un délai temporisé. Ensuite, tant que le curseur de la souris sera en mouvement, rien ne sera généré. La personne doit immobiliser son curseur de souris durant un temps paramétrable afin de valider l'action. Ce dispositif s'adresse principalement aux personnes tétraplégiques hautes de niveau C4/C5 Asia A/B. En effet, les mouvements disponibles sont souvent déjà exploités pour le déplacement de la souris (par exemple, pointage à la tête).

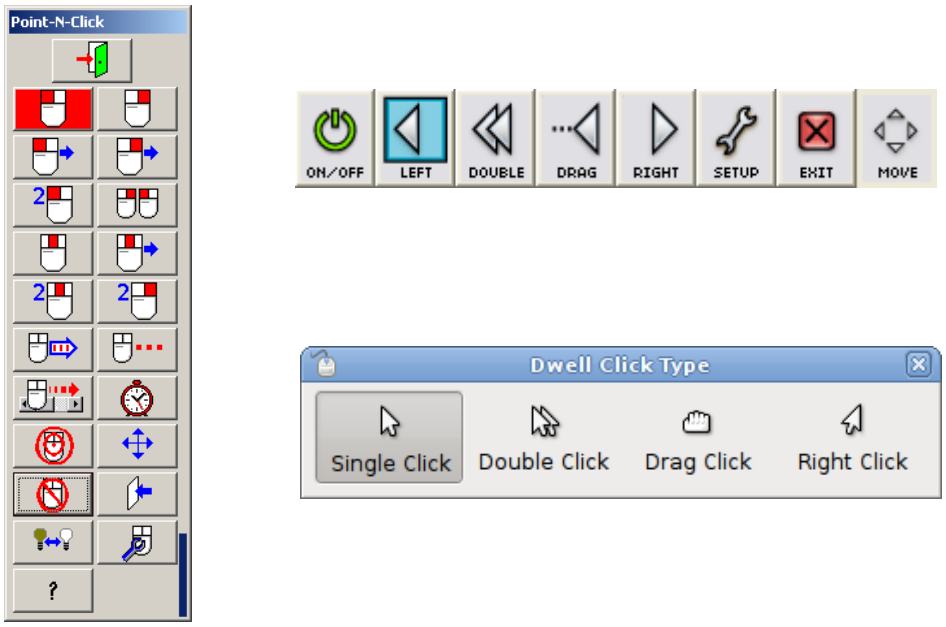


FIGURE 5 : LOGICIEL DE CLICS AUTOMATIQUES

Le contacteur (Figure 6) est un interrupteur donnant une réponse de type on / off. Branchée sur l'outil informatique grâce à un dispositif d'émulation de clics (Joycable, Swifty) (Figure 6), chaque validation sur le contacteur permettra de générer les différents clics. Il existe différents types de contacteurs, de sensibilité réglable, adaptés aux possibilités des personnes tétraplégiques (mécaniques, musculaires, au souffle, infra – rouges). Les contacteurs sont principalement utilisés par les personnes tétraplégiques hautes de niveau C4/C5 Asia A/B qui souhaitent gérer les différents clics sans être tributaire d'un système automatique et en acceptant une installation informatique plus lourde. Nous pouvons citer entre autres, les contacteurs au souffle pouvant être utilisés par les personnes tétraplégiques de niveau C4 Asia A/B ou les contacteurs mécaniques placés au niveau de la face externe du coude et actionnés par une abduction d'épaule pour une personne tétraplégique C5 Asia A/B.

FIGURE 6 : CONTACTEURS [DE GAUCHE A DROITE. HAUT : EMULATEUR DE SOURIS, CONTACTEUR AU SOUFFLE, CONTACTEUR MECANIQUE. BAS : CONTACTEUR MUSCULAIRE, CONTACTEUR INFRAROUGE]

Enfin, la validation peut être effective directement sur le dispositif de pointage. Certains trackballs utilisables au menton disposent des clics souris disposés de part et d'autre du dispositif permettant aux personnes tétraplégiques de niveau C4/C5 Asia A/B de les actionner directement. Pour les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A/B, l'accès aux clics souris se fait généralement directement sur les dispositifs de pointage standards grands publics sans adaptation particulière.

II. 2. 3. Les dispositifs de saisie de texte.

Concernant la saisie de texte, pour les personnes tétraplégiques hautes de niveau C4/C5 Asia A/B, les claviers virtuels (logiciels émulant à l'écran un clavier standard) sont utilisés avec le dispositif de pointage et le système de validation adaptés. La personne tétraplégique déplace le curseur de la souris à l'aide du dispositif de pointage et valide chaque lettre à l'aide du système de validation retenu (logiciel de clic automatique, contacteur, boutons du dispositif).

Un grand nombre de claviers virtuels (Figure 7) sont disponibles sur le marché francophone. Un recensement de plus d'une quarantaine de claviers a été réalisé par nos services et est disponible, gratuitement, en ligne. Ces claviers virtuels peuvent être gratuits, payants et plus ou moins paramétrables (changement de l'ordre des lettres, changement de taille et de police de caractères, créations de macros, lancement d'applications).

FIGURE 7 : CLAVIER VIRTUEL A L'ECRAN (CIVIKEY)

Pour les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A/B et en dessous, l'accès à la saisie de texte se fait à l'aide d'un clavier standard. La frappe clavier est réalisée soit à l'aide d'attelles spécifiques (niveau C6) (Figure 8), soit avec les reliefs osseux de la métacarpophalangienne ou de l'interphalangienne proximale du V (niveau C6). Certaines personnes peuvent utiliser de même des bâtonnets et/ou un stylo (Figure 8). L'accès au clavier se fera de plus en plus facilement au fur et à mesure de l'augmentation des possibilités fonctionnelles au niveau de la main et parallèlement de la diminution des compensations, en relation avec le niveau lésionnel.

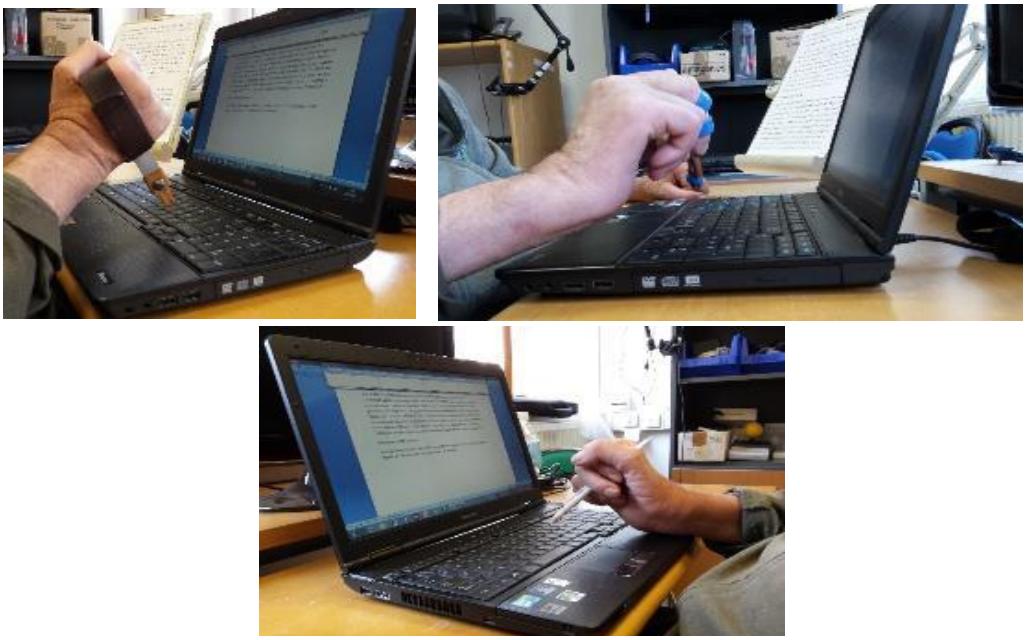


FIGURE 8 : MOYENS DE COMPENSATION POUR LA SAISIE DE TEXTE [EN HAUT : ATTELLES REALISEES EN CUIR ET THERMOFORMABLE ; EN BAS : FRAPPE CLAVIER AVEC STYLO]

II. 2. 4. L'accès par défilement.

Lorsque peu de mouvements fonctionnels sont possibles, l'accès par défilement est privilégié. A ce stade, le déplacement du curseur de la souris, les clics souris et la saisie de texte sont regroupés sous une même interface (clavier virtuel) pilotée par un ou deux contacteurs. Le clavier virtuel présente les lettres, les flèches de direction du curseur de la souris et les différents clics (Figure 9).

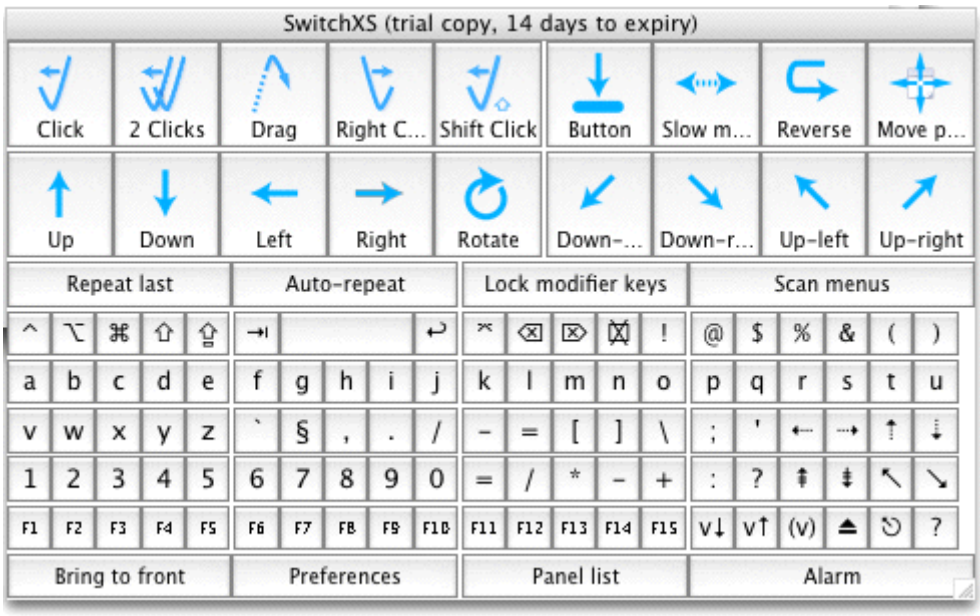


FIGURE 9 : CLAVIER VIRTUEL AVEC ACCES DEFILEMENT PRESENTANT LETTRES/DEPLACEMENT ET CLIC SOURIS

Deux principaux types de défilement sont utilisés :

1/ Un défilement automatique est réalisé par le logiciel et un seul contacteur permet la validation. Plusieurs scénarios de défilement automatique sont possibles : le plus connu étant le défilement automatique ligne à ligne de haut en bas / validation d'une ligne/ défilement automatique lettre par lettre dans la ligne sélectionnée/ validation finale de la lettre. Mais d'autres scénarios sont possibles tels que lettre par lettre / validation finale de la lettre ou défilement automatique bloc par bloc/ validation du bloc/ défilement automatique ligne à ligne dans le bloc sélectionné/ validation de la ligne/ défilement automatique lettre à lettre dans la ligne sélectionnée/validation finale de la lettre.

2/ L'usage de deux contacteurs est nécessaire. Un appui sur un contacteur permet de faire avancer le défilement, l'appui sur le deuxième contacteur permet de valider. Les scénarios de défilement sont, comme dans le premier cas, multiples.

Chaque principe de défilement a ses avantages et ses inconvénients : le défilement automatique permet de réduire le coût moteur, mais augmente la charge attentionnelle. Le système de défilement à deux

contacteurs permet de réduire la charge attentionnelle, mais augmente le coût moteur. Ce constat issu de la pratique clinique n'a pas actuellement de validation scientifique.

En clinique, les systèmes de défilement s'adressent peu aux personnes tétraplégiques médullaires. En effet, les possibilités motrices des personnes tétraplégiques même hautes permettent l'utilisation de dispositifs de pointage utilisé, par exemple, par les mouvements de la tête. En effet, un accès par pointage sera plus rapide en termes de saisie de texte ou lors du contrôle de l'ordinateur (ouverture/fermeture de programmes) qu'un accès par défilement. Cet accès par défilement est le plus souvent préconisé pour des personnes atteintes de pathologies telles des Locked in Syndrom, des scléroses en plaques, ou des scléroses latérales amyotrophiques lorsque les mouvements fonctionnels sont très réduits. Néanmoins, pour les personnes tétraplégiques de niveau C3 Asia A/B et au-dessus, ces systèmes peuvent être utilisés. En effet, pour ces personnes, peu de mouvements sont fonctionnels. Les contacteurs au souffle du fait de leur sensibilité ou des contacteurs musculaires peuvent être efficients pour la validation des défilements.

Cette préconisation rarissime du défilement chez les personnes tétraplégiques (moins d'une personne sur 100, sur l'hôpital de Garches) peut s'expliquer par l'utilisation de systèmes plus performants (pointage à la tête par infrarouge, par exemple) en termes de vitesse de saisie de texte grâce aux mouvements fonctionnels présents (DeVries et al., 1998) (Mackenzie, 2010), et par le nombre restreint de personnes tétraplégiques de niveau C3 Asia A/B et de niveau supérieur. En effet, la prise en charge médicale et thérapeutique de ces personnes est particulière étant donné qu'elles sont sous ventilation assistée en permanence du fait de la paralysie du diaphragme (innervé principalement en C4). Toutefois, il manque réellement de chiffres, en France, concernant la prévalence de ces niveaux lésionnels chez les personnes blessées médullaires.

II. 2. 5. De nouveaux outils (Tablettes et Smartphones).

De nouveaux équipements sont apparus ces dernières années tels que les tablettes tactiles et les smartphones permettant l'accès à Internet en dehors du domicile ou du lieu professionnel. Le taux d'équipement des tablettes tactiles a progressé de manière importante ces trois dernières années, doublant d'année en année (Bigot and Croutte, 2014). De la même manière que dans la population générale, les personnes tétraplégiques souhaitent pouvoir accéder à ces nouveaux outils et à les utiliser en mobilité.

Pour les personnes tétraplégiques de niveau C4/C5 Asia A/B, du fait des déficiences, l'accès à ces nouveaux outils pose les mêmes difficultés que pour l'outil informatique traditionnel. Néanmoins, des aides techniques spécifiques ont été développées afin de permettre cet accès. Nous retrouvons certains dispositifs utilisés pour l'accès à l'outil informatique tels, les joysticks par exemple, qui peuvent être associés ou non à la conduite du fauteuil roulant électrique (Système Iportal, Dynamics Control) (Figure 10).

FIGURE 10 : SYSTEME IPORTAL (DYNAMICS CONTROL) PERMETTANT LE CONTROLE DE L'IPHONE, IPAD A PARTIR DU JOYSTICK DU FAUTEUIL ROULANT ELECTRIQUE

Pour les personnes tétraplégiques de niveau C6 Asia A/B et en dessous, l'accès à la saisie de texte est facilité par la dalle tactile. La frappe sur clavier virtuel est réalisée de la même manière qu'un clavier standard d'ordinateur soit à l'aide de stylets (niveau C6, C7), soit avec les reliefs osseux de la métacarpophalangienne ou de l'interphalangienne proximale du V (niveau C6). L'accès au clavier virtuel se fera de plus en plus facilement au fur et à mesure de l'augmentation des possibilités fonctionnelles au niveau de la main et parallèlement de la diminution des compensations, en relation avec le niveau lésionnel. Néanmoins, nous pouvons constater, en pratique clinique, quelquefois une augmentation du nombre d'erreurs, dûe à des appuis multiples sur la dalle tactile par rapport à une saisie sur un clavier standard.

II. 2. 6. Les logiciels de reconnaissance vocale.

Les systèmes de reconnaissance vocale permettent une saisie de texte assez rapide en retranscrivant par écrit les propos énoncés par la personne et en contrôlant éventuellement les applications informatiques (Dalton and Peterson, 1997) (Garrett, 2007) (Hird and Hennessey, 2007) (Koester, 2006). Dalton et Peterson ont comparé, chez une personne tétraplégique de niveau C4 Asia A, un système de reconnaissance vocale versus une baguette buccale pour accéder à l'outil informatique. Une vitesse de saisie de texte supérieure avec le logiciel de reconnaissance vocale (20 mots par minute (mpm), 3 erreurs) a été mise en évidence par rapport à un accès à l'outil informatique à l'aide d'une baguette buccale (13 mpm, 10 erreurs) (Dalton and Peterson, 1997). Koester, dans une étude sur 23 personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (tétraplégies, sclérose latérale amyotrophique, arthrogrypose, maladies neuromusculaires) met en évidence l'influence du temps passé sur l'ordinateur ($p=0,034$) et des stratégies employées pour la correction d'erreurs ($p<0,001$) lors de l'utilisation des logiciels de reconnaissance vocale sur la vitesse de saisie de texte et la précision de ces systèmes. Par contre, le genre, le niveau d'éducation ($p=0,384$), l'utilisation professionnelle ou non de l'outil informatique ($p=0,985$) n'ont pas d'influence sur cette même vitesse de saisie et sur la précision du système (Koester, 2006).

Néanmoins, cette solution est loin d'être idéale dans la vie quotidienne. En effet, elle nécessite un apprentissage plus ou moins important selon les personnes sur la manière de dicter et sur la mémorisation des mots de commande permettant l'utilisation du logiciel. De plus, ces logiciels génèrent des taux d'erreurs qui peuvent être conséquents et nécessitent une correction fastidieuse qui peut générer un taux d'abandon assez important (Koester, 2006) (Antoine and Maurel, 2007). Ces logiciels montrent leurs limites lorsque la voix n'est pas stable ou hypophonique lors de problèmes respiratoires par exemple, ce qui est courant dans le cadre de tétraplégies hautes. Dans ces cas – là, la reconnaissance est dégradée, voire impossible. Enfin, la préconisation de ces outils est liée de même aux habitudes de vie des personnes tétraplégiques ou à leurs contraintes de vie quotidienne. En effet, leur utilisation dans le milieu socio-professionnel comme dans des bureaux en « open-space » ou dans le salon avec la présence de la famille, par exemple, est impossible, car le système serait trop parasité par l'environnement sonore ambiant. Pour la même raison, l'usage de ces logiciels pour la prise de note en classe lors de suivi de formation continue ou de scolarité est compromis. De même, utiliser la reconnaissance vocale dans les mêmes conditions citées ci-dessus peut entrainer une gêne importante pour les autres personnes situées à proximité. Par conséquent, les logiciels de reconnaissance vocale sont rarement préconisés seuls, mais souvent couplés à un accès standard à l'outil informatique comme ceux que nous avons décrits auparavant.

II. 2. 7. Et la vitesse de saisie de texte ?

Concernant la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique, ces différents outils engendrent une certaine lenteur : LE PEVEDIC trouve une vitesse de saisie de texte de 5 mots par minute (mpm) pour une personne en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs avec une aide technique alors qu'une personne valide, sur un clavier à un doigt, tape à la vitesse de 11 mpm, et une secrétaire 25 mpm (Le Pévédic, 1997). Cependant, dans la littérature, il est difficile de trouver des données spécifiques concernant les vitesses de saisie de texte des personnes tétraplégiques. Plusieurs études évaluant les vitesses de saisie de texte auprès de groupes de personnes avec des pathologies variées (tétraplégie, maladies neuromusculaires, Guillain-Barré, paralysie cérébrale, Parkinson, spina bifida) ont été menées (Lau and Leary, 1993) (DeVries et al., 1998) (Vigouroux et al., 2004) (Hird and Hennessey, 2007). Cependant, ces études présentent plusieurs limites : premièrement, elles évaluent les vitesses de saisie de texte sur des populations de personnes dont les pathologies (Tam and Wells, 2009) et les déficiences sont très différentes (Lopresti, 2006) (Kim et al., 2013) (Koester, 2006). De plus, dans les différentes études, le nombre de personnes incluses était la plupart du temps relativement faible (Dalton and Peterson, 1997), les interfaces d'accès à l'outil informatique étaient hétérogènes et certains aspects méthodologiques n'étaient pas spécifiés telle la possibilité ou non de corriger ses erreurs de saisie. Un résumé de ces études,

évaluant les vitesses de saisie de texte, classifiées suivant les pathologies et les interfaces d'accès à l'outil informatique est disponible dans le tableau suivant (Tableau 2).

TABLEAU 2 : VITESSES DE SAISIE DE TEXTE, CLASSIFIEES SUIVANT LES PATHOLOGIES ET LES INTERFACES D'ACCES A L'OUTIL INFORMATIQUE.

Pathologies	Nombre de participants.	Interface d'accès à l'outil informatique	Mots par minute (mpm)	Références
Personnes tétraplégiques	1 to 6	Clavier Standard	4,94 to 35,53	(Dalton and Peterson, 1997)* (Lau and Leary, 1993)* (Koester and Levine, 1996)* (Koester et al., 2007)*
	1	Clavier virtuel avec dispositif de pointage	3 to 12,9	(Lau and Leary, 1993)* (Wobbrock et al., 2006)*
	1	Logiciel de reconnaissance vocale	20	(Dalton and Peterson, 1997)*
Personnes avec pathologies variées[1]	1 to 24	Clavier Standard	1,1 to 37,9	(Koester, 2004)* (DeVries et al., 1998)* (Garrett, 2007) (Handley-More et al., 2003) (Lopresti, 2006) (Macarthur, 2012) (Magnuson and Hunnicutt, 2002) (Tam and Wells, 2009) (Koester et al., 2007)*
	1 to 10	Clavier virtuel avec dispositif de pointage	0,46 to 23,82	(DeVries et al., 1998)* (Durfee and Billingsley, 1999) (Kim et al., 2013)* (Myers and Wobbrock, 2005) (Merlin and Raynal, 2010a) (Ressa, 2010) (Smith et al., 2006) (Vella et al., 2006) (Vigouroux et al., 2004)
	1 to 8	Clavier virtuel avec accès en défilement	0,31 to 5,5	(Bhattacharya et al., 2008) (Mackenzie, 2010) (Mankowski et al., 2013)
	5 to 24	Logiciel de reconnaissance vocale	4,9 et 112,7	(Koester, 2004)* (Garrett, 2007) (Hird and Hennessey, 2007) (Koester, 2006)*
Personnes sans incapacités	8 to 24	Clavier Standard	19 to 72,11	(Anson, 1993) (Clawson et al., 2006) (Karat et al., 1999) (Halverson et al., 1999) (Koester and Levine, 1996)
	6 to 48	Clavier virtuel sur téléphonie mobile	0,52 to 26,2	(Bellman and Mackenzie, 1998) (Butts and Cockburn, 2001) (Capa-arnao et al., 2012) (Cockburn and Siresena, 2003) (Fleetwood et al., 2002) (Higginbotham et al., 2009) (Költringer and Grechenig, 2004) (Költringer et al., 2007) (Kristiansen and Larsen, 2010) (Lyons et al., 2004) (Lewis, 1999a) (Tanaka-Ishii et al., 2002) (Wigdor and Balakrishnan, 2003)
	5 to 24	Clavier virtuel avec dispositif de pointage	5,79 to 45	(Anson, 1993) (Anson et al., 2006) (Isokoski, 2004) (Mackenzie et al., 1999) (MacKenzie and Zhang, 1999) (Miniotas et al., 2003) (Majaranta et al., 2003) (Niemeijer, 2005) (Sears et al., 1993) (Ward et al., 2000) (Wilson and Agrawala, 2006) (Vigouroux et al., 2004)
	12	Clavier virtuel avec accès en défilement	3 to 6,5	(Mackenzie, 2010)
	8 to 24	Logiciel de reconnaissance vocale	7,8 to 31	(Karat et al., 1999) (Halverson et al., 1999) (Lewis, 1999b)

[1]Pathologies : tétraplégie, maladies neuromusculaires, Guillain-Barré, paralysie cérébrale, Parkinson, spina bifida, sclérose en plaques, sclérose latérale amyotrophique, cérébro-lésés, arthrogrypose, dyslexie

*Etudes intégrant des personnes tétraplégiques

A la vue des résultats hétérogènes présentés ci-dessus (Tableau 2), il est difficile d'avoir une idée précise de la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques et de l'influence des interfaces d'accès à l'outil informatique ainsi que certaines caractéristiques personnelles (niveau d'étude, âge par exemple) sur cette même vitesse de saisie. Par conséquent, nous avons choisi d'étudier dans le cadre de cette thèse la vitesse de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques et d'évaluer l'influence des caractéristiques personnelles des individus ainsi que de leur interface d'accès à l'outil informatique sur celle-ci.

En raison de cette lenteur de saisie de texte sur l'outil informatique, des solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte ont été développées et existent actuellement dans le commerce (logiciels de reconnaissance vocale, claviers virtuels optimisés, dynamiques et ambigus, logiciels de prédictions de mots, etc.). Les logiciels de reconnaissance vocale ayant déjà été évoqués dans ce mémoire, nous nous intéresserons aux autres solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte dans les paragraphes suivants.

III. LES SOLUTIONS D'OPTIMISATION DE LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE

III. 1. Les claviers virtuels optimisés, ambigus ou dynamiques.

Pour les personnes utilisant les claviers virtuels, plusieurs voies de recherche ont été menées. Nous pouvons citer entre autres, les claviers optimisés, les claviers ambigus et les claviers dynamiques. Pour les personnes tétraplégiques utilisant des dispositifs de pointage tels, les pointages à la tête ou à l'œil ainsi que les trackballs au menton, les **claviers optimisés** peuvent être une solution. Ces derniers présentent un arrangement fixe de lettres, différent de celui que l'on connait (AZERTY ou QWERTY pour la langue anglaise). L'objectif de ce type de clavier virtuel est de diminuer la distance et le temps de déplacement du curseur afin de réduire le coût moteur et de gagner en rapidité de saisie de texte. Différentes dispositions de lettres ont été étudiées allant de la plus simple (AZERTY/QWERTY standard versus ordre alphabétique) (Mackenzie et al., 1999) aux plus compliquées (OPTI, GAG) (MacKenzie and Zhang, 1999) (Raynal and Vigouroux, 2005). **Aucune étude, à notre connaissance, sur un échantillon significatif de personnes**

tétraplégiques n'a toutefois pu mettre en évidence l'influence de ces configurations sur la vitesse de saisie de texte. De plus, les résultats obtenus avec ces différents systèmes sur le plan des vitesses de saisie de texte que ce soit auprès de la population valide ou de personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (maladies neuromusculaires) restent mitigés face à la disposition standard AZERTY/QWERTY. La principale explication est le manque d'apprentissage sur ce type de designs versus le design standard que toute personne habituée à l'outil informatique a intégré pendant de longues années d'utilisation. Il manque, dans tous les cas, des études plus précises intégrant des séances d'apprentissage et sur des échantillons de personnes tétraplégiques plus importants afin de pouvoir conclure sur l'utilité de ces nouveaux designs sur la vitesse de saisie de texte.

Concernant l'accès par défilement, il a été montré qu'une organisation particulière des lettres est plus ou moins efficace selon les nombres de contacteurs utilisés (Harbusch and Michael, 2003). De même, une disposition adéquate des lettres apporte un gain sur le temps de sélection des touches lors d'un défilement à contacteur unique (Cantegrit and Toulotte, 2001). Néanmoins, ce gain reste limité en termes de vitesse de saisie de texte.

Enfin, pour les personnes tétraplégiques ou la population valide utilisant un clavier standard, peu d'études ont évalué un clavier standard physique optimisé. Nous pouvons citer les claviers Bépo ou Dvorak (Anderson et al., 2009) (Figure 11), mais ces claviers restent très confidentiels (les points de vente sont très rares), chers et avec une mise en place plus ou moins facile (nécessité d'installer des pilotes). **De même, à notre connaissance, aucune étude sur un échantillon significatif de personnes tétraplégiques n'a pu mettre en évidence l'influence de ces configurations sur la vitesse de saisie de texte.**

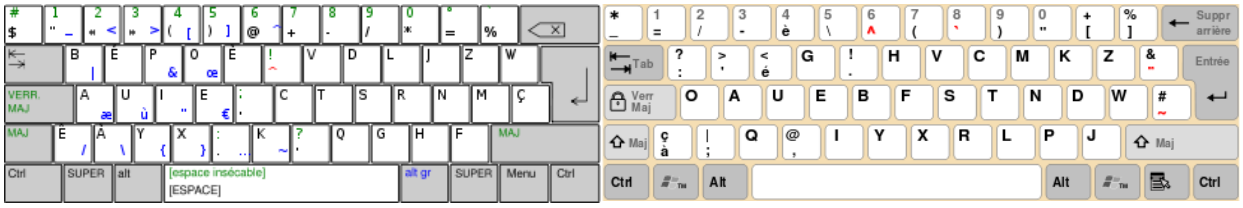


FIGURE 11 : À GAUCHE CLAVIER PHYSIQUE BEPO ; A DROITE CLAVIER PHYSIQUE DVORAK

Les **claviers ambigus** proposent plusieurs caractères par touche permettant ainsi de réduire le nombre de touches de saisie (Harbusch, 2003) (Kushler, 1998). C'est au système en tant que tel de désambiguer la saisie afin de produire le mot souhaité. Ces claviers sont ainsi bien adaptés aux interfaces de petite taille. Ils étaient couramment utilisés sur la téléphonie mobile (T9, par exemple) avant l'arrivée massive des smartphones. Ces claviers ambigus peuvent être utilisés soit en pointage direct, soit en accès par défilement. Au final, quelle que soit la méthode utilisée, il est souvent nécessaire de pratiquer plusieurs validations pour obtenir un caractère ce qui engendre une fatigue à l'utilisation et limite leur utilisation à

des cas bien précis (interfaces très petites, ou un accès par défilement qui permettra ainsi un temps de sélection plus rapide, mais plus d'appuis) (Antoine and Maurel, 2007). **De même, aucune étude, à notre connaissance, sur un échantillon significatif de personnes tétraplégiques n'a mis en évidence une influence de ces claviers ambigus sur la vitesse de saisie de texte.**

Les **claviers virtuels dynamiques** présentent la particularité de réagencer automatiquement les lettres les plus pertinentes (Ward et al., 2000) (Merlin and Raynal, 2010) (Raynal and Vigouroux, 2005) (Antoine and Maurel, 2007) (Wandmacher et al., 2008) autour de la lettre sélectionnée par l'utilisateur et ceci à chaque saisie. Ces claviers sont parfois perturbants pour l'utilisateur du fait du réagencement permanent et sont difficilement automatisables par les utilisateurs. En effet, ces derniers ne peuvent pas prévoir où va apparaitre la lettre souhaitée et par conséquent anticiper sur le déplacement du dispositif de pointage. **Néanmoins, aucune étude, à notre connaissance, sur un échantillon significatif de personnes tétraplégiques ou en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs accédant à l'outil informatique avec un dispositif de pointage direct ne permet d'affirmer que ce type de clavier améliore ou pas la vitesse de saisie de texte**. Par contre, ce type de dispositif semble indiqué pour une population de personnes accédant à l'outil informatique par défilement automatique. En effet, comme les utilisateurs sont contraints par la position automatique du défilement et sa temporisation, ils peuvent explorer plus facilement l'espace situé à proximité de la position du défilement plutôt que d'explorer l'espace total du clavier.

En clinique, l'optimisation des claviers virtuels par réagencement des lettres est surtout réalisée par les professionnels pour les personnes qui accèdent à l'outil informatique par défilement. Mais les professionnels de santé, principalement les ergothérapeutes, s'appuient plutôt sur des optimisations réalisées par des utilisateurs ou d'associations d'utilisateurs plutôt que des produits de la recherche, sûrement par méconnaissance. Nous pouvons citer deux exemples d'alphabets optimisés : code voyelles/consonnes et le code ALIS de l'Association du Locked in Syndrome, basé sur l'ESARIN (Figure 12). L'ESARIN est le classement des lettres dans leur ordre de fréquence d'apparition dans la langue française à savoir : ESARINTULOMDPCFBVHGJQZYXWK.

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

1	E	A	N	R	C	V
2	J	I	L	P	H	W
3	S	U	D	G	K	
4	T	M	B	Z		
5	O	F	X			
6	Q	Y				
7						

FIGURE 12 : À GAUCHE CODE VOYELLES/CONSONNES ; A DROITE CODE ALIS

Pour les personnes tétraplégiques accédant à l'outil informatique grâce à un dispositif de pointage direct sur clavier virtuel, le design AZERTY est largement préféré, car connu et intégré par une majorité de personnes. Quelquefois, le design abécédaire est proposé pour des personnes néophytes de l'outil informatique.

Les claviers ambigus sont peu utilisés en pratique clinique. Nous pouvons toutefois citer l'emploi du T9 principalement utilisé sur certains claviers de communication et toujours pour des personnes ayant un accès par défilement.

Au final, en pratique clinique, les personnes tétraplégiques accèdent à l'outil informatique principalement grâce à un dispositif de pointage associé à un clavier virtuel ou directement sur le clavier standard. Par conséquent, l'usage de l'outil par défilement est confidentiel. Nous ne retrouvons donc peu d'optimisations du design des claviers virtuels, aucune adaptation sur le clavier physique ou de manière confidentielle. Seuls certains claviers dynamiques sont parfois conseillés (Sybille, Dasher, Chewing-Word) (Figure 13) (Wandmacher et al., 2008) (Ward et al., 2000), mais ces préconisations restent rares.

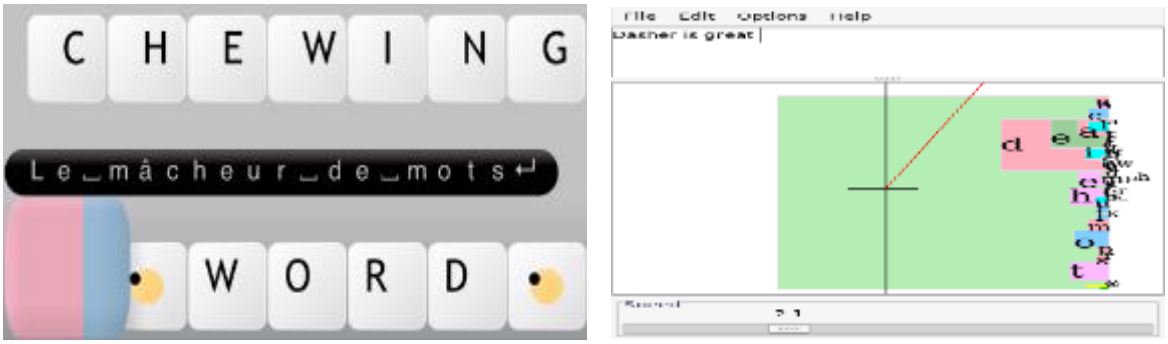


FIGURE 13 : CLAVIERS DYNAMIQUES [A GAUCHE : CHEWING WORD ; A DROITE : DASHER]

Néanmoins, nous avons fait le choix d'évaluer l'influence d'un clavier dynamique sur la vitesse de saisie de texte auprès d'une population de personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs. En effet, en pratique clinique, ce type de clavier déclenche beaucoup plus de questionnements des professionnels préconisateurs de solution d'accès à l'outil informatique sur leur efficacité à augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs que les autres solutions d'accès. En effet, le réagencement des lettres les plus pertinentes au plus proche du curseur lors de la saisie de la dernière lettre par l'utilisateur semble intéressant. Ce système permettrait à la personne de se concentrer au niveau de la recherche visuelle à une zone se réduisant aux alentours immédiats de la lettre saisie et éviterait des déplacements trop coûteux du dispositif de pointage pour saisir la lettre suivante. Un gain au niveau de la vitesse de saisie de texte semblerait possible. **Par conséquent, nous avons émis l'hypothèse qu'un clavier dynamique associé à une prédiction de mots**

améliore la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs utilisant un clavier virtuel pour accéder à l'outil informatique.

III. 2. Les logiciels de complétion et de prédiction de mots.

Les logiciels de complétion et de prédiction de mots sont une solution d'optimisation de la vitesse de saisie de texte. Ils sont apparus dans le domaine du grand public (téléphonie mobile, smartphones, tablettes). Ces logiciels fonctionnent, suivant le principe suivant : après chaque caractère saisi par l'utilisateur, le système propose un mot ou un groupe de mots commençant par le caractère sélectionné. A chaque saisie supplémentaire, le système affine ses choix. Lorsque l'utilisateur choisit de retenir une des propositions, le mot sélectionné est intégré dans le corps du texte, ce qui permet d'économiser les dernières saisies nécessaires à la composition du mot.

Une distinction entre complétion et prédiction de mots doit être faite. Pour la complétion de mots, le système ne prédit qu'un seul mot commençant par le caractère saisi par l'utilisateur. Ce dernier n'a qu'à valider éventuellement la proposition et le système complète le mot. Pour la prédiction de mots, les propositions de prédiction sont affichées dans une liste de mots qui peut prendre différentes formes (horizontales, verticales).

Cette complétion et/ou cette prédiction de mots peuvent être associées à un clavier virtuel. Dans ce cas-là, la sélection des mots prédits peut se faire directement en cliquant dessus avec le dispositif de pointage ou en validant cette sélection à l'aide d'un contacteur lorsque le défilement se positionne sur le mot souhaité. Il est parfois possible de sélectionner le mot prédit à l'aide d'autres touches du clavier virtuel qui seront préalablement programmées (Touches Espace, F1, par exemple). Pour les personnes utilisant le clavier physique standard, certains logiciels de complétion et/ou prédiction sont utilisables à partir de ce même clavier. Dans ce cas-là, la sélection du mot prédit se fait à l'aide de certaines touches claviers (principalement la touche espace, et les touches de fonction F1, F2, F3).

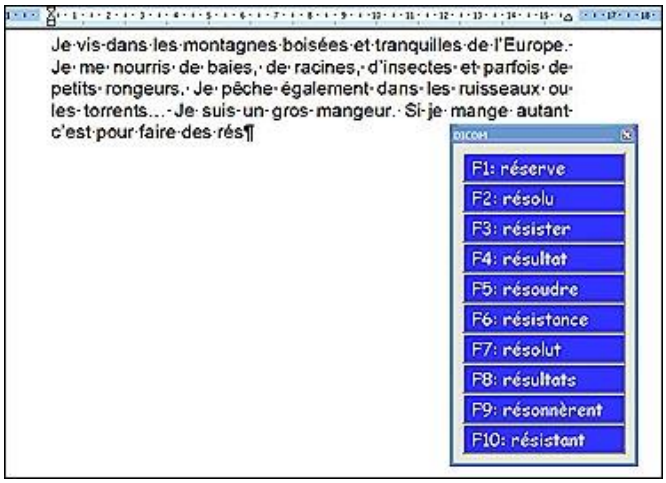


FIGURE 14 : PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN LOGICIEL DE PREDICTION DE MOTS.

La figure 14 présente le principe de fonctionnement d'un logiciel de prédiction de mots. Le système propose une liste de mots dans une fenêtre affichée à l'écran, commençant par les lettres déjà tapées : ici, nous pouvons voir une liste de mots commençant par les lettres « rés ». Si le mot « réserve » est le mot à sélectionner, deux solutions peuvent s'offrir à l'utilisateur en fonction de ses possibilités fonctionnelles. S'il utilise un dispositif de pointage, il peut cliquer directement sur le mot souhaité, « réserve ». S'il utilise un clavier physique standard, il sélectionne le mot « réserve » en tapant sur la touche « F1 »

Dans le domaine du handicap, l'offre commerciale sur les logiciels de prédiction de mots est stable (Figure 15). Parmi les logiciels les plus performants, Skippy, Penfriend, WordQ, sont commercialisés depuis plusieurs années. Ces logiciels (Skippy, Penfriend et Word Q) vont jusqu'à prédire le mot qui a le plus de probabilité de suivre, une fois le premier mot prédit sélectionné. Ils sont capables d'autoamélioration en enrichissant leur dictionnaire interne par rétroaction de l'utilisateur et en s'adaptant au style de langage propre de l'utilisateur. De même, ils peuvent s'adapter à la fréquence d'utilisation des mots de l'utilisateur en proposant en premier les mots les plus utilisés. En sus de ces possibilités, Word Q peut proposer des mots même s'il y a eu une confusion entre deux lettres lors de la frappe clavier : par exemple, Word Q peut proposer le mot bateau si le mot « pato » a été saisi.

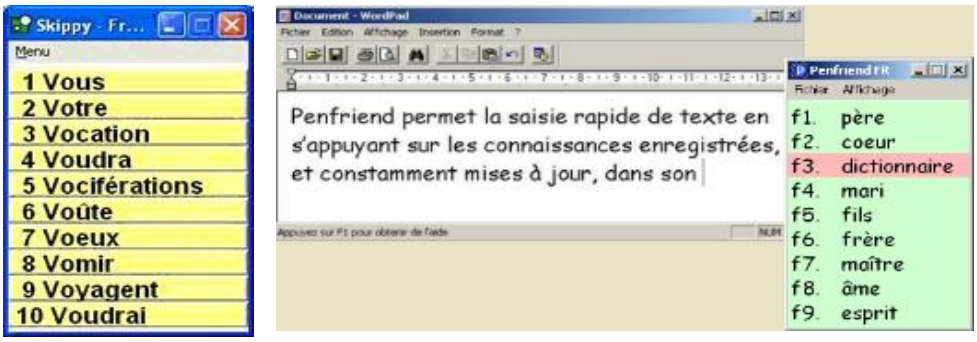


FIGURE 15 : LOGICIELS DE PREDICTION DE MOTS [A GAUCHE : SKIPPY ; A DROITE : PENFRIEND]

Ces logiciels de prédiction de mots peuvent présenter différents paramétrages afin de pouvoir s'adapter à l'utilisateur. Ce dernier a donc la possibilité :

1. De changer le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction.
2. De changer la forme de l'affichage de la liste de mots (horizontale, verticale).
3. De positionner la liste de mots à l'endroit désiré sur l'écran pour les personnes accédant à l'outil informatique avec un clavier standard physique (par exemple, en haut, en bas, à gauche, à droite, soudé au curseur). Pour les logiciels de prédiction de mots associés au clavier virtuel, il peut être possible de les positionner au-dessus, au-dessous, à gauche ou à droite du clavier virtuel, voire les dissocier complètement ou même créer des doubles affichages (en haut et à gauche, par exemple).
4. De changer le nombre de lettres à saisir avant que le système commence à afficher les propositions de prédiction.
5. D'activer ou non l'apprentissage des mots nouveaux afin d'enrichir le dictionnaire de base par le vocabulaire de l'utilisateur
6. D'activer ou non la possibilité du système prédictif de s'appuyer sur le contexte lexical de la phrase et de s'adapter à la fréquence d'utilisation des mots de l'utilisateur.

Il s'agit des paramétrages les plus courants. Néanmoins, il est important de préciser que tous les logiciels de prédictions de mots n'offrent pas la possibilité de paramétrer tous les aspects énoncés ci-dessus. Pour les logiciels Skippy, Penfriend et Word Q, les réglages cités précédemment sont possibles. De même, certains logiciels offrent des options d'ergonomie supplémentaires comme le fait de pouvoir régler, par exemple, la taille de police et la couleur de la liste de mots du logiciel de prédiction. **Néanmoins, comme nous allons l'aborder un peu plus tard dans ce manuscrit, l'influence de ces paramétrages sur la vitesse de saisie de texte semble mal connue ainsi que les habitudes des professionnels concernant les paramétrages de ces logiciels.**

Ces logiciels de prédiction de mots font l'objet d'une préconisation importante de la part de professionnels. L'intégration de ces logiciels dans la vie quotidienne des personnes tétraplégiques ne fait pas obligatoirement l'objet d'une rééducation spécifique. En effet, dans la plupart des cas, la personne s'approprie seule le logiciel (autoapprentissage). Mais, dans certaines circonstances (hospitalisation longue durée, par exemple), la personne peut bénéficier de cette rééducation, mais elle est rarement proposée. Dans tous les cas, cette rééducation spécifique ne peut s'effectuer que dans des structures spécialisées, habituées à ce type de prise de charge thérapeutique et disposant des outils adéquats. **De la même manière, comme nous allons le voir un peu plus tard dans ce travail de thèse, l'influence d'un**

entraînement dirigé sur ces logiciels, sur la vitesse de saisie de texte, pour les personnes tétraplégiques semble mal connue.

Nous nous intéresserons plus particulièrement aux logiciels de prédictions de mots, un des premiers axes d'optimisation de la saisie de texte et qui semblent être une piste intéressante de compensation. Dans un premier temps, nous aborderons le processus de préconisation des ergothérapeutes concernant les logiciels de prédiction de mots afin de connaitre les points forts et les manques de cette démarche.

IV. PROCESSUS DE PRECONISATION DES ERGOTHERAPEUTES CONCERNANT LES LOGICIELS DE PREDICTION DE MOTS.

IV. 1. Le Processus de préconisation.

Si, en pratique clinique, les logiciels de prédiction sont préconisés régulièrement par les ergothérapeutes, il semble intéressant de revenir un instant sur la démarche de préconisation des aides techniques auprès des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs.

Si la loi du 11 février 2005[1] a mis en place un cadre législatif à l'acquisition de l'aide technique, elle ne précise pas les différentes étapes de cette procédure. Néanmoins, ce processus d'évaluation et d'acquisition de l'aide technique soulève plusieurs questions : comment recueillir le besoin en aide technique des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs et favoriser son expression ? Comment évaluer ce besoin ? Comment passer de cette évaluation à la recherche de solutions et à leur préconisation? Actuellement, les techniques, les démarches de préconisation, les outils et les grilles d'évaluation des besoins sont nombreux. Néanmoins, aucun de ces outils n'est validé et ne fait l'objet d'un consensus professionnel ou de référence auprès des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs même si l'intérêt des méthodes empiriques est reconnu, car prenant en compte l'avis des futurs utilisateurs (André and De barmon, 1993) (André et al., 2004) (Brangier et al., 2003) (Brochard et al., 2007) (Mason et al., 2007).

[1] Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000809647

Le processus de préconisation des aides techniques réalisé par les ergothérapeutes se découpe traditionnellement en plusieurs phases (Figure 16) (Pouplin and Bouteille, 2009).

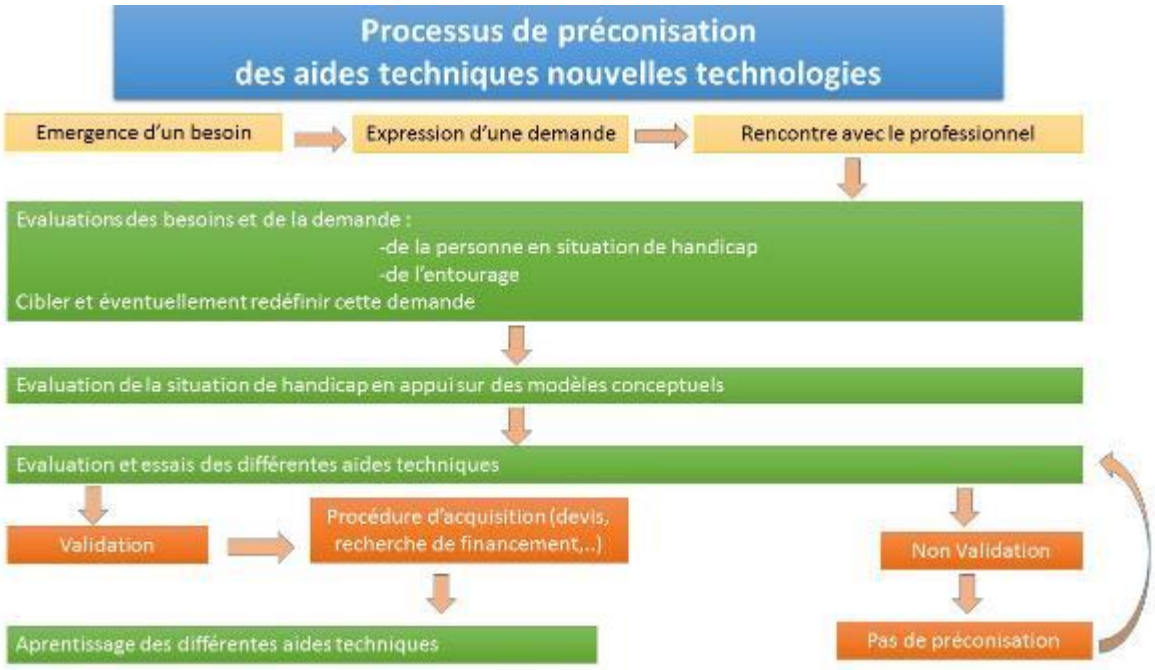


FIGURE 16 : PROCESSUS DE PRECONISATION DES AIDES TECHNIQUES NOUVELLES TECHNOLOGIES

La première phase est dédiée à l'évaluation des besoins et de la demande de la personne en situation de handicap, mais aussi de son entourage. L'identification de l'origine de la demande ou des demandes et son analyse vont permettre de hiérarchiser et de préciser les besoins réels de la personne et de ce qu'ils impliquent. Par conséquent, cette étape donne une première orientation à la réalisation des deux phases suivantes. La deuxième phase concerne l'évaluation de la situation de handicap. Cette évaluation complexe, car multimodale, dans le cadre de l'aide technique nouvelle technologie, peut s'appuyer sur différents modèles conceptuels tels la Classification Internationale du Fonctionnement (CIF) (Bauer et al., 2011) ou, le Modèle du développement Humain et Processus de production du Handicap (MDH-PPH2) (Figure 17) (Fougeyrollas, 2010) (Bally-Sevestre et al., 2003) (Margot-Cattin, 2008a). Des modèles plus spécifiques aux technologies d'assistance sont de même utilisés tels le Human Activity Assisitive Technology Model (HAAT) (Cook, 2015) (Giesbrecht, 2013) ou le Matching Person and Technology Model (MPT) (Scherer, 2004).

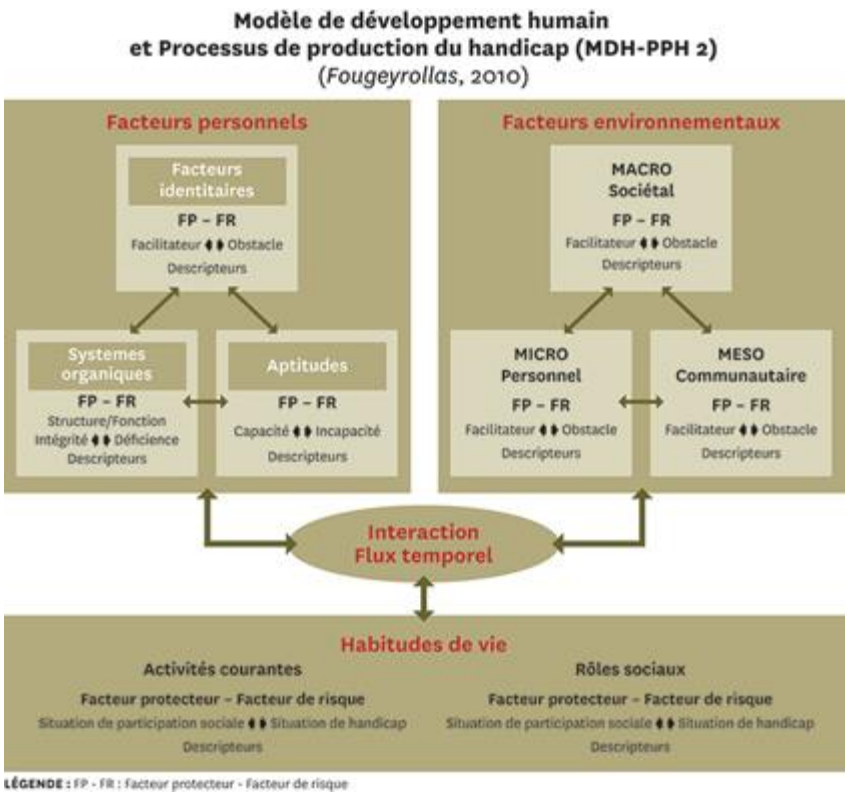


FIGURE 17 : MODELE DE DEVELOPPEMENT HUMAIN ET PROCESSUS DE PRODUCTION DU HANDICAP (MDH-PPH 2)

Cette phase est très importante dans le sens où c'est elle qui va déclencher un plan d'intervention individualisé (Castelein, 2004). Cela consiste en la détermination des objectifs à atteindre en lien avec les évaluations et le choix des moyens pour y parvenir (Detraz, 2008). En s'appuyant sur le MDH-PPH2 (Figure 17) et en recentrant la démarche de préconisation sur les logiciels de prédiction de mots pour les personnes tétraplégiques, les évaluations réalisées vont prendre différents aspects. Tout d'abord, il est indispensable de connaitre la personne au niveau des facteurs personnels tant dans le domaine physique (niveau lésionnel, déficiences) et les limitations d'activités que dans le domaine psychologique (précocité de la survenue de l'accident ou de la maladie, étape psychologique en relation avec les situations de handicap : déni, « acceptation », refus…). Ces différents facteurs vont influencer à la fois le choix de l'aide technique, mais aussi son acceptation future et son utilisation dans la vie quotidienne (Ammi, 2003). Concernant le choix des logiciels, ces aspects auront une influence directe sur le choix des interfaces d'accès à l'outil informatique et, par conséquent, sur le type d'affichage, par exemple, que l'on pourrait proposer (lié au clavier virtuel ou au clavier physique standard). Or certains paramétrages ne sont pas proposés par certains logiciels de prédiction.

Les facteurs environnementaux (Figure 17) qu'ils soient personnels, communautaires ou sociétaux, en fonction du niveau de participation sociale de la personne tétraplégique vont de même influencer cette

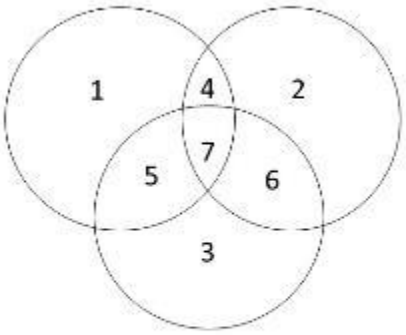
préconisation d'aides techniques. Des facteurs humains, socioculturels et matériels ainsi que les ressources financières seront eux aussi évalués afin de définir les situations facilitatrices ou entravant les activités de la personne tétraplégique. Par exemple, des difficultés financières nous orienteront plutôt vers des logiciels de prédiction de mots gratuits ou un environnement informatique sous Mac OS X imposera un logiciel fonctionnant sur cette plate-forme.

Enfin, les habitudes de vie de la personne tétraplégique (Figure 17) doivent être prises en compte. En effet, l'identification de certaines habitudes de vie telles qu'une activité professionnelle nécessitant une saisie de texte importante ou une reprise de scolarité avec une remise de mémoire en fin d'année nécessitera un logiciel de prédiction performant. De même, une portabilité sur clé usb sera peut-être nécessaire dans le cadre d'une utilisation informatique multiposte.

Il est bien sûr indispensable de ne pas s'arrêter à une évaluation à un instant « t ». L'avenir doit être envisagé en essayant de prévoir les futures évolutions tant au niveau de la maladie, par exemple, que des projets de la personne tétraplégique (reprise professionnelle), de son environnement matériel (éventuel déménagement par exemple) et humain (passage de tierce personne). Cela nécessite, par conséquent, de réévaluer régulièrement sa situation (Mason et al., 2007). Face à cette situation complexe, il est nécessaire de croiser plusieurs types d'évaluations afin de cerner le besoin en aides techniques et surtout le bénéfice apporté.

Des évaluations des capacités de la personne en situation de handicap, des mesures de la qualité de l'environnement (la MQE, par exemple (Fougeyrollas et al., 2005)), des mesures des habitudes de vie (la MHAVIE par exemple (Castelein, 2004), des évaluations de satisfaction et d'autres mesures quantitatives seront nécessaires.

Le diagramme de Venn (Figure 18) (Law et al., 2005) résume cette situation complexe (Margot-Cattin, 2008b). Chaque zone correspond aux outils mesurant certains aspects de la personne en situation de handicap à travers son activité dans un environnement donné.



1 : La personne : Outils mesurant les capacités.

2 : L'environnement : Outils mesurant les aspects de l'environnement.

3 : L'activité / l'occupation : Outils mesurant les aspects de l'activité.

4 : Intersection entre la personne et son environnement : outils mesurant comment la personne s'intègre à son environnement.

5 : Intersection entre la personne et ses activités : Outils mesurant les intérêts et les besoins en activité de la personne.

6 : Intersection entre l'environnement et l'activité : outils mesurant le type de support nécessaire dans l'environnement pour réaliser l'activité.

7 : Intersection entre la personne, son environnement et ses activités : outils mesurant la performance occupationnelle.

FIGURE 18 : DIAGRAMME DE VENN : LES CATEGORIES DE CLASSEMENT DES EVALUATIONS

Une situation de handicap apparait lorsqu'un obstacle environnemental entrave une activité en interaction avec les facteurs personnels de la personne tétraplégique. Cela correspond au niveau 7 du diagramme de Venn. A notre connaissance, il nous est apparu que peu d'évaluations correspondait à ce niveau dans le domaine de l'aide technique (Mason et al., 2007) (Ivanoff et al., 2006). Il est important, aujourd'hui, de multiplier les évaluations sur l'ensemble des niveaux afin d'appréhender la notion de personne tétraplégique et d'aide technique.

Après cette phase évaluative, une troisième étape (Figure 16) (Pouplin and Bouteille, 2009) est consacrée à la mise en œuvre de l'intervention c'est-à-dire à l'essai de matériels et à leur évaluation, de préférence en situation écologique, entrainant ou non une préconisation de l'aide technique. Enfin, une quatrième phase (Figure 16) dédiée à l'accompagnement dans l'apprentissage de la personne tétraplégique sur l'aide technique, mais aussi de son entourage, sera déclenchée. Cette quatrième phase n'est pas si aisée à mettre en place du fait des délais de financement particulièrement longs des Maisons Départementales des Personnes Handicapées (MDPH). De ce fait, la personne en situation de handicap est généralement sortie d'institution, au domicile avec un suivi effectué ou non par des professionnels de santé qui ne sont pas forcément formés à ce type de technologie. En pratique, l'apprentissage est effectué au sein de l'établissement avec du matériel appartenant à ce même établissement et, dans ce cas-là, une intervention est effectuée à postériori lors de la livraison du matériel pour son installation. Une autre possibilité peut être, si la personne est inscrite dans un réseau de soins, la mise en place des séances d'apprentissage par

les professionnels accompagnants, à la livraison du matériel. Dans certains cas, la personne en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs se trouve seule dans la phase d'appropriation de son aide technique.

Par conséquent, le processus de préconisation des aides techniques et donc, des logiciels de prédiction de mots est largement documenté. Néanmoins, la multiplicité des modèles utilisés implique que les pratiques professionnelles soient investiguées afin de connaitre les habitudes des professionnels concernant à la fois leur processus de préconisations et les paramétrages effectués par leurs soins des logiciels de prédictions. **Nous avons donc décidé à travers un questionnaire de connaitre ces pratiques professionnelles en avançant l'hypothèse que les professionnels préconisateurs des logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**

IV. 2. Et les personnes tétraplégiques ?

A travers les différents modèles conceptuels utilisés par les ergothérapeutes pour la préconisation des aides techniques nouvelles technologies, une partie importante de la préconisation est consacrée à l'évaluation des habitudes de vie des personnes tétraplégiques (Castelein, 2004) (Bauer et al., 2011) (Fougeyrollas, 2010). En effet, ces informations recueillies permettent d'obtenir les besoins des personnes tétraplégiques en termes d'aides techniques nouvelles technologies et par conséquent, de logiciels de prédiction de mots, en lien avec leurs environnements matériels, socio familiaux, professionnels et financiers. **Néanmoins, à notre connaissance, aucune étude n'a recueilli le besoin des personnes tétraplégiques sur les logiciels de prédictions de mots et leurs attentes par rapport à ces logiciels.**

D'après notre expérience clinique, les attentes exprimées par les personnes tétraplégiques sont la récupération de leur vitesse de saisie de texte antérieure à l'accident et la réduction du nombre d'erreurs. **Néanmoins, l'expression de ces attentes reste imprécise et mérite d'être approfondie.**

Au vu de ces différents éléments, il est difficile de définir des critères objectifs et subjectifs d'évaluation des logiciels de prédiction de mots les plus pertinents afin de vérifier si ces derniers correspondent aux attentes des personnes tétraplégiques.

V. CRITERES OBJECTIFS ET SUBJECTIFS D'EVALUATION DE L'EFFICACITE DES LOGICIELS DE PREDICTION DE MOTS.

L'évaluation des aides techniques peut prendre de nombreux aspects selon les différentes approches (industrielles, économiques, individuelles, collectives, technologiques). Néanmoins, il est impossible de prendre en compte tous les aspects malgré le côté idéal de cette approche (André and De barmon, 1993).

V. 1. Les mesures objectives.

Concernant les logiciels de prédictions, plusieurs mesures objectives sont utilisées dans la littérature (Heidi Horstmann Koester, 1997). Une des mesures les plus importantes est la **vitesse de saisie de texte** (Vella et al., 2005) (DeVries et al., 1998) (Merlin and Raynal, 2010a) (Kim et al., 2013). Elle est exprimée en caractères par minute (cpm, characters per minute) ou en nombre de mots par minute (mpm, mots par minute) (wpm, words per minute). La vitesse en cpm est mesurée en comptabilisant le nombre total de caractères saisis divisé par le temps total mis pour les saisir, rapporté à la minute. Un caractère correspond à une lettre, un chiffre, à la ponctuation et à l'espace. Pour le calcul, en nombre de mots par minutes, le nombre de caractères total est divisé par le nombre de caractères moyens par mot sur le texte à recopier. Pour la production écrite spontanée, la moyenne de caractères par mots couramment admise dans la langue française est de 5 (MacKenzie and Zhang, 1999).

La **vitesse de sélection** (Heidi Horstmann Koester, 1997) en items par minutes est un deuxième paramètre intéressant, car il permet de mettre en avant un temps de recherche visuelle à la fois des touches et des propositions de mots prédits. Cette vitesse est calculée comptabilisant le nombre d'items sélectionnés c'est–à-dire le nombre de caractères, de touches annexes (flèches par exemple) et les mots affichés de la prédiction, le tout divisé par le temps total de la saisie, rapportée à la minute.

En s'appuyant sur la vitesse de saisie de texte, il est possible d'obtenir un **pourcentage d'augmentation** ou un **pourcentage de dégradation** de cette vitesse (Heidi Horstmann Koester, 1997). Ce pourcentage d'augmentation ou de dégradation est calculé en soustrayant la vitesse de saisie de texte obtenu avec un clavier sans prédiction, de la vitesse de saisie de texte obtenue avec un clavier avec prédiction, divisé par la vitesse de saisie de texte obtenue avec un clavier sans prédiction, et multiplié par 100.

Enfin, le **KSR (Keystrokes Saving)** (Trnka et al., 2005) (Higginbotham, 1992) permet de mesurer d'un point de vue théorique la performance du système prédictif. Il correspond au pourcentage de saisie économisée

par le logiciel de prédiction de mots en comparaison au nombre de saisies effectuées avec un clavier seul. Il est calculé suivant la formule suivante :

$$KSR = \frac{1 - Kred}{Kall} \times 100$$

Kred étant le nombre de sélections effectives de la personne, y compris la sélection des mots prédits et Kall étant le nombre de saisies théoriques de la personne sans avoir utilisé le logiciel de prédiction.

Enfin, nous pouvons souligner un autre mode de calcul peu utilisé dans les études des logiciels de prédiction de mots, mais employés couramment dans les études sur les interfaces cérébrales (BCI, Brain Computer Interface), **le Bit-Rate**. Il correspond au nombre de saisies effectuées pondérées par le nombre d'erreurs, appelé Bit et ce, par minute suivant l'équation de Wolpaw (Parini et al., 2009) :

$$BR = V \times R$$

BR étant le Bit-Rate en Bit/minute, V étant la vitesse en nombre de symboles (caractères) par minute et R l'information donnant le nombre de symboles justes en fonction du nombre de symboles totaux disponibles (N) et le nombre d'erreurs réalisées (P). R est calculé suivant l'équation suivante (Parini et al., 2009) (Kronegg, 2005) :

$$R\ (Wolpaw) = \log_2 N + P \times \log_2 P + (1 - P) \times \log_2 \frac{1 - P}{N - 1}$$

V. 2. Les mesures subjectives.

En parallèle à ces différents calculs objectifs, il semble important de prendre en compte l'avis des utilisateurs suivant différentes modalités (André and De barmon, 1993) (André et al., 2004) (Brangier et al., 2003) (Brochard et al., 2007) (Mason et al., 2007) :

Concernant **la satisfaction** des utilisateurs face aux logiciels de prédiction de mots, il existe peu de grilles validées. Nous pouvons citer la Québec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST) ou Echelle de Satisfaction envers une Aide Technique (ESAT) (Demers et al., 2000) (Demers et al., 2002) (Annexe 2). La QUEST est une échelle de satisfaction des personnes en situation de handicap portant sur l'utilisation d'une aide technique en général pouvant être appliquée aux aides techniques nouvelles technologies. La QUEST comporte 12 items, 8 sur l'aide technique à proprement parler et 4 sur les services proposés autour de cette aide technique. Les 8 items techniques regroupent les dimensions, le poids, la facilité d'ajustement, l'aspect sécuritaire, la solidité, la facilité d'utilisation et l'efficacité de l'aide technique.

Chaque item est évalué par une échelle de Likert, allant de 1 à 5 (1 : pas du tout satisfait ; 5 : très satisfait). Néanmoins, cette échelle est plus adaptée aux aides techniques matérielles (Burton et al., 2008a) compte tenu de ses différents items que pour des solutions logicielles même si certaines études la citent lors de l'utilisation, par exemple, des logiciels de reconnaissance vocale (Derosier and Farber, 2005) (Burton et al., 2008a). Néanmoins, dans la littérature, à notre connaissance, elle est peu citée dans les évaluations des logiciels de prédictions de mots. Laffont et al., dans une de ses études (Laffont et al., 2007) la citent, mais le logiciel de prédiction de mots était lié à un synthétiseur vocal et la satisfaction de l'utilisateur était évaluée sur l'ensemble du système.

La Canadian Occupational Performance Measure (COPM) (Figure 19) ou Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MCRO) (Cup et al., 2003) (Annexe 3) est une méthode d'évaluation centrée sur la personne en situation de handicap. Elle permet de détecter les changements de perception des personnes sur **leur performance** dans les activités de vie quotidienne. La COPM se déroule autour d'un entretien préalable avec la personne en situation de handicap et se déroule en 4 temps. Dans un premier temps, la personne en situation de handicap est invitée à lister les activités qu'elle veut, doit ou devrait réaliser dans chaque domaine d'activités (par exemple, écrire sur traitement de texte, écrire un mail, tchatter (activités) pour le domaine d'activité qu'est l'écriture sur l'outil informatique). Ensuite, les activités sont classées par ordre d'importance. La personne cote ensuite sa perception de sa capacité à réaliser chacune de ces activités. Enfin elle cote sa satisfaction de la façon dont elle effectue ces activités. Toutes les cotations se font sur une échelle décimale de 0 à 10 (0 correspondant à pas du tout important / Pas du tout performant/ pas du tout satisfait et 10 correspond à très important / Très performant / Très satisfait).

Items	Importance	Rendement	Satisfaction
Se déplacer sans moyen auxiliaire	10	2	1
Faire sa toilette seule	9	3	5
Sortir seule de l'immeuble pour les courses	8	0	0
Faire le ménage	6	0	0
Préparer les repas	6	3	3

FIGURE 19 : COPM (EXEMPLE)

Même si la COPM n'a pas été développée spécifiquement pour l'évaluation des technologies d'assistance, elle semble être un outil efficace pour mesurer l'influence de ces dernières sur la performance ou

l'influence d'un programme d'intervention thérapeutique sur ces technologies (Tam et al., 2005) (Tam and Wells, 2009) (Reid et al., 1999) (Reid, 2002) (Smith, 1996) (Grillo, 2001). De plus, l'intérêt de la COPM lors de l'évaluation de l'influence des logiciels de prédiction de mots sur la performance a été mis en évidence (Tam et al., 2005).

Enfin, la Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (PIADS) évalue le retentissement de l'utilisation des aides techniques sur la qualité de vie des personnes de situation de handicap (Demers et al., 2002) (Jenko and Zupan, 2010). C'est un outil permettant de prédire de manière assez fiable l'abandon ou non de l'aide technique.

Enfin l'efficacité des logiciels de prédiction de mots pourrait être envisagée via une possible réduction de **la fatigue** motrice. Si cette réduction de la fatigue motrice est souvent mise en avant dans la littérature, elle reste cependant peu quantifiée et souvent laissée à une appréciation subjective de la personne en situation de handicap (Marina et al., 2012) (Tam, 2001) (Ressa, 2010) (Boissière et al., 2002). Une étude s'est intéressée à la quantification de la fatigue sur une tâche de saisie. Cette fatigue a été expliquée par deux caractéristiques : la baisse du nombre de caractères saisis et le temps pour aller d'une touche à une autre (Vella et al., 2006). Mais ces résultats restent très préliminaires (uniquement deux utilisateurs évalués) et ne prennent pas en compte les logiciels de prédiction de mots, mais uniquement l'agencement spatial des touches sur un clavier virtuel.

Au final, l'ensemble de ces évaluations utilise des données objectives et subjectives de la personne en situation de handicap et ne permet pas de vérifier, à elles seules, l'efficacité d'une aide technique, son utilisation réelle, ni de quelle façon et à quel niveau elle agit (Dumas, 2002). De plus, dans la littérature, les évaluations présentées ci-dessus sont les plus utilisées. Néanmoins, au vu de l'absence de données sur les besoins exprimés des personnes tétraplégiques dans la littérature, il est difficile d'affirmer que les évaluations réalisées permettent de valider une efficacité de l'aide technique dans la vie quotidienne de ces personnes. Face à cette situation complexe, il est nécessaire de croiser plusieurs types d'évaluations afin de cerner le bénéfice apporté par les logiciels de prédiction de mots. Après cette présentation des outils d'accès à l'outil informatique et des différents critères d'évaluation, nous allons nous intéresser à l'amélioration des performances à la saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots, à l'influence de leur paramétrage et à leur stratégie d'utilisation.

VI. LES LOGICIELS DE PREDICTION DE MOTS, INFLUENCE DE LEURS PARAMETRAGES ET STRATEGIES D'UTILISATION.

VI. 1. Amélioration des performances à la saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots.

Anson (Anson, 1993) a montré que, sur 8 sujets valides accédant à l'outil informatique avec **clavier virtuel et une souris comme dispositif de pointage**, l'usage de la prédiction de mots permettait une augmentation de la vitesse de saisie de texte. Au niveau des résultats, Anson a souligné une moyenne de vitesse de saisie de texte à 8,7 mpm sans logiciel de prédiction de mots, à 9,4 mpm avec une utilisation systématique du logiciel et à 11,2 mpm avec une utilisation libre du logiciel de prédiction de mots. Ces différences n'ont pas fait l'objet d'analyse statistique. Par contre, dans la même étude, Anson (Anson, 1993) a montré que, sur 10 personnes valides utilisant **un clavier physique standard**, la vitesse de saisie de texte a été détériorée lors de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots. En effet, la moyenne de vitesse de saisie de texte se situait à 49,55 mpm sans logiciel de prédiction de mots et à 13,95 mpm de moyenne en utilisant le logiciel de prédiction de mots. De même, ces différences n'ont pas fait l'objet d'analyse statistique. L'hypothèse suggérée par l'auteur était que l'augmentation de la charge cognitive causée par le temps de recherche visuelle dans la liste de mots prédits n'était pas contrebalancée par les caractères économisés grâce au logiciel de prédiction.

Dans une seconde étude, Anson (Anson et al., 2006) a montré de même une amélioration de la vitesse de saisie de texte avec un logiciel de prédiction de mots, sur **clavier virtuel et avec une souris standard comme dispositif de pointage**, sur une population de 10 personnes valides. Au niveau des résultats, 7 sujets sur 10 ont eu de meilleurs résultats avec le logiciel de prédiction de mots (de 7,7 à 45% d'augmentation de la vitesse de saisie de texte). Concernant le nombre d'erreurs, il n'y avait pas de différence entre les trois évaluations. Néanmoins, l'auteur a noté que, pour les individus faisant un nombre important d'erreurs de saisie, une diminution de ces erreurs lors de l'utilisation des logiciels de complétion et de prédiction de mots était obtenue. Les différences étudiées entre les différentes conditions pour la vitesse de saisie de texte et le nombre d'erreurs n'ont pas fait l'objet d'analyse statistique.

Lors d'une utilisation d'un **clavier visuel, à l'aide d'un dispositif de pointage** par 5 personnes valides, VIGOUROUX a noté une vitesse de saisie de texte plus rapide avec un clavier sans prédiction (1.16 caractères par minute (cpm) de moyenne) plutôt qu'un clavier avec prédiction (0,09 cpm) (Vigouroux et al., 2004). La différence de saisie de texte entre les deux conditions n'a pas fait l'objet d'analyse statistique.
Enfin, lors d'une utilisation d'un **clavier virtuel en défilemen**t **automatique** par 6 personnes valides, Koester a noté une vitesse de saisie de texte qui oscillait entre une diminution de 8,2% et une augmentation de 8,7% lors de l'utilisation d'un logiciel de prédiction de mots. Ces différences (de 20,4 à 37,4 cpm sans prédiction et de 19,5 à 41,1 cpm avec prédiction) n'étaient pas significatives (p=0,418) (Heidi H Koester and Levine, 1994). En effet, même si le logiciel de prédiction de mots a permis de réduire le nombre de sélections dans une proportion allant de 34,8 à 36,4%, Koester a montré que les utilisateurs de la prédiction étaient plus lents à la sélection de 30,9 à 40,5% par rapport aux utilisateurs du clavier seul (p=0,015).

De même, aucune de ces études n'a donné d'informations complémentaires sur l'éventuelle réduction de la fatigue grâce aux logiciels de prédictions de mots, ou sur la satisfaction des utilisateurs. Concernant le nombre d'erreurs, Anson n'a pas mis en évidence une réduction de ce dernier de manière significative (Anson et al., 2006). Seule, Vigouroux a souligné une diminution du nombre d'erreurs avec la prédiction de mots, mais cette dernière était liée à un clavier ambigu. Par conséquent, il était impossible de faire la part des choses entre l'influence de la prédiction de mots ou du design du clavier sur cette diminution. (Vigouroux et al., 2004).

En conclusion, pour les personnes valides, au regard des résultats de la littérature, l'amélioration de la vitesse de saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots est discutable et ne semble pas être effective.

Concernant l'efficacité des logiciels de prédiction de mots chez les personnes blessées médullaires, il existe peu d'études se basant sur de grands échantillons de personnes en situation de handicap et parmi ces études, peu d'entre elles précisent clairement la pathologie des personnes qui ont participé aux différentes études. Berard a souligné une diminution de 58% du temps de saisie de texte, sur un texte de 258 caractères, avec un logiciel de prédiction de mots pour une personne en situation de handicap utilisant un **clavier virtuel et dispositif de pointage** (Bérard and Niemeijer, 2004).
Enfin, dans la même étude citée précédemment, Vigouroux (Vigouroux et al., 2004) a montré que sur deux personnes atteintes de myopathie, utilisant un **clavier virtuel avec un dispositif de pointage**, la vitesse de saisie de texte a diminué de 0,48 à 0,33 cpm avec le logiciel de prédiction de mots. De même que pour les

personnes valides, un recensement du nombre d'erreurs a été effectué. Un nombre plus important d'erreurs a été observé avec le logiciel de prédiction de mots et clavier ambigu qu'avec un clavier AZERTY standard. Comme dit précédemment, la fusion du logiciel de prédiction de mots avec le clavier ambigu ne permettait pas de distinguer l'influence d'un des deux systèmes sur le nombre d'erreurs. L'ensemble de ces résultats n'a pas fait l'objet d'une analyse statistique.

En conclusion, pour les personnes tétraplégiques, les données de la littérature sont extrêmement limitées et n'apportent pas suffisamment de preuves pour conclure sur l'effet des logiciels de prédiction de mots en termes de vitesse de saisie de texte, de nombre d'erreurs ou de fatigue.

Au regard des **résultats hétérogènes de la littérature** concernant l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte, pour chaque étude, l'explication avancée pour la dégradation de cette vitesse était la charge attentionnelle demandée (cognitive load). Cette charge attentionnelle était dans certains cas, trop importante pour qu'il y ait un bénéfice réel sur la vitesse d'écriture. En effet, les différentes présentations de liste de mots des logiciels de prédictions entraineraient un temps de recherche visuelle trop important, entravant le bénéfice occasionné par l'économie de saisie que permettent les logiciels de prédiction de mots. Plusieurs études (Anson et al., 2006) (Heidi H Koester and Levine, 1994) énonçaient que l'augmentation de charge attentionnelle, les stratégies d'utilisation de la prédiction de mots associées au coût moteur, chez des personnes en situation de handicap, pour valider les mots proposés entravaient l'apport de ce type de logiciel et ce d'autant plus que la liste de mots proposée était longue. Cette charge attentionnelle supportée par l'utilisateur pouvait être difficilement mise en évidence, par définition, par des études par simulation informatique. Néanmoins, comme nous allons le constater plus loin dans la présente thèse, certains auteurs concluaient à partir de résultats obtenus par ce type d'étude. Certains auteurs ont souligné qu'une présentation plus appropriée de la prédiction de mots pourrait éventuellement réduire cette charge cognitive. Koester dans une étude sur 6 personnes en situation de handicap d'origine neurologique (2 personnes atteintes de scléroses en plaques, 2 de paralysies cérébrales et 2 personnes blessées médullaires) a montré que pour la moitié des participants, une meilleure configuration des logiciels de prédictions de mots (nombre de mots présentés dans la liste, nombre de lettres minimums des mots présentés, moment d'apparition de la liste de mots) a permis une amélioration de 20% de la vitesse de saisie de texte (Koester, 2000). Malheureusement, ces configurations n'étaient pas précisées dans le texte et tendaient vers un paramétrage personnalisé.

En conclusion, la littérature indique des **résultats hétérogènes concernant l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte** chez les personnes valides, mais surtout chez les personnes tétraplégiques. Au vu des différents paramétrages évoqués précédemment des logiciels de prédiction de mots et des résultats hétérogènes des études présentées, **l'hypothèse que certains**

paramétrages aient une influence sur l'efficacité de ces logiciels à optimiser la saisie de texte peut être avancée.

VI. 2. Influence du texte en copie

Heckathorne soulignait que le vocabulaire des textes a une influence sur la production écrite. En effet, des textes simples ne peuvent pas servir de comparaison sans répondre à certains critères tels l'adéquation de l'occurrence des différentes lettres dans le texte par rapport à ceux de la langue utilisée (Heckathorne et al., 1987). De même, sur simulation informatique, Higginbotham a montré que, suivant les textes utilisés, le Keystroke Saving variait de 31 à 48% et que, suivant le vocabulaire contenu dans le dictionnaire de la prédiction, 79 à 91% du texte était prédit (Higginbotham, 1992).

VI. 3. Influence de la forme de la fenêtre de prédiction de mots et de sa disposition sur l'écran.

L'influence de la présentation de la liste de prédiction a été peu étudiée dans la littérature contrairement aux différents designs des claviers virtuels. Niemeijer a souligné dans une de ses études, mais sans évaluation particulière et basée sur des observations qualitatives non décrites que la présentation horizontale de la liste de prédictions sur clavier virtuel était la plus populaire, mais limitait le nombre de mots présentés. Il préconisait une double présentation sur clavier virtuel, à la fois horizontale avec un nombre limité de mots et une présentation verticale avec un nombre plus important de mots (Niemeijer, 2005). Swiffin a précisé, sur simulation informatique, que la disposition horizontale était meilleure qu'une présentation verticale pour la liste de prédiction de mots, d'un point de vue ergonomique, dans le cadre d'un clavier virtuel avec accès par défilement (Swiffin et al., 1987).

Concernant la position de la liste de prédiction de mots, Swiffin a précisé, toujours sans évaluation particulière, que la liste de mots doit être placée le plus proche possible du curseur lors de la saisie de texte afin que l'utilisateur puisse choisir d'un coup d'œil, le mot prédit (Swiffin et al., 1987).

Tam (Tam, 2001) a étudié trois positions de listes de prédiction (Haut/Droite de l'écran ; fenêtre suivant le curseur ; Bas/Milieu) sur l'écran. Quatre personnes atteintes de spina-bifida ont testé ces configurations avec une saisie de texte réalisée à l'aide d'un clavier physique standard. Aucune amélioration sur la vitesse de saisie de texte n'a été retrouvée, mais une diminution du nombre d'erreurs était significative lorsque la

disposition Bas/Milieu était utilisée. Par contre, la disposition « Fenêtre suivant le curseur » donnait les plus mauvais scores concernant le nombre d'erreurs (Tam, 2001) (Tam et al., 2002).

En conclusion, d'après les données de la littérature, la position de la liste de mots prédits et son influence sur la vitesse de saisie de texte ont été très peu étudiées. Les résultats obtenus actuellement ne nous permettent pas de conclure réellement sur une position idéale de cette liste.

VI. 4. Influence de la stratégie d'utilisation de la prédiction de mots.

La stratégie d'utilisation des logiciels de prédiction au niveau de la recherche visuelle du mot dans la liste de mots prédits est à mettre en relation avec la possibilité de paramétrer le nombre de lettres à saisir avant que le système ne commence à afficher les propositions de prédiction. En effet, l'objectif est quasi identique : réduire la recherche visuelle avant que le mot adéquat ne soit proposé dans la liste. Dans un cas, c'est l'utilisateur qui adopte sa propre stratégie et dans l'autre, c'est le système qui agit pour lui. Chaque option a bien évidemment ses avantages et ses inconvénients. Dans la littérature, ce sont principalement les stratégies utilisateur qui ont été étudiées.

Dans une étude chez 8 personnes valides et 6 personnes tétraplégiques, Koester (Koester and Levine, 1996) n'a pas mis en évidence l'existence d'une influence de la stratégie d'utilisation de la liste de prédiction de mots. Les personnes valides et tétraplégiques utilisaient un clavier physique. Les personnes valides y accédaient à l'aide d'une baguette buccale alors que les personnes tétraplégiques y accédaient avec leur dispositif habituel (baguette buccale ou attelles). Deux consignes furent utilisées pour l'utilisation de la prédiction : une utilisation systématique de la liste de prédiction et une utilisation de la liste de prédiction uniquement après la saisie de deux caractères. Les textes utilisés respectaient la longueur des mots, le nombre de syllabes, et le pourcentage de mots en corrélation avec la fréquence dans la langue. Les personnes devaient taper le plus vite possible en faisant le moins d'erreurs possible. Il s'est avéré que la stratégie d'utilisation de la prédiction n'a pas eu d'influence sur le temps de sélection, donc la vitesse de saisie de texte chez les personnes valides ($p=0,99$) et les personnes tétraplégiques ($p=0,48$) ni sur le temps de recherche dans la liste ($p=0,058$) pour les personnes valides. Cependant, pour les personnes tétraplégiques, l'utilisation de la stratégie « taper deux caractères puis chercher » a montré une amélioration de leur temps de recherche du mot dans la liste ($p<0,001$).

Dans une seconde étude sur 4 personnes valides utilisant un clavier physique avec une baguette buccale, Koester a montré une absence d'influence de la stratégie d'utilisation de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. En effet, que les personnes utilisaient une stratégie de recherche « naturelle », une stratégie de recherche systématique ou une stratégie de frappe de deux caractères puis de recherche,

aucune différence significative n'a été mise en évidence sur la vitesse de saisie de texte (p=0,37) (Heidi H Koester, 1997).

Sur simulation informatique, en utilisant les données recueillies d'une étude précédente (Koester and Levine, 1996) Koester a comparé plusieurs stratégies d'utilisation de la prédiction:

- Toujours chercher le mot dans la liste (AS)
- Taper une lettre puis chercher le mot dans la liste (1S)
- Taper deux lettres puis chercher le mot dans la liste (2S)
- Taper trois lettres puis chercher le mot dans la liste (3S)
- Taper quatre lettres puis chercher le mot dans la liste (4S)

Il s'est avéré que la meilleure stratégie d'utilisation à partir des données des personnes valides, était la 1S qui donnait une vitesse de saisie de texte 13 % plus rapide qu'une écriture sans prédiction de mots et 10% plus rapide que la plus lente des vitesses de saisie de texte obtenues avec prédiction (4S).

En conclusion, à partir des données chez les personnes tétraplégiques, aucune stratégie n'a montré une supériorité sur la vitesse de saisie de texte même si l'utilisation de stratégies différentes semblait avoir une influence (Koester and Levine, 1997).

VI. 5. Influence du nombre de mots présentés dans la liste de prédiction et du temps de recherche.

Sur simulation informatique, Berard a montré qu'en augmentant le nombre de mots présentés, le nombre de clics nécessaires pour sélectionner les mots baissait considérablement et augmentait l'efficacité de production de texte. En effet, lors de la saisie de deux textes de 700 mots pour une présentation de 5 mots, il retrouvait une moyenne de 1991 clics, pour 10 mots 1813 clics, pour 15 mots 729 clics alors que sans prédiction de mots 3687 clics étaient nécessaires. De même, dans la même étude, Berard a montré qu'une liste de plusieurs mots offrait un gain de 17-19% supérieur par rapport à un logiciel qui complétait uniquement le mot et un gain de 5% par rapport à un logiciel qui proposait uniquement un mot (Bérard and Niemeijer, 2004). De même, un gain dans la réduction des mouvements du curseur de 30% était souligné lorsque la liste de mots proposait plusieurs mots par rapport à un clavier non équipé de la prédiction de mots (Niemeijer, 2005). Ces résultats n'ont pas fait l'objet d'une étude statistique.

Dans une étude portant sur 21 personnes valides utilisant un clavier physique équipé d'une prédiction de mots, Venkatagiri a montré que le Keystroke Saving était en relation avec le nombre de mots présentés. Trois conditions expérimentales ont été mises en place : une condition où 5 mots étaient présentés dans la

liste de mots, une deuxième condition où 10 mots étaient présentés et une troisième condition où 15 mots étaient présentés. Les différences de Keystroke Saving entre les trois conditions expérimentales (31% pour 5 mots, 38% pour 10 mots, 44% pour 15 mots) étaient significatives ($p<0,003$). Néanmoins, les vitesses de saisie de texte entre les trois conditions expérimentales ne comportaient pas de différence significative. En effet, il a été observé que l'augmentation du temps de sélection était corrélée avec l'augmentation de la liste de mots. Par conséquent le bénéfice apporté par le Keystroke Saving était réduit par un temps de sélection plus important du fait d'un temps de recherche plus long sur une liste de mots plus importante (Venkatagiri, 1994).

Lors d'une étude sur 8 personnes valides et sur 6 blessés médullaires utilisant une baguette buccale sur un clavier physique, Koester a mis en avant un temps de sélection plus important avec un logiciel de prédiction de mots qu'avec un clavier qui en serait dépourvu. Dans ce cadre-là, la liste de prédiction présentait verticalement 6 mots et se situait dans le coin gauche de l'écran. Le temps de sélection supplémentaire était défini par la différence des temps nécessaires à l'écriture du texte avec le clavier seul et avec le clavier équipé de la prédiction. De même le temps de sélection du caractère était défini par le temps d'écriture du texte divisé par le nombre de sélections. Au niveau des résultats, les personne valides avaient un temps de sélection supplémentaire avec le logiciel de prédiction de mots de 0,4 secondes par rapport au clavier seul alors que les personnes blessées médullaires avaient un temps de sélection supplémentaire de 0.9 secondes. Le temps de sélection était plus long de 23% en moyenne avec le clavier équipé de la prédiction par rapport au clavier seul. De même, le temps de recherche dans la liste de prédiction était plus important de 96,4% chez les personnes blessées médullaires par rapport aux personnes valides (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994).

Sur simulation informatique, en utilisant les données recueillies dans une étude précédente (Koester and Levine, 1997), KOESTER a souligné que chaque ajout de mot supplémentaire dans la liste de prédiction augmentait de 150 millisecondes le temps de recherche. De même, le Keystroke Saving augmentant peu entre 6 et 11 mots présentés dans la liste, l'épargne de frappe fournie par la prédiction de mots ne contrebalançait pas le temps de recherche visuelle lors de l'augmentation de la liste de mots. Par contre, diminuer la longueur de la liste de mots diminuait l'effet du Keystroke Saving, mais, sur simulation la diminution de la liste de mots de 6 à 5 n'avait quasiment aucun effet. Le meilleur compromis serait donc de 5 mots (Koester and Levine, 1997). Enfin, lors d'une simulation informatique, Al-Mubaid a montré qu'en travaillant sur l'algorithme de prédiction de mots, il était possible d'améliorer la pertinence des mots proposés et cela, même sur une liste courte allant de 1 à 3 mots. Il a supposé que le faible nombre de mots présentés réduirait la charge attentionnelle, mais cette hypothèse n'a pas été vérifiée (Mubaid and Chen, 2008).

Ces résultats suggèrent que le nombre de mots présentés dans la liste de prédiction peut influencer la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. Néanmoins, une étude sur cette population doit être menée afin de vérifier cette hypothèse.

VI. 6. Influence de la fréquence d'utilisation des mots / adaptation à l'utilisateur ou au texte / apprentissage des mots nouveaux.

L'influence de ce paramétrage sur la vitesse de saisie de texte a été peu étudiée dans la littérature. Niemeijer, lors d'une simulation informatique sur clavier virtuel, a précisé, lors d'une comparaison entre deux logiciels identiques, mais de deux versions différentes (l'algorithme de prédiction ayant été amélioré entre les deux versions) qu'un algorithme s'adaptant au vocabulaire de l'utilisateur avait une influence sur le nombre de clics réalisés et sur le nombre de mouvements à réaliser pour la saisie. En effet, sur du vocabulaire partiellement connu par le logiciel, un algorithme optimisé permettait de réduire de 5% le nombre de clics et de 4% le nombre de mouvements par rapport à un algorithme d'une ancienne version du logiciel. Sur du vocabulaire connu, cette proportion augmentait de 14% pour la réduction du nombre de clics et de 20% pour le nombre de mouvements (Niemeijer, 2005). Ces résultats n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique. Néanmoins, Niemeijer a souligné que les utilisateurs qu'il a rencontrés préféraient une présentation alphabétique des mots prédits plutôt qu'une présentation par fréquence d'utilisation (Niemeijer, 2005). Enfin, toujours sur simulation informatique et clavier virtuel, une influence de l'apprentissage des mots nouveaux du logiciel de prédiction de mots a été mise en évidence sur la réduction du nombre de clics nécessaires et sur le nombre de mouvements. En effet, Niemeijer a montré une réduction du nombre de clics de 22% avec un vocabulaire inconnu, de 51% avec un vocabulaire partiellement connu et de 70% avec un vocabulaire connu. De même, une réduction du nombre de mouvements a été notée avec, respectivement, une réduction de 7%, 19% et de 47% (Niemeijer, 2005).

En conclusion, d'après ces premiers résultats dans la littérature, il apparait que le paramétrage (adaptation du logiciel à l'utilisateur) a une influence sur le nombre de clics et de mouvements nécessaires pour saisir du texte sur clavier virtuel. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que ce paramétrage influence la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. Néanmoins, cette hypothèse demande à être vérifiée en situation écologique c'est-à-dire, sur un large échantillon de personnes tétraplégiques et pour des personnes accédant différemment à l'outil informatique qu'avec un clavier virtuel.

VI. 7. Conclusion.

Les résultats de la littérature indiquent que certains paramétrages notamment le nombre de mots présentés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots de l'utilisateur ont une influence sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, dans tous les cas, la grande majorité de ces études présentent comme principale limite de porter préférentiellement sur des sujets valides, sur des simulations informatiques ou de faible échantillons de personnes en situation de handicap et de pathologies différentes entrainant des problématiques différentes. **Par conséquent, l'influence des paramétrages sur la vitesse de saisie de texte est soit peu explorée, soit théorique et peu vérifiée en situation écologique.**

VII. OPTIMISATION DE LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE CHEZ LES PERSONNES TETRAPLEGIQUES ET LEUR NIVEAU DE SATISFACTION VIS-A-VIS DE L'OUTIL SUITE A UN ENTRAINEMENT DIRIGE.

Concernant les programmes de rééducation spécifiques orientés sur l'utilisation des logiciels d'optimisation de la vitesse de saisie de texte, peu d'études ont recensé leurs effets. Sur 5 personnes valides qui tapaient avec un doigt, sur un clavier virtuel intégré à système de dalle tactile, Mackenzie a montré qu'en proposant 20 séances de 45 minutes chacune, une amélioration de la vitesse de saisie de texte apparaissait. Chaque séance était séparée d'au moins deux heures, mais pas plus de deux jours. Mackenzie comparait le clavier virtuel OPTI qu'il a développé avec le clavier standard QWERTY. Même si ce dernier présentait une configuration habituelle de lettres, il a constaté qu'au bout de 10 séances, les participants écrivaient plus vite avec le clavier optimisé OPTI. En début de séance, la moyenne de saisie de texte était de 17 mpm sur le clavier OPTI et de 28 mpm sur le clavier QWERTY. En fin de séance, la moyenne de saisie de texte était de 45 mpm (OPTI) versus 40 mpm (QWERTY) (Mackenzie et al., 1999). Mackenzie a mis en évidence un effet de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte ($p<0,001$).

De même, Ward a mis en évidence sur 10 personnes valides utilisant un clavier virtuel dynamique à l'aide d'une souris que l'entraînement sur un nouveau dispositif permettait d'augmenter la performance. Ward a proposé sur son clavier virtuel 6 séances d'entraînement d'une demi-heure, espacées d'un à trois jours, sur des tâches de copie de texte. Il a constaté une vitesse moyenne de saisie de texte de 4 à 14 mpm au départ et de 12 à 28 mpm en fin de séances (Ward et al., 2000). Ces résultats n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique.

Pour un accès à l'outil informatique, à l'aide d'un clavier virtuel par défilement automatique (lignes-colonnes) et contacteur, Koester (Koester, 1992) a montré sur 4 personnes valides une augmentation de la vitesse de saisie de texte avec un logiciel de prédiction. Deux groupes de deux personnes ont été constitués, l'un commençant par le clavier sans prédiction de mots et l'autre avec prédiction de mots. Chacun des deux groupes a eu un entraînement de 10 séances. Le critère d'évaluation était le nombre de caractères/minutes. Les personnes augmentaient leur vitesse de saisie de texte de 16 à 18,6% avec le logiciel de prédiction de mots, sans que cela ne soit significatif sur le plan statistique ($p=0,25$).

Sur 8 personnes valides et 6 personnes tétraplégiques, Koester a mis en évidence l'impact d'un apprentissage sur les logiciels de prédictions de mots. Les personnes valides accédaient au clavier physique à l'aide d'une baguette buccale. Les personnes tétraplégiques accédaient au clavier physique à l'aide de leurs systèmes habituels. Un entraînement était proposé à l'ensemble des participants : il consistait à recopier six blocs de quatre phrases chacun tout d'abord avec le clavier seul puis avec le clavier équipé de la prédiction. Pour le clavier équipé de la prédiction, deux stratégies ont été employées pendant l'entraînement. La première était de regarder la liste de mots avant chaque sélection et la deuxième de taper les deux premières lettres de chaque mot puis de recommencer à regarder la liste de mots. Pour la phase expérimentale, sept sessions identiques de recopie de texte ont été répétées, mais l'article ne précisait pas sur quelle période. Seule était précisée la moyenne du temps de passation de l'ensemble du protocole (entraînement et phase expérimentale) : 21 jours. A la fin des 7 sessions, le temps de sélections des touches diminuait de 17,7% au fur et à mesure des sessions pour les personnes valides ($p=0,001$) et le temps de recherche visuelle était amélioré ($p<0,001$) même si le temps de sélections des touches était de 23% plus long avec le clavier équipé de la prédiction versus un clavier seul ($p<0,001$) (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994) (Koester and Levine, 1996).

Au regard de ces résultats, il semble que des séances d'entraînements orientés sur les logiciels de prédiction de mots puissent améliorer la vitesse de saisie de texte chez les personnes valides.

Concernant les personnes tétraplégiques, dans la même étude décrite ci-dessus, Koester met en évidence une diminution du temps de sélection des touches de 17,7% au fur et à mesure des sessions ($p=0,001$), un temps de recherche visuelle non amélioré ($p=0,395$) et un temps de sélection des touches de 23% plus long

avec le clavier équipé de la prédiction versus le clavier seul (p<0,001) (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994).

Dans une étude portant sur 10 personnes en situation de handicap, Laffont montre qu'il n'y a pas d'effet sur la vitesse de saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots suite à un entraînement dirigé par un ergothérapeute et une orthophoniste couplé à une utilisation au domicile. Chaque participant a eu dix séances de familiarisation sur un synthétiseur vocal équipé d'une prédiction de mots avec un clinicien à raison d'une heure par jour pendant dix jours. Ensuite le synthétiseur a été mis à disposition des participants pendant deux mois au domicile. Ils notent un changement allant d'une dégradation de 15% à une augmentation de 34% de la vitesse de saisie de texte en utilisant une prédiction de mots (Laffont et al., 2007) pour l'ensemble des participants. Pour chaque individu, ils ne notent pas d'amélioration au niveau de la vitesse de saisie de texte (p=0,269) avec ou sans logiciel de prédiction de mots ni après un entraînement de deux mois (p=0,241). Néanmoins, ils mettent en avant un haut niveau de satisfaction de la part des personnes en situation de handicap concernant leur outil de communication.

Au regard de ces résultats, il semble qu'un entraînement sur les logiciels de prédiction de mots influence peu la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. Néanmoins, les échantillons de personnes tétraplégiques étant faibles et les conditions de réalisation des entraînements étant peu précisées pour les personnes tétraplégiques, il semble difficile de conclure sur un effet de ces entraînements sur la vitesse de saisie de texte sans études complémentaires. Nous émettons tout de même l'hypothèse que les modalités d'entraînement sur ces logiciels de prédiction de mots chez les personnes tétraplégiques ont une influence sur la vitesse de saisie de texte. De même, nous faisons l'hypothèse qu'un entraînement couplé à un clavier dynamique et prédiction de mots améliorent la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques.

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

L'informatique tient actuellement une place importante dans la vie de chaque individu au niveau des loisirs, des activités professionnelles ou de la communication (Bigot and Croutte, 2014). Les personnes tétraplégiques veulent et peuvent prétendre à une insertion professionnelle, à l'accès au savoir par une intégration scolaire facilitée par Internet, à l'accès aux loisirs et à une participation sociale (Picard, 2007) (Angelo et al., 2007) (Cornes and Bochel, 1987). Cette intégration et participation sociale sont essentielles pour les personnes tétraplégiques (Bellurot et al., 2012) (Lidal et al., 2007a) (Boonzaier, 2003) (Brochard et al., 2007). Cependant, pour que cela soit réalisable, il faut pouvoir accéder à l'outil informatique. Les personnes tétraplégiques ont des difficultés à accéder au dispositif de pointage (déplacement du curseur de la souris, mais aussi aux différents clics) et à la saisie de texte (accès au clavier standard). De nombreuses aides techniques existent selon les déficiences et les capacités des personnes tétraplégiques, leurs habitudes, les contraintes environnementales et les usages attendus de l'outil informatique (LoPresti and Brienza, 2004) (DeVries et al., 1998) (Yu-Luen Chen et al., 2003) (Y.-L. Chen et al., 2003) (Biard et al., 2011).

Néanmoins ces outils engendrent une certaine lenteur dans la saisie de texte sur l'outil informatique (Le Pévédic, 1997). Cependant, dans la littérature, il est difficile de trouver des données spécifiques concernant les vitesses de saisie de texte des personnes tétraplégiques car les études sont menées soit sur des échantillons très faibles de personnes tétraplégiques, soit sur des personnes ayant des pathologies différentes (Dalton and Peterson, 1997) (Lau and Leary, 1993) (DeVries et al., 1998) (Vigouroux et al., 2004) (Hird and Hennessey, 2007) (Tam and Wells, 2009) (Lopresti, 2006) (Kim et al., 2013). Compte tenu de ces résultats, il est difficile d'avoir une idée précise de la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques et de l'influence de leurs caractéristiques personnelles et des interfaces d'accès à l'outil informatique.

Nous avons donc émis l'hypothèse générale suivante : Les caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques ainsi que leur interface d'accès à l'outil informatique influence leur vitesse de saisie de texte.

Suite à cette lenteur de saisie de texte sur l'outil informatique, des solutions d'optimisation de cette vitesse ont été développées (logiciels de reconnaissance vocale, claviers virtuels optimisés, dynamiques et ambigus, logiciels de prédictions de mots) (Garrett, 2007) (Hird and Hennessey, 2007) (Raynal and Vigouroux, 2005) (Harbusch and Michael, 2003) (Anderson et al., 2009) (Merlin and Raynal, 2010b) (Wandmacher et al., 2008). Au final, en pratique clinique, les personnes tétraplégiques accèdent à l'outil

informatique principalement grâce à un dispositif de pointage associé à un clavier virtuel ou directement sur le clavier standard. Par conséquent, l'usage de l'outil par défilement est confidentiel. Nous ne retrouvons donc peu d'optimisations du design des claviers virtuels, aucune adaptation sur le clavier physique ou de manière confidentielle. Seuls certains claviers dynamiques sont parfois préconisés (Sybille, Dasher, Chewing-Word) (Figure 13) (Wandmacher et al., 2008) (Ward et al., 2000) mais ces préconisations restent exceptionnelles. Néanmoins, en pratique clinique, ce type de clavier fait l'objet de questionnement de la part des professionnels sur leur efficacité à augmenter la saisie de texte chez les personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs. Pourtant le fonctionnement de ces claviers est séduisant. En effet, le réagencement permanent des lettres pertinentes autour de la dernière lettre saisie par l'utilisateur pourrait permettre de réduire la zone de recherche visuelle et le temps de déplacement du dispositif de pointage. Un gain sur la vitesse de saisie de texte semblerait par conséquent possible. Néanmoins, ces claviers dynamiques n'ont, à ce jour, fait l'objet d'aucune étude sur une population de personnes tétraplégiques ou en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs accédant à l'outil informatique avec un dispositif de pointage direct.

Nous avons donc émis l'hypothèse suivante : Un clavier dynamique associé à une prédiction de mots améliore la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs utilisant un clavier virtuel pour accéder à l'outil informatique.

Les logiciels de complétion et de prédiction de mots sont de même une solution d'optimisation de la vitesse de saisie de texte et font l'objet d'une préconisation importante de la part de professionnels. De plus, ces logiciels présentent différents paramétrages afin de pouvoir s'adapter à l'utilisateur. Par contre, si le processus de préconisation des aides techniques nouvelles technologies et par conséquent, des logiciels de prédiction de mots est largement documenté, les habitudes des professionnels liés aux paramétrages de ces mêmes logiciels sont inconnues.

Nous avons donc émis l'hypothèse suivante : Les professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.

L'étude de la littérature montre que l'amélioration des performances à la saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots pour les personnes tétraplégiques est discutable (Anson, 1993) (Anson et al., 2006) (Higginbotham, 1992) (Bérard and Niemeijer, 2004) (Heidi Horstmann Koester, 1997) (Vigouroux et al., 2004) (Koester, 2000) (Laffont et al., 2007). L'explication avancée est l'augmentation de la charge attentionnelle demandée par les logiciels de prédiction de mots. Toutefois les résultats de la littérature suggèrent qu'un paramétrage adéquat de ces logiciels pourrait permettre de réduire le temps de recherche

visuelle et, par conséquent, d'optimiser la saisie de texte chez les personnes tétraplégiques et leur niveau de satisfaction vis-à-vis de l'outil.

Nous avons donc émis l'hypothèse suivante : Certains paramétrages des logiciels de prédictions de mots tels le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur ont une influence directe sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.

Enfin, l'intégration de ces logiciels dans la vie quotidienne des personnes tétraplégiques ne fait pas obligatoirement l'objet d'un entraînement ou d'une formation spécifique. Dans la plupart des cas, la personne s'approprie seule le logiciel (autoapprentissage). Il est donc important, de pouvoir évaluer, l'influence des différentes modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots sur cette même vitesse de saisie de texte afin de connaitre si une méthode d'accompagnement est supérieure à une autre.

Nous avons donc émis l'hypothèse suivante : Les modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.

De ce fait, actuellement, il manque des données fiables et objectives, afin que les professionnels puissent réaliser des préconisations et un accompagnement de qualité concernant les logiciels d'optimisation de la vitesse de saisie de texte. Au regard de ces différents constats, l'objectif de ce travail de thèse a été d'étudier l'apport des logiciels de prédictions de mots en regardant l'influence de certains paramétrages et d'un apprentissage dirigé sur ces logiciels, chez des personnes tétraplégiques sur la vitesse de saisie de texte.

Ainsi, six études ont été menées afin de répondre aux cinq hypothèses posées.

L'étude 1 avait pour objectif d'étudier la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques sur l'outil informatique et l'influence de certaines caractéristiques et de l'interface d'accès à l'outil informatique sur cette vitesse de saisie de texte. L'étude 2 avait pour objectif de vérifier sur un échantillon de 10 personnes en situation de handicap, tétraplégiques fonctionnelles, si un logiciel de prédiction de mots intégré à un clavier dynamique avait une influence sur la vitesse de saisie de texte. De même, cette étude avait pour objectif secondaire de mettre en évidence si un entraînement non contrôlé à domicile sur une période d'un mois avait une influence sur la vitesse de saisie de texte. L'étude 3 avait pour objectif de déterminer les habitudes de préconisation et de paramétrages des logiciels de prédiction de mots par les professionnels œuvrant auprès des personnes tétraplégiques. L'étude 4 avait pour objectif de déterminer si le paramétrage permettant de régler le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction de mots a une

influence sur la vitesse de saisie de texte. L'étude 5 avait pour objectif d'étudier si le paramétrage permettant au logiciel d'afficher les mots prédits dans la liste de mots en fonction de leur fréquence d'utilisation a une influence sur la vitesse de saisie de texte. L'étude 6 avait pour objectif d'étudier si différentes modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.

CHAPITRE II. METHODOLOGIE GENERALE

I. LES SUJETS

Un total de ***121*** personnes en situation de handicap (***35*** dans l'étude 1, ***10*** dans l'étude 2, ***45*** dans l'étude 4 et 5 et ***32*** dans l'étude 6 sur les 45 attendus) a été inclus dans les différentes études. Les mêmes personnes ont participé à l'étude 4 et 5. Pour l'ensemble de ces participants, un total de ***431*** manipulations a été fait (***35*** (35X1) dans l'étude 1, ***30*** (10X3) dans l'étude 2, ***180*** (45X4) dans l'étude 4 et ***90*** (45X2) dans l'étude 5, et ***96*** (32X3) dans l'étude 6). De plus, ***144*** séances d'entraînement sur les logiciels de prédiction d'une durée d'une heure ont été réalisées dans l'étude 6.

Enfin, ***139*** sujets valides (***21*** dans l'étude 1, ***93*** dans l'étude 3, ***25*** dans l'étude 4) ont été inclus. Pour l'ensemble de ces participants, un total de ***214*** manipulations a été fait (***21*** (21X1) dans l'étude 1, ***93*** (93X1) dans l'étude 3 et ***100*** (25X4) dans l'étude 4). La description des populations, étude par étude, est présentée dans le tableau suivant (Tableau 3) sauf pour l'étude 3 qui s'appuyait d'un point de vue méthodologique sur un questionnaire envoyé par Internet.

TABLEAU 3 : CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES DES SUJETS INCLUS DANS LES DIFFERENTES ETUDES

Etude	Nombre de sujets	Genre (H/F)	Age (Années)	Pathologies	Niveau Lésionnel- Tétraplégie (Haut/Bas)
1	35	28/7	39,5 (12)	Tétraplégie : 35	17/18
2	10	8/2	37 (10)	Myopathies : 4 Locked in Syndrom : 4 Tétraplégie : 2	2/0
4/5	45	35/10	39,6 (10)	Tétraplégie : 45	15/30
6	32	26/6	40,7 (11)	Tétraplégie : 32	0/32
Etude	**Nombre de sujets valides**	**Genre (H/F)**	**Age (Années)**		
1	21	17/4	35,1 (8)		
4	25	17/8	37,2 (11)		

Valeurs exprimées en tant que moyenne (écart-type). H : Homme ; F : Femme ; Haut : niveau C4/C5 Asia A/B ; Bas : niveau C6/C7/C8 Asia A/B.

La description des critères d'inclusion, étude par étude est présentée dans le tableau suivant (Tableau 4).

TABLEAU 4 : CRITERES D'INCLUSION DES DIFFERENTES ETUDES

Critères d'inclusion	Etude 1	Etude 2	Etude 3	Etude 4	Etude 5	Etude 6
Personnes volontaires adultes (plus de 18 ans)	X	X	X	X	X	X
Personnes valides	X		X	X		
Professionnels travaillant avec des personnes tétraplégiques médullaires et préconisant des logiciels de prédiction de mots.			X			
Personnes atteintes de tétraplégie fonctionnelle		X				
Personnes atteintes de tétraplégie médullaire (niveau lésionnel compris entre C4 et C8 Asia A/B)	X			X	X	
Personnes atteintes de tétraplégie médullaire (niveau lésionnel compris entre C6 et C8 Asia A/B)						X
Sachant lire et écrire le français	X	X		X	X	X
Utilisateur régulier de l'outil informatique	X	X		X	X	X
Utilisateur régulier de clavier virtuel	X	X		X	X	
Utilisateur régulier de clavier standard	X			X	X	X
Ne pas être utilisateur régulier des logiciels de prédiction de mots	X	X		X	X	X
Ne pas être utilisateur de clavier dynamique		X				

L'ensemble des études présentées dans ce travail a fait l'objet d'une approbation de la Commission de Protection des Patients (CPP) et a fait l'objet d'une autorisation de la Commission Nationale de l'Informatique et Liberté (CNIL). De plus, l'ensemble des études a fait l'objet d'un enregistrement ClinicalTrials.gov Protocol Registration and Results System sous le numéro NCT01953666. Tous les participants ont attesté par écrit de leur consentement pour la participation aux différentes études et à

l'utilisation des données recueillies lors des évaluations au Centre Hospitalier Universitaire Raymond Poincaré à Garches (France)

II. LE MATERIEL ET EVALUATIONS UTILISEES.

II. 1. Matériel et Installation.

Au niveau du **matériel informatique**, plusieurs ordinateurs différents ont été utilisés en fonction des études. Ces différents matériels ont été utilisés soit pour des raisons pratiques, soit pour éviter des biais dans les différents protocoles. En effet, le fait de réaliser les expérimentations avec des logiciels commerciaux payants et donc licenciés nécessitait parfois l'utilisation d'ordinateurs différents, un ordinateur spécifique n'ayant pas été acheté pour l'ensemble des études. De plus, un paramétrage différent était parfois effectué sur le logiciel de prédiction de mots. Afin d'être sûr que les paramétrages étaient bien effectués avant le début de chaque inclusion, chaque ordinateur était affecté à un réglage particulier du logiciel de prédiction de mot. Enfin, lors de l'étude 6 où les personnes tétraplégiques suivaient un programme d'entraînement soit au domicile, soit en centre accompagné d'un ergothérapeute, un ordinateur différent était utilisé pour les séances d'entraînement et d'évaluation. Néanmoins, si des ordinateurs différents ont été utilisés pour l'ensemble des études, pour chaque étude en question, l'ordinateur était identique pour l'ensemble des sujets afin d'éviter les biais. Les ordinateurs utilisés dans les différentes études sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 5).

TABLEAU 5 : ORDINATEURS UTILISES DANS LES DIFFERENTES ETUDES

Type d'ordinateur utilisé	Etude 1	Etude 2	Etude 3	Etude 4	Etude 5	Etude 6
Hewlett-Packard 146 Compaq 8510 P	X	X				
Dell XPS				X	X	X
Toshiba					X	X
Ordinateur habituel des participants						X

L'étude 5 a nécessité l'ordinateur Dell XPS pour la condition d'évaluations du logiciel de prédiction de mots, fonction d'« adaptation au vocabulaire de l'utilisateur » désactivé, et un ordinateur Toshiba pour la condition d'évaluations du logiciel de prédiction de mots, fonction d'« adaptation au vocabulaire de l'utilisateur » activé. Pour l'étude 6, les évaluations étaient réalisées sur l'ordinateur Dell XPS, l'entraînement dirigé par l'ergothérapeute avec l'ordinateur Toshiba et l'auto-entraînement au domicile sur l'ordinateur habituel des personnes tétraplégiques.

Au niveau des dispositifs d'accès à l'outil informatique, pour les **dispositifs de pointage**, pour l'ensemble des études, les personnes en situation de handicap ont utilisé leur dispositif habituel. Seul le **dispositif de saisie de texte** a fait l'objet d'une attention particulière en fonction des différentes études.

Pour l'étude 1, un clavier virtuel AZERTY fixe et dynamique associé à un logiciel de prédiction de mots a été spécifiquement développé. Le clavier virtuel AZERTY nommé CVK a été développé par la société Invienetis et intègre le clavier dynamique et la prédiction du système AAC Sybille_vK (Wandmacher et al., 2008) développé par le Laboratoire Informatique de l'Université François Rabelais de Tours (Figure 20). Cette prédiction peut s'adapter au vocabulaire de l'utilisateur.

FIGURE 20 : À GAUCHE, CVK AZERTY FIXE ; A DROITE, CLAVIER DYNAMIQUE ASSOCIE A LA PREDICTION DE MOTS

Pour l'étude 2, le clavier virtuel AZERTY de Windows a été utilisé. De plus, le logiciel de reconnaissance vocale Dragon Naturally Speaking dans sa version 12 Premium et son micro-casque a été utilisé (Figure 21).

FIGURE 21 : LOGICIEL DE RECONNAISSANCE VOCALE DRAGON NATURALLY SPEAKING V12.

Pour les études 4, 5 et 6, les personnes tétraplégiques nécessitant un clavier virtuel pour saisir du texte ont utilisé le clavier Keyvit de la suite Eurovocs, Jabbla. Le logiciel de prédiction utilisé était Skippy de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla suite aux résultats de l'étude 3. Le clavier virtuel a été choisi, car il fait partie de la même suite logicielle et assurait une compatibilité totale avec le logiciel de prédiction de mots (Figure 22).

FIGURE 22 : À GAUCHE, CLAVIER VIRTUEL KEYVIT ; A DROITE, LOGICIEL DE PREDICTION DE MOTS SKIPPY

Concernant les **textes utilisés**, pour les études 1 et 2, quatre textes de complexité similaire, tirés de la presse quotidienne, furent utilisés. Ces textes comportaient des mots de longueur moyenne de 5.3 (sd 0.3) caractères. Pour les études 4, 5 et 6, 12 textes différents de complexité similaire issus d'un ouvrage d'orthophoniste ont été utilisés (Fraval Lye and Boutard, 2004). Ces textes comportaient des mots de longueur moyenne de 5.1 (sd 0.5) caractères

Concernant le **matériel pour l'enregistrement des données**, pour les évaluations des différentes études, durant chaque condition, l'écran de l'ordinateur était filmé par deux systèmes : une caméra HD Canon était placée derrière la personne, au-dessus de son épaule droite. De plus, un logiciel de capture d'écran, HyperCam, disponible à l'adresse suivante (http://hypercam.softonic.fr/) permettait de filmer la prestation des participants aux études.

Enfin, deux logiciels mouchards ont été développés spécifiquement par une société informatique pour enregistrer le temps d'activité de la personne participante sur le clavier virtuel (étude 1) ou sur le logiciel de prédiction de mots (étude 6) lors de l'entraînement à domicile.

Concernant l'i**nstallation**, les personnes participantes étaient installées en face d'une table réglable en hauteur permettant de s'adapter à la hauteur de chaque fauteuil roulant, manuel ou électrique. Les personnes en situation de handicap étaient évaluées sur leur propre fauteuil roulant et les sujets valides étaient installés sur une chaise standard. L'ordinateur était installé en face des personnes. Lors de la copie

de texte, le texte était placé sur un pupitre à bras articulé, positionné à droite ou à gauche de l'écran d'ordinateur en fonction du choix de la personne (Figure 23).

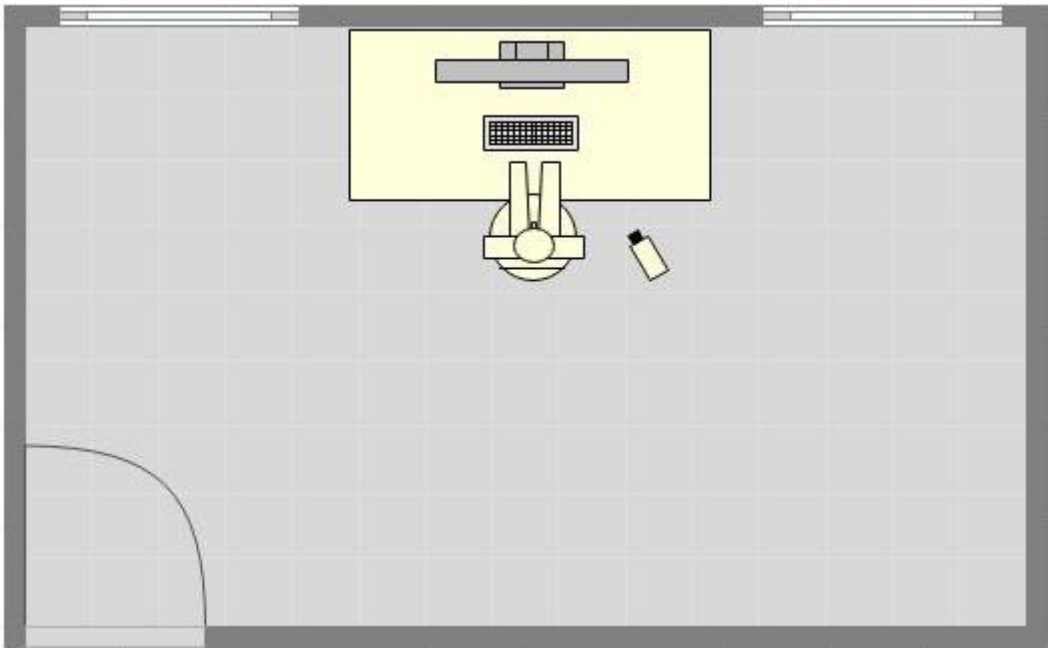


FIGURE 23 : SCHEMA D'INSTALLATION DES PERSONNES PARTICIPANTES DURANT LES EXPERIMENTATIONS

II. 2. Outils utilisés et paramètres évalués.

II. 2. 1. Outils utilisés

Différents outils ont été utilisés sur les 6 études afin de recueillir des données, de mener à bien les différentes expérimentations ou d'évaluer les différents paramètres.

Pour l'ensemble des études 1, 2, 4, 5 et 6, toutes les vidéos ont été visionnées à postériori des évaluations. Pour l'ensemble des études, en comptabilisant une vidéo par condition, un total de ***910*** vidéos de 10 minutes chacune ont été traitées manuellement par un seul évaluateur et suivant une **grille d'évaluation**. Cette grille d'évaluation se présente sous la forme d'un listing d'éléments à cocher à chaque fois que cet élément apparaissait dans la vidéo. La grille d'évaluation est présentée ci-dessous (Tableau 6).

TABLEAU 6 : GRILLE D'EVALUATION DES VIDEOS

Identification Sujet :	Code Expérimentation:	**Total**
Nombre de caractères saisis		
Nombre d'erreurs		
Temps de correction des erreurs		
Nombre de Backspace		
Nombre d'Items sélectionnés (caractères, backspace, mots prédits)		
Taux d'utilisation de la prédiction		

Pour l'étude 3, un **questionnaire** (Tableau 7), établi par plusieurs ergothérapeutes experts dans le domaine, non validé fut utilisé afin de recueillir les informations relatives aux professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots. Les professionnels devaient renseigner leur âge, leur sexe, leur profession et le nombre d'années d'expérience professionnelle. Ensuite, le questionnaire comportait 7 items : le nom du logiciel de prédiction de mots utilisé, la forme et la position de la liste de prédiction de mots sur l'écran d'ordinateur, le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, l'activation de l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur, l'apprentissage des mots nouveaux et le nombre de caractères saisis non pris en compte avant les propositions de prédiction. A chaque professionnel, le nom du logiciel de prédiction de mots qu'ils préconisaient a été demandé. Ensuite, pour chaque item, il a été demandé aux professionnels s'ils configuraient chaque paramètre, de quelles manières et pour quelles raisons. Enfin, chaque professionnel a été invité à noter de 1 à 10 l'importance qu'il donne à pouvoir paramétrer chaque item (1 étant pas du tout important et 10 étant très important). La description du questionnaire est présentée dans le tableau suivant et est présentée sous sa forme complète en annexe (Annexe 1).

TABLEAU 7 : DESCRIPTION DU QUESTIONNAIRE

Informations	Type de réponses
Caractéristiques Démographiques	
Age	Nombre d'années
Sexe	Réponse catégorielle : Homme / Femme
Profession	Question ouverte
Années d'expérience professionnelle	Nombre d'années
Logiciel de prédiction de mots	
Nom du logiciel	Question ouverte
Emplacement de la liste de prédiction	Réponse catégorielle : Haut/Bas/Gauche/Droite
Forme de la liste de prédiction	Réponse catégorielle : Horizontal/Vertical
Nombre de mots affichés dans la liste de prédiction	Nombre de mots
Apprentissage des mots nouveaux	Réponse catégorielle : oui/non
Nombre de caractères non pris en compte avant les propositions de prédiction	Question ouverte
Adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur	Réponse catégorielle : oui/non
Commentaires	
De quelles manières et pour quelles raisons le logiciel a été choisi et chaque paramètre a été réglé.	Question ouverte

Le questionnaire a été posté sur Internet et le lien a été diffusé sur des réseaux de professionnels : réseaux des ergothérapeutes (Yahoo ! Groupes), Association des Paralysés de France (APF), Technologies de l'Information et de la Communication et Handicap Yahoo ! Groupes, et le site RNT (Réseau Nouvelles Technologies) de l'APF.

Pour l'étude 6, un **livret d'auto-entraînement** sur les logiciels de prédiction de mots a été spécifiquement conçu par un ergothérapeute. Ce livret d'auto-entraînement a servi de support pour l'entraînement à domicile des personnes tétraplégiques sur le logiciel de prédiction de mots sur un mois. Ce livret d'auto-entraînement disposait des parties suivantes :

- Une introduction présentant l'auto-entraînement
- Deux tutoriels expliquant comment installer un logiciel de prise en main à distance en cas de problème et le logiciel de prédiction de mots.
- Pour chaque semaine, un tutoriel pour paramétrer le logiciel de prédiction de mots et la série d'exercices à effectuer par la personne tétraplégique.
- Pour chaque semaine, un récapitulatif à remplir par les personnes tétraplégiques concernant les exercices effectués et le temps passé.
- Pour finir, un tutoriel pour désinstaller les programmes à la fin du mois.

Le livret d'auto-entraînement est présenté dans sa globalité en annexe (Annexe 1).

L'item 8 de la **QUEST (ESAT)** (Demers et al., 2000) (Demers et al., 2002) (Annexe 2) a été utilisé pour évaluer la satisfaction pour les études 2, 4, 5 et 6.

Enfin, la **Canadian Occupational Performance Measure (COPM)** ou **Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MCRO)** (Cup et al., 2003) (Annexe 3) a été utilisée dans l'étude 6 afin de mesurer les changements de perception des personnes sur **leur performance** dans les activités sur l'outil informatique induit par les logiciels de prédiction de mots et le programme d'entraînement sur ces mêmes logiciels.

II. 2. 2. Paramètres évalués.

Grâce à ces différents outils et au traitement des vidéos, différents éléments ont été calculés :

1. La **vitesse de saisie de texte** a été calculée suivant deux modes de calcul (en fonction de la consigne donnée aux participants à savoir de corriger ou non leurs erreurs):

Une première **vitesse de saisie de texte avec erreurs corrigées,** ce qui correspond à notre saisie de texte habituelle. C'est cette vitesse de saisie de texte qui a été privilégiée dans ce travail. Elle a été calculée suivant la formule suivante : Nombre de caractères totaux saisis en 10 minutes, divisés par 10. Les caractères comprennent la ponctuation, les espaces, les actions concernant la sélection et le temps des corrections des erreurs. Cette vitesse de saisie de texte est exprimée en caractères / minute. Pour être exprimée en nombre de mots par minute, elle est divisée par le nombre moyen de caractères par mot au niveau des textes utilisés.

Une deuxième **vitesse de saisie de texte sans erreurs corrigées** a été calculée. Ce mode de calcul a été ajouté suite à des éléments de discussion engendrés par la soumission à publication de l'étude 1. Elle a été calculée suivant la formule : Nombre de caractères totaux saisis en 10 minutes, divisés par 10. Les caractères comprennent la ponctuation, les espaces, les backspaces. Le temps pour la sélection et les corrections des erreurs n'a pas été pris en compte. Cette vitesse de saisie de texte est exprimée en caractères / minute. Pour être exprimée en nombre de mots par minute, elle est divisée par le nombre moyen de caractères par mot au niveau des textes utilisés.

2. Le **nombre d'erreurs** et le **nombre de caractères économisés** par les logiciels de prédiction de mots durant les 10 minutes d'évaluation ont été relevés à partir de chaque vidéo.

3. La **vitesse de sélection** a été calculée suivant la formule suivante : Nombre d'items sélectionnés en dix minutes, divisés par 10. Les items comportent les caractères, c'est-à-dire lettres, chiffres, ponctuation, flèches de navigation, caractères spéciaux mais aussi les mots de la prédiction de mots. Elle est exprimée en nombre d'items par minute.

4. le **KSR (Keystroke Saving)** (Trnka et al., 2005) (Higginbotham, 1992) permettant de mesure d'un point de vue théorique la performance du système prédictif a été calculé suivant la formule suivante :

$$KSR = \frac{1 - Kred}{Kall} \times 100$$

Kred étant le nombre de sélections effectives de la personne y compris la sélection des mots prédits et Kall étant le nombre de saisies théoriques de la personne sans avoir utilisé le logiciel de prédiction.

5. Enfin, un **Bit-Rate** correspondant au nombre de saisies effectuées pondérées par le nombre d'erreurs, a été calculé suivant la formule suivante (Parini et al., 2009) :

$$BR = V \times R$$

BR étant le Bit-Rate en Bit/minute, V étant la vitesse en nombre de symboles (caractères) par minute et R l'information donnant le nombre de symboles justes en fonction du nombre de symboles totaux disponibles (N) et le nombre d'erreurs réalisées (P). R est calculé suivant l'équation suivante (Parini et al., 2009) (Kronegg, 2005) :

$$R\ (Wolpaw) = \log_2 N + P \times \log_2 P + (1 - P) \times \log_2 \frac{1 - P}{N - 1}$$

En parallèle à ces calculs objectifs, des données subjectives ont été collectées. La fatigue, la sensation de rapidité, la sensation de charge attentionnelle, et la satisfaction ont été évaluées par les participants tétraplégiques et valides suivant diverses modalités :

La **fatigue** a été évaluée en utilisant une échelle visuelle analogique (EVA) avant et après chaque épreuve de saisie de texte (0 : Aucune fatigue ; 10 : exténué).

La **sensation de rapidité** dans la saisie de texte grâce au logiciel de prédiction de mots et de **charge attentionnelle** engendré par ce même logiciel a été évaluée sur une échelle visuelle analogique (EVA) avant et après chaque épreuve de saisie de texte. Pour la sensation de rapidité (0 : Très lent ; 10 : Très rapide) ; pour la sensation de charge attentionnelle (0 : Pas de charge attentionnelle ; 10 : Charge attentionnelle très importante).

La **satisfaction** a été évaluée en utilisant l'item 8 de la QUEST (Demers et al., 2000) (L Demers et al., 2002) (Annexe 2) portant sur l'évaluation de l'efficacité de votre aide technique pour répondre à vos besoins, et évaluée en utilisant une échelle visuelle analogique (0 : Pas du tout satisfait / 5 : très satisfait).

Enfin, dans l'étude 6, les changements de perception des personnes sur **leur performance** dans les activités sur l'outil informatique induit par les logiciels de prédiction de mots et le programme d'entraînement sur ces mêmes logiciels ont été évalués grâce à la **Canadian Occupational Performance Measure (COPM)** ou **Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MCRO)** (Cup et al., 2003) (Annexe 3).

Un récapitulatif des paramètres évalués par études est présenté dans le tableau suivant (Tableau 8).

TABLEAU 8 : PARAMETRES EVALUES PAR ETUDE

Paramètres évalués	Etude 1	Etude 2	Etude 3	Etude 4	Etude 5	Etude 6
Vitesse de saisie de texte	X	X		X	X	X
Nombre d'erreurs		X		X	X	X
Nombre de caractères économisés par la prédiction de mots		X		X	X	X
Vitesse de sélection				X	X	X
Keystrokes Saving		X		X	X	X
Bit rate				X	X	X
Satisfaction		X		X	X	X
Fatigue				X	X	X
Sensation de rapidité				X	X	X
Sensation de charge attentionnelle				X	X	X
Sensation de performance						X

CHAPITRE III. ETUDES

I. ETUDE 1 : VITESSE DE SAISIE DE TEXTES CHEZ LES PERSONNES TETRAPLEGIQUES.

I. 1. Présentation

La vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique des personnes en situation de handicap est décrite dans la littérature comme lente par rapport à celle des personnes valides (Le Pévédic, 1997). Cependant, il est difficile de trouver des données spécifiques concernant les vitesses de saisie de texte des personnes tétraplégiques malgré la présence de plusieurs études (Dalton and Peterson, 1997) (Lau and Leary, 1993) (DeVries et al., 1998) (Vigouroux et al., 2004) (Hird and Hennessey, 2007). En effet, dans ces dernières, le nombre de personnes incluses était souvent faible. De plus, une hétérogénéité des pathologies, et des interfaces d'accès à l'outil informatique est souvent présente (Tam and Wells, 2009) (Lopresti, 2006) (Kim et al., 2013). Ainsi, dans cette étude, nous voulions **étudier les vitesses de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques ainsi que l'influence des interfaces d'accès à l'outil informatique et des caractéristiques des personnes sur cette même vitesse de saisie de texte**.

I. 2. L'étude

Vitesses de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques.

Text input speed in people with cervical spinal cord injury.

Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Isabelle Vaugier, Salvador Cabanilles, Caroline Hugeron, Djamel Bensmail.

Article publié dans

Spinal Cord Journal

Septembre 2015

Spinal Cord (2015), 1–5
© 2015 International Spinal Cord Society All rights reserved 1362-4393/15
www.nature.com/sc

ORIGINAL ARTICLE

Text input speed in persons with cervical spinal cord injury

S Pouplin[1,2,3,4], N Roche[3,4,5], I Vaugier[4], S Cabanilles[1,2], C Hugeron[2] and D Bensmail[1,2,3,4]

Study design: This is a prospective clinical study.
Objectives: The objectives of this study were to determine text input speed (TIS) in persons with cervical spinal cord injury (SCI) and to study the influence of personal characteristics and type of computer access device on TIS.
Setting: This study was conducted in the Rehabilitation Department, Garches, France.
Methods: People with cervical SCI were included if their level of injury was between C4 and C8 Asia A or B, and if they were computer users. In addition, able-bodied people were recruited from the hospital staff. Each participant underwent a single evaluation using their usual computer access devices. TIS was evaluated during a 10-min copying task. The relationship between the characteristics of participants with cervical SCI, type of computer access device and TIS were analyzed using a Scheirer–Ray–Hare test (nonparametric test similar to a two-way analysis of variance).
Results: Thirty-five participants with cervical SCI and 21 able-bodied people were included. Median TIS of participants with cervical SCI was 9 (6; 14) words per minute (w.p.m.) and of able-bodied participants was 19 (14; 24) w.p.m. ($P=0.001$). Median TIS of participants with lesions at or above C5 was 12 (4; 13) w.p.m. and of those with lesions below C5 was 10 (9; 18) w.p.m. ($P=0.38$). The Scheirer–Ray–Hare test showed that only the type of computer access device significantly influenced TIS. Surprisingly, none of the person's characteristics, including the level of cervical lesion, affected TIS.
Conclusion: This is the first study to analyze TIS in a group of participants with cervical SCI. The results showed that only the type of computer access device influenced TIS.
Spinal Cord advance online publication, 15 September 2015; doi:10.1038/sc.2015.147

INTRODUCTION

The use of technological devices such as computers is often essential for the social and professional integration of persons with cervical spinal cord injury (SCI);[1] however, they can be difficult to access. Depending on the level of the lesion, different devices exist to facilitate computer access.[2] Persons with cervical SCI Asia A and B can be classified into two functional groups.[3] The first group includes those whose injury level is at or above C5. To access a computer, this group requires assistive devices that are operated by head movements. The mouse cursor can be controlled by head tracking devices involving video or infrared cameras,[4] and for text input, mouthsticks[5,6] can be used with a standard keyboard or pointing devices with an on-screen keyboard.[7,8]

The second functional group includes those whose injury level is at or below C6 Asia A and B. This group may be able to use a standard keyboard with hand splints, or to press keys with the metacarpophalangeal joint of the little finger using forearm supination. Special devices such as trackballs and touchpads can be fitted to standard hardware to control the mouse cursor. Speech recognition devices are also an option for both groups.[5]

However, despite the development of these different devices, text input speed (TIS) remains lower for people with sensory motor impairments than for able-bodied people.[9] In the literature, it is very difficult to find specific data regarding TIS for persons with cervical SCI, particularly for those with high levels of SCI (C5 or above, Asia A or B). Many studies have been carried out to evaluate TIS;[5,7,8] however, all of them have important limitations: first, the pathologies[10] (both sensory and motor impairments such as locked-in syndrome, neuromuscular disorders and cervical SCI) and the severity of sensory–motor impairment[11] (pooled results of assessments with persons with different motor function capacities) evaluated are quite heterogeneous. In addition, (i) the samples are usually very small; (ii) the computer access devices used very different; and (iii) some important methodological aspects are not specified. A summary of the studies evaluating TIS is provided in Table 1, which is classified according to the pathologies and devices studied.

The studies presented in Table 1 highlight the lack of data regarding the influence of participant's characteristics on TIS. The effect of lesion level, age, gender, education level, word processing use and duration of computer use have not been analyzed, although these parameters could influence TIS.[12] A few studies in able-bodied people have assessed the effect of gender on TIS and showed an effect on Internet searching speed[13] and on a visuospatial task[14] in men. Until now, no study has evaluated the effects of such parameters in persons with SCI.

[1]New Technologies Plate-Form, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; [2]Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; [3]Inserm Unit 1179, Team 3: Technologies and Innovative Therapies Applied to Neuromuscular Diseases, University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Versailles, France; [4]Clinical Innovations Center 1429, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France and [5]Physiology–Functional Testing Ward, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France
Correspondence: S Pouplin, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Pavillon Widal Hôpital R Poincaré, 104 Boulevard R Poincaré, Garches 92380, France.
E-mail: samuel.pouplin@rpc.aphp.fr
Received 21 November 2014; revised 6 July 2015; accepted 9 July 2015

Table 1 TIS in the literature

Participants	*Number of participants*	*Devices*	*TIS (w.p.m.)*	*Studies*
Participants with cervical SCI	1–6	Standard keyboard	5–35	5–7,12
	1	On-screen keyboard	3–3	7,15
	1	Speech recognition system	20	5
Participants with sensory motor impairment (mixed pathologies)	1–24	Standard keyboard	1–38	8,12,19
	1–10	On-screen keyboard	0.5–24	8,10,11
	1–8	Scanning on-screen keyboard	0.3–5	20,21
	5–24	Speech recognition system	5–113	19,22

Abbreviations: TIS, text input speed; SCI, spinal cord injury; w.p.m., words per minute.

Indeed, studies of people with cervical SCI have been limited to case studies or studies of small samples,[5–7,12,15] focusing on TIS but not on the possible interaction between participant's characteristics and TIS.

It has also been shown that differences in TIS could be explained by the use of different computer access devices;[5,7] however, these studies were carried out on very small numbers of heterogeneous patients. Existing devices are considered to be adapted to the level of injury, functional capacities, sensory motor impairments and spasticity of people with SCI; however, the influence of individual devices on TIS has never been studied in a sample of people with SCI. Because these previous studies showed a very high level of variability of TIS and as typical TIS is not known, the aims of this study were first to study TIS in a sample of persons with Asia A or B tetraplegia and second to study (i) the influence of participant characteristics on TIS and (ii) the influence of the type of computer access device on TIS.

We hypothesized that participant characteristics and the type of computer access device would influence TIS in people with cervical SCI.

MATERIALS AND METHODS

Participants

This study was carried out between January 2011 and December 2012. During this period, participants with cervical SCI followed up in the Department of Physical Medicine and Rehabilitation of a Teaching Hospital were included if they were over 18 years old, had an SCI between C4 and C8 Asia A or B, were computer users and could read and write French. Participants were excluded if they had cognitive, linguistic or visual impairments. The study was approved by the local ethics committee (CPP Ile de France, Saint Germain en Laye, France), and all participants provided written informed consent before participation.

In addition, able-bodied people were recruited from hospital staff. The inclusion criteria were as follows: computer users who could read and write French. The able-bodied persons were matched to the participants with cervical SCI for age, gender and education level.

Materials and study design

To standardize the evaluation conditions, able-bodied participants all used a standard Hewlett-Packard Compaq 8510P computer (Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA). The participants with cervical SCI used the same computer that was equipped with a Windows On-screen Keyboard and a speech recognition system (Dragon Naturally Speaking v.12, Nuance Society, Burlington, MA, USA), along with their usual computer access devices. If they usually used a speech recognition system, a standard keyboard or on-screen keyboard and pointing devices, the evaluations were carried out with these same devices. The use of word prediction software was not allowed to limit the bias associated with the type of computer access device on TIS. The speech recognition system was used in a quiet room.

A single evaluation was carried out for each participant. During this evaluation, TIS was evaluated during a copying task involving a 400-word text that the participant was asked to type in 10 min. The 400-word text was drawn from national newspapers. Average word length was 5.3 characters (s.d. = 0.3). The length of the text was deliberately too long to be copied within 10 min. The evaluation was stopped after 10 min.

Measures

TIS (words per minute (w.p.m.)) was calculated as follows: number of characters typed in 10 min divided by 10, including punctuation marks and spaces but not backspace, selection errors or correction times. Results obtained in characters per minute were then divided by 6.3 (the mean number of characters per word in the text+one space) to provide results in w.p.m.

For the speech recognition system, TIS was calculated only on correctly written words (number of characters typed in 10 min divided by 10). Results obtained in characters per minute were divided by 6.3 to provide results in word per minute.

Assessment of participant characteristics. For able-bodied participants, gender, age, level of education, frequency of use of word processing software (regularly: $>$twice per week; occasionally: $\leqslant$twice per week) and years of computer use were evaluated using a questionnaire.

For people with cervical SCI, the same characteristics were noted. In addition, injury level, time since lesion, type of computer access device and duration of use of the device were also recorded.

Data analysis

The data did not follow a normal distribution (Shapiro–Wilk test) ($P = 0.04$). Comparison of able-bodied participants and participants with cervical SCI: descriptive statistics, median and interquartile range (IQR) were used to describe continuous variables, and frequencies were used for categorical variables. A Wilcoxon's test was carried out to analyze differences in age and education level and a χ^2 test was used to analyze differences in gender between participants with cervical SCI and able-bodied participants. A Wilcoxon's paired signed-rank test was used to analyze differences in TIS between participants with cervical SCI and able-bodied participants.

Analysis of the characteristics of participants with cervical SCI. The relationship between participant characteristics, computer access device and TIS was analyzed using a Scheirer–Ray–Hare test with the level of lesion as the first factor and, respectively, age, gender, laterality, level of education, time since SCI, duration of use of computer, word processing system used, type of computer access device and the duration of use of access device as the second factors.

Comparison of high and low tetraplegia. Differences in the frequency of use of word processing software between participants with high-level tetraplegia and those with low-level tetraplegia were analyzed using a χ^2 test. Differences in TIS between participants with high-level tetraplegia and those with low-level tetraplegia were analyzed using a Wilcoxon's unpaired signed-rank test.

All data were analyzed using the R Project for Statistical Computing, R (version 3.0.2) software (The R Foundation, Vienna, Austria). The level of significance was fixed at $P < 0.05$.

RESULTS

Participants

Table 2 shows the general demographic description of the participants with cervical SCI and the able-bodied participants.

Thirty-five participants with cervical SCI were enrolled in this study. In addition, 21 able-bodied people were recruited. There were no significant differences between groups for age ($P = 0.44$), gender ($P = 0.93$) or years of education ($P = 0.08$).

Seventeen participants with cervical SCI had a high level of lesion (C4 and C5 Asia A or B) (high tetraplegia group) and 18 participants had lesions between C6 and C8 Asia A or B (low tetraplegia group). In the high tetraplegia group, 10 participants used word processing programs regularly (>twice per week) and 7 did not (⩽twice per week). In the low tetraplegia group, 6 participants used word processing programs regularly and 12 did not (Table 3) ($P=0.002$).

Table 3 shows the gender and number of years of education for each participant with cervical SCI and the devices they used.

Table 2 Demographic description of participants

	Number	*Median (IQR)*
People with cervical SCI		
Gender		
Male	28	
Female	7	
Age		36 (32; 46)
Education years		14 (14; 17)
Tetraplegia level		
High	17	
Low	18	
Time since SCI (years)		4 (2; 11)
Years of computer use		16 (10; 26)
Duration of use of the access device (years)		6 (1.5; 12)
Able-bodied people		
Gender		
Male	17	
Female	4	
Age		31 (29; 41)
Education years		14 (12;15)

Abbreviations: IQR, interquartile range; SCI, spinal cord injury.

Text input speed

Median TIS was 9 (6; 14) w.p.m. for participants with cervical SCI and 19 (14; 24) w.p.m. for able-bodied participants ($P=0.001$).

In the high tetraplegia group, median TIS was 12 (4; 13) w.p.m. In the low tetraplegia group, median TIS was 10 (9; 18) w.p.m. ($P=0.38$).

Influence of participant characteristics on TIS

Table 4 shows the TIS of participants with cervical SCI as a function of their characteristics.

For participants with cervical SCI, the Scheirer–Ray–Hare test showed (i) no significant effect on TIS by any characteristic (age ($P=0.76$), gender ($P=0.47$), laterality ($P=0.35$), education ($P=0.06$), time since SCI ($P=0.92$), duration of computer use ($P=0.74$), word processing use ($P=0.39$) and duration of use of access device($P=0.90$)); (ii) no significant effect of the level of lesion; and (iii) no significant interaction between any characteristic and the level of lesion.

Influence of computer access device on TIS

Table 5 shows the TIS of participants with cervical SCI as a function of tetraplegia level and computer access device.

For participants with cervical SCI, The Scheirer–Ray–Hare test showed an effect of computer access device ($P<0.001$), no effect of

Table 3 Tetraplegia level, computer access devices and frequency of use of word processing software by participants with cervical SCI

Number of participants	*Gender*	*Tetraplegia level*	*Education years*	*Devices*	*Frequency of use of word processing*
2	M	High	17	Speech recognition system	Regular
2	M	High	17	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	M	High	17	Standard keyboard and mouthstick	Regular
1	M	High	12	Speech recognition system	Regular
1	M	High	14	Speech recognition system	Occasional
2	M	High	14	On-screen keyboard and head pointing	Occasional
1	M	High	12	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	F	High	17	On-screen keyboard and head pointing	Regular
1	M	High	12	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	14	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	15	Standard keyboard	Occasional
1	M	High	17	Standard keyboard	Occasional
1	F	High	17	Standard keyboard	Regular
1	M	High	12	Standard keyboard	Regular
1	F	Low	15	Speech recognition system	Occasional
4	M	Low	14	Standard keyboard	Occasional
1	F	Low	17	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	17	Standard keyboard	Regular
1	F	Low	14	Standard keyboard	Regular
1	M	Low	14	Standard keyboard	Regular
2	M	Low	15	Standard keyboard	Regular
2	F	Low	15	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	19	Standard keyboard	Occasional
3	M	Low	12	Standard keyboard	Occasional
1	M	Low	12	Standard keyboard	Regular

Abbreviations: F, female; M, male; SCI, spinal cord injury.
Regularly (>twice per week) and occasionally (⩽twice per week).

Table 4 TIS with participants with cervical SCI (w.p.m.)

Participants with cervical SCI	*TIS (w.p.m.), median (IQR)*
Gender	
M	9 (6; 10)
F	15 (10; 17)
Age (years)	
18–40	9 (5; 16)
40–60	9 (7; 13)
Tetraplegia level	
High	12 (4; 13)
Low	10 (9; 18)
Education (years)	
⩽12	8 (6; 9)
⩾13–<15	7 (5; 7)
⩾15	10 (10; 15)
Frequency of word processing program use	
Occasionally	8 (6; 13)
Regularly	10 (6; 15)
Devices	
Speech recognition software	18 (17; 21)
On-screen keyboard	3 (3; 4)
Standard keyboard	8 (7; 10)

Abbreviations: IQR, interquartile range; TIS, text input speed; w.p.m., words per minute.
Regularly (>twice per week) and occasionally (⩽twice per week).

Table 5 TIS as a function of tetraplegia level and device used

Tetraplegia level (AIS A or B)	*Number of persons*	*Computer access device*	*TIS (w.p.m.), median (IQR)*
C4	2	On-screen keyboard	3.4 (3.3; 3.5)
C4	1	Standard keyboard (mouthstick)	10
C4	2	Speech recognition software	16 (14; 18)
C5	4	On-screen keyboard	3 (2; 7)
C5	6	Standard keyboard	10 (9; 10.3)
C5	2	Speech recognition software	22.5 (21; 24)
C6	9	Standard keyboard	7.5 (7; 10)
C6	1	Speech recognition software	17
C7	7	Standard keyboard	8 (7.8; 14)
C8	1	Standard keyboard	6

Abbreviations: AIS, ASIA Impairment Scale; IQR, interquartile range; TIS, text input speed; w.p.m., words per minute.

the level of lesion ($P=0.41$) and no interactions between computer access device and the level of lesion ($P=0.83$).

DISCUSSION

The aims of this study were to evaluate TIS in a sample of persons with tetraplegia, and to study the influence of personal characteristics and the type of computer access device on TIS.

This study is the first to provide data regarding TIS in persons with cervical SCI. Moreover, the sample included is the largest in the literature for this type of study. The results showed that TIS was significantly lower for participants with cervical SCI compared with that for able-bodied participants. This is in accordance with results in the literature from studies of persons with a variety of pathologies.[9]

Surprisingly, there was no influence of the characteristics of participants with cervical SCI on TIS. We had hypothesized that characteristics such as education level, duration of computer use and word processing use would influence TIS. In the literature, no studies have evaluated the effect of these characteristics on TIS. The closest-related study evaluated visuospatial tasks and showed that men performed them better than women.[14] Another study showed that people with SCI who have a higher level of education use Internet more.[16] It is possible that a high level of education is related to greater computer use and facilitates the use of Internet. The results of this study, however, suggest that these characteristics do not influence TIS.

The type of computer access device was, however, found to affect TIS, confirming results in the literature.[5,7] This is likely to be related to the fact that the different types of device are designed for use by persons with different levels of motor ability. For example, the voice recognition system, which is mostly used by persons with high levels of tetraplegia, is actually associated with a higher TIS compared with a virtual keyboard used by persons with lower levels of tetraplegia.

Surprisingly, the results showed that there was no correlation between TIS and lesion level. The most likely explanation is that speech recognition software, used by several participants with high tetraplegia, compensates well for motor difficulties related to the level of injury, leading to a higher TIS. The TIS of participants who used voice recognition software was close to that of able-bodied participants. This would suggest that voice recognition software may be the solution of choice for people with cervical SCI, particularly those with high tetraplegia. However, this result must be interpreted with caution. Participants sat in a quiet room to carry out the evaluation. This situation does not always correspond to real life. For example, in a noisy home environment (with music, television and other people), the use of such software may be compromised. Moreover, voice recognition software requires a high investment in terms of learning time.[17] After 10 min of voice recording, it is necessary to learn the most appropriate manner in which to dictate to the software. For example, based on our clinical experience, it is preferable to formulate the sentence mentally before saying it aloud. Similarly, it is necessary to learn command words to correct errors and to navigate within the text. In our experience, this learning period can take from several hours to several days depending on the person. If persons are left to learn alone, they may become discouraged. Indeed, in an unpublished study carried out by our team in 22 participants with cervical SCI, voice recognition software was abandoned by 27% of users in the first 6 months. In all cases, participants with cervical SCI who abandoned the use of voice recognition software also had another computer access device. Furthermore, we found that the dropout rate for speech recognition software was halved if participants received training. Lack of training and support from health-related professionals is the most cited reason for abandoning this device. Another hypothesis is that people prefer devices that are more adapted for internet use.

Interestingly, the participant with the highest TIS had a C4 A/B SCI. He used a standard keyboard and a mouthstick to input text. This suggests that it may be easier to input text using head movements when the neck muscles are intact, compared with the use of the upper limbs when several upper limb muscles are nonfunctional as in C6, C7 or C8 A/B SCI. The impaired control of the upper limbs may lead to text input errors and a low TIS. However, it is difficult to conclude regarding this point, as the sample only included one participant with high tetraplegia who used this method.

Limitations

The results of this study should be interpreted with caution because of the small number of participants in each subgroup with cervical SCI. To avoid even smaller subgroups, we chose not to allow the use of word prediction software during the assessments. Word prediction software can be used with both on-screen and standard keyboards. It is not a computer access device, but it is designed to optimize TIS. However, it may be interesting to study the influence of such software on TIS in future studies. The regular use of word processing by some participants could have increased their text input ability and therefore influenced their TIS. Further studies are necessary to assess the influence of this specific point. However, it must be noted that this study included the largest sample of patients with cervical tetraplegia in the literature.

Supplement material area

The data did not follow a normal distribution, and we therefore used the Scheirer–Ray–Hare test (nonparametric equivalent of the two-way analysis of variance). However, our data were close to a normal distribution and analysis of variance are known to be 'robust' to violations of the normality assumption. Therefore, sample data might deviate considerably from normality but the test will still yield an appropriate conclusion regarding the null hypothesis[18,19]. Therefore, the results of the present experiment were verified using a two-way analysis of variance with the level of lesion as the independent factor and age, gender, laterality, level of education, time since SCI, duration of computer use, word processing system used, computer access device used and the duration of use of the access device as dependent factors. The results of this complementary analysis yielded the same results as the Scheirer–Ray–Hare test. We are thus confident that our results are robust.

CONCLUSION

This is the first study to determine TIS in participants with cervical SCI and to evaluate the effect of participant characteristics on TIS. Our results showed that no characteristics influenced TIS, not even the level of lesion. However, the type of computer access device did influence TIS. TIS was highest for participants who used speech recognition systems; however, this device has some drawbacks. We propose that prescription of this device should be more widespread; however, users should be given appropriate training to gain the benefits of the system. It may be useful to advise patients to use several types of access devices depending on their computer needs. It is important to spend time to choose the most appropriate device for each individual to improve TIS, as the results of this study showed that the type of device influenced TIS. Equally, future studies of TIS should take the type of access device into account, rather than the level of the lesion.

The results of this study provide reference data of TIS for patients with cervical SCI, which can be used as a base for further studies on computer use in people with cervical SCI, such as the evaluation of rehabilitation methods.

DATA ARCHIVING

There were no data to deposit.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

ACKNOWLEDGEMENTS

We sincerely thank all those who participated in this study. This research is supported by the Paul Bennetot Fondation (Matmut Group Foundation).

1 Folan A, Barclay L, Cooper C, Robinson M. Exploring the experience of clients with tetraplegia utilizing assistive technology for computer access. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2015; **10**: 46–52.
2 Laffont I, Biard N, Bouteille J, Pouplin S, Guillon B, Bernuz B *et al.* Tétraplégie: solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l'atteinte des membres supérieurs. *La Lett Méd Phys Réadapt* 2008; **24**: 113–121.
3 Guttmann L. Spinal Cord Injuries, Comprehensive Management and Research, 1st ed. Blackwell Science: Oxford, UK, 1973.
4 Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2002; **10**: 1–10.
5 Dalton JR, Peterson CQ. The use of voice recognition as a control interface for word processing. *Occup Ther Heal care* 1997; **11**: 75–81.
6 Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. *Augment Altern Commun* 1996; **12**: 155–168.
7 Lau C, Leary SO. Comparison of computer interface devices for persons with severe physical disabilities. *Am J Occup Ther* 1993; **47**: 1022–1030.
8 Devries RC, Deitz J, Mailing W. A comparison of two computer access systems for functional text entry. *Am J Occup Ther* 1998; **52**: 656–665.
9 Le Pévédic B. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS. Thesis, Nantes, France, 1997.
10 Pouplin S, Robertson J, Antoine J, Blanchet A, Kahloun JL, Engineer D *et al.* Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. *J Rehabil Res Dev* 2014; **51**: 467–480.
11 Kim D, Lee B, Lim SE, Kim D, Hwang S, Il, Yim Y *et al.* The selection of the appropriate computer interface device for patients with high cervical cord injury. *Ann Rehabil Med* 2013; **37**: 443–448.
12 Koester HH, Lopresti E, Simpson RC. Toward automatic adjustment of keyboard settings for people with physical impairments. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2007; **2**: 261–274.
13 Stronge AJ, Rogers WA, Fisk AD. Web-based information search and retrieval: effects of strategy use and age on search success. *Hum Factors* 2006; **48**: 434–446.
14 Cherney I. Sex differences in effects of testing medium and response format on a visuospatial task. *Percept Mot Skills* 2010; **110**: 809–824.
15 Wobbrock JO, Myers BA, Hall MG. *In-Stroke Word Completion*. Human–Computer Interact Institute: Montreux, Switzerland, 2006.
16 Matter B, Feinberg M, Schomer K, Harniss M, Brown P, Johnson K. Information needs of people with spinal cord injuries. *J Spinal Cord Med* 2009; **32**: 545–554.
17 Koester HH. Usage, performance, and satisfaction outcomes for experienced users of automatic speech recognition. *J Rehabil Res Dev* 2004; **41**: 739.
18 De Carlo L. On the meaning and use of kurtosis. *Psychol Methods* 1997; **2**: 292–307.
19 West S, Finch JF, Curran PJ. Structural equation models with non-normal variables: problems and remedies. In: Hoyle RH (ed). *Structural Equation Modeling: Concepts, Issues and Applications*. SAGE Publications Inc: Thousand Oaks, CA, USA, 1995.
20 Mackenzie IS. SAK : scanning ambiguous keyboard for efficient one-key text entry. *ACM Trans Comput Interact* 2010; **17**: 1–39.
21 Mankowski R, Simpson RC, Koester HH. Validating a model of row–column scanning. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2013; **8**: 321–329.
22 Garrett JT. Using speech recognition software to increase writing fluency for individuals with physical disabilities. *J Special Educ Technol* 2011; **26**: 25.

I. 3. Résultats complémentaires.

I. 3. 1. Objectif.

Dans l'objectif de clarifier les résultats de l'article présentant l'étude 2, des analyses complémentaires ont été réalisées.

I. 3. 2. Participants.

21 personnes valides ont été incluses en sus des 35 personnes tétraplégiques.

I. 3. 3. Méthodes

Les participants ont été mis en situation de copie de texte sur l'outil informatique sur une durée totale de 10 minutes.

I. 3. 4. Mesures

La vitesse de saisie de texte a été calculée en prenant en compte le nombre de caractères saisis en 10 minutes, divisés par 10 incluant la ponctuation, et les espaces. Les backspaces, la sélection des erreurs et le temps de correction n'était pas pris en compte. Les résultats obtenus en caractères par minutes ont été divisés par 6,3 (nombre moyen de caractères par mot dans le texte copié + un espace) afin d'obtenir un résultat formulé en nombre de mots par minute.

I. 3. 5. Analyse statistique

Les différences entre les différents sous-groupes (personnes tétraplégiques versus personnes valides) ont été analysées avec un test apparié de Wilcoxon. Pour l'analyse des effets des caractéristiques personnelles des personnes valides sur leur vitesse de saisie de texte, une série de 6 ANOVA à un facteur a été réalisée. Les facteurs étudiés ont été respectivement l'âge, le genre, la latéralité, le niveau d'études, les années d'utilisation de l'outil informatique, la fréquence d'utilisation du traitement de texte. Ces tests ont été réalisés grâce au logiciel SATISTICA V10 StatSoft. Inc software (Tulsa, USA). Le seuil de significativité a été fixé à p=0,05.

I. 3. 6. Résultats

Pour rappel, la vitesse de saisie de texte médiane chez les personnes tétraplégiques est de 8.7 [6.4; 13.6] mots par minute et pour les personnes valides de 18.6 [14.3; 23.6] mots par minute. Cette différence est statistiquement significative (***P=0,001***).

L'ANOVA à un facteur montre un effet significatif de l'utilisation du traitement de texte sur la vitesse de saisie de texte (F(2,18)=6,7 ; ***P=0,006***). Par contre, l'ANOVA à un facteur ne montre pas d'interaction de l'âge, du genre, de la latéralité, du niveau d'études, des années d'utilisation de l'outil informatique sur la vitesse de saisie de texte.

Le tableau suivant présente les vitesses de saisie de texte des personnes tétraplégiques et des personnes valides en fonction de leurs caractéristiques personnelles (Tableau 9).

TABLEAU 9 : VITESSE DE SAISIE DE TEXTE (WPM) CHEZ LES PERSONNES TETRAPLEGIQUES ET VALIDES.

		Vitesse de saisie de texte (wpm) Médiane (InterQuartile)		P value
		Personnes Tétraplégiques	Personnes Valides	
Genre	H	10.8 [7.2;12.9]	22.5 [17.5;29.7]	***P=0.04*** †
	F	18.4 [13.21.4]	28.7 [24;30.5]	p=0.06
Age (années)	18-40	11.3 [6.3;20.3]	25.8 [19.9;33.2]	***P=0.008*** †
	40-60	11 [9.3;16;2]	18.8 [13.4.23.5]	***P=0.02*** †
Niveau de Tétraplégie	Haute (C4 / C5)	12.2 [4.5;13]	N/A	N/A
	Basse (C6 / C7 / C8)	10.4 [9.3;18]	N/A	N/A
Niveau d'études (années)	≤12	10.4 [7.2;12]	16.7 [13.4;20]	p=0.34
	≥13 to <15	8.8 [6;9.4]	24.6 [22.4;29.7]	***P=0.02*** †
	≥15	13.2 [12.2;19.6]	32.2 [28.6;33.2]	***P=0.007*** †
Fréquence d'utilisation des Traitements de Texte	Occasionnelle	10.3 [8.1;16.2]	18.9 [16.5;24.4]	***P<0.001*** †
	Régulière	12.9 [8;18.4]	31.4 [28.7;35.7]	***P=0.007*** †
Interfaces d'accès à l'outil informatique	Reconnaissance vocale	23 [21.4;26.9]	N/A	N/A
	Clavier Virtuel	4.3 [3.4;4.5]	N/A	N/A
	Clavier Physique	10.7 [9.1;13]	23.5 [18.1;29.7]	***P<0.001*** †

†Différences significatives. H : Homme ; F : Femme ; Régulière (> 3 fois par semaine) ; Occasionnelle (≤ 3 fois par semaine)

I. 4. Synthèse

L'objectif de cette étude était d'étudier la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques et l'influence des interfaces d'accès à l'outil informatique ainsi que les caractéristiques des personnes sur cette même vitesse de saisie de texte.

Les résultats montrent une **vitesse de saisie de texte significativement plus lente chez les personnes tétraplégiques que chez les personnes valides**. Par contre, nous ne trouvons **pas d'influence des différentes caractéristiques des personnes tétraplégiques (âge, niveau d'études, par exemple) sur la vitesse de saisie de texte**. En revanche, nos résultats indiquent que **l'interface d'accès à l'outil informatique influe sur la vitesse de saisie de texte alors que le niveau lésionnel n'a pas d'influence**. Les résultats de cette étude semblent indiquer que plutôt de réfléchir par niveau lésionnel pour les personnes tétraplégiques pour l'étude de la vitesse de saisie de texte, il semble plus judicieux de l'aborder en fonction des interfaces d'accès utilisées. Par ailleurs, nos résultats indiquent que **certaines solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte telle la reconnaissance vocale peuvent être une solution afin d'annuler les effets de la déficience.**

Concernant les personnes valides, nous retrouvons une influence de la fréquence d'utilisation du traitement de texte sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, chez les personnes tétraplégiques, nous n'avons pas retrouvé cette influence. Il est possible que, pour les personnes tétraplégiques, les difficultés motrices soient si importantes qu'elles annulent un effet potentiel de cette caractéristique personnelle sur leur vitesse de saisie de texte. Au final, **ces différences d'influence entre les deux populations suggèrent que les résultats des études sur la vitesse de saisie de texte obtenu chez des sujets « sains » ne peuvent pas être transposables aux patients tétraplégiques. Par conséquent, ces résultats confortent l'idée que des études spécifiques doivent être menées chez les personnes en situation de handicap.**

II. ETUDE 2 : EFFETS D'UN CLAVIER DYNAMIQUE ET D'UN LOGICIEL DE PREDICTION DE MOTS SUR LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE AUPRES DE PERSONNES TETRAPLEGIQUES FONCTIONNELLES.

II. 1. Présentation

Les claviers virtuels dynamiques ont été développés dans l'objectif de réduire le nombre de sélections nécessaires et le temps de latence entre deux sélections pour les personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs ayant un accès par défilement à l'outil informatique. Pour les personnes utilisant un dispositif de pointage, le déplacement du curseur sur le clavier virtuel est réduit afin de diminuer le coût moteur engendré par la saisie de texte. Certaines études rapportent une amélioration de la vitesse de saisie de texte lors de leur utilisation versus un clavier AZERTY/QWERTY standard (Ward et al., 2000) (Merlin and Raynal, 2010a) (Schadle et al., 2002). En pratique clinique, certains claviers dynamiques sont préconisés par les ergothérapeutes même si ces préconisations restent rares. Néanmoins, très peu d'études ont évalué l'effet de ces claviers sur la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de handicap sur une longue durée.

Une deuxième méthode pour augmenter la vitesse de saisie de texte est d'utiliser les logiciels de prédiction de mots. Comme nous l'avons dit précédemment, l'étude de la littérature montre que l'amélioration des performances à la saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots pour les personnes en situation de handicap est discutable (Bérard and Niemeijer, 2004) (Koester, 2000) (Laffont et al., 2007) (Vigouroux et al., 2004).

Ainsi, dans cette étude, nous voulions vérifier l'apport d'un clavier dynamique, d'un logiciel de prédiction de mots ainsi que la combinaison des deux systèmes sur la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de handicap. De même, en objectif secondaire, nous voulions vérifier l'apport d'un entraînement libre sur ces logiciels à domicile sur cette même vitesse de saisie de texte. Cette étude devait confirmer

l'intérêt d'étudier les logiciels de prédiction de mots plutôt que les claviers dynamiques ainsi que les programmes d'entraînement sur ces logiciels.

Par conséquent, dans cette étude, les paramètres du logiciel de prédiction de mots seront utilisés par défaut. Il ne s'agit pas de comparer l'influence de ces paramètres sur la vitesse de saisie de texte, mais bien d'observer l'utilisation du logiciel de prédiction de mots en condition standard réelle.

II. 2. L'étude

Effets d'un clavier dynamique et d'un logiciel de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte auprès de personnes tétraplégiques fonctionnelles.

Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia.

Samuel Pouplin, Johanna Robertson, Jean-Yves Antoine, Antoine Blanchet, Jean-Loup Kahloun, Philippe Volle, Justine Bouteille, Frédéric Lofaso, Djamel Bensmail

Article publié dans

Journal of Rehabilitation Research and Development

Vol. 51, Number 3, 2014.

JRRD Volume 51, Number 3, 2014
Pages 467–480

Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia

Samuel Pouplin, OT, MSc;[1–3*] Johanna Robertson, PT, PhD;[2–3] Jean-Yves Antoine, PhD;[4] Antoine Blanchet, DI;[5] Jean Loup Kahloun, Development Engineer;[5] Philippe Volle, Director;[6] Justine Bouteille, OT;[1–3] Frédéric Lofaso, MD, PhD;[2–3,7] Djamel Bensmail, MD, PhD[1–3]
[1]New Technologies Plate-Forme and [2]Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France; [3]EA 4497 and Technological Innovations Centre (Inserm U 805), Versailles St-Quentin-en-Yvelines University, Garches, France; [4]Computer Lab, François Rabelais University, Tours & Lab-STICC, CNRS, Lorient, France; [5]In Vienetis Inc, Paris, France; [6]IN'TECH INFO, ESIEA, Ivry sur Seine, France; [7]Physiology–Functional Testing Ward, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France

Abstract—Information technology plays a very important role in society. People with disabilities are often limited by slow text input speed despite the use of assistive devices. This study aimed to evaluate the effect of a dynamic on-screen keyboard (Custom Virtual Keyboard) and a word-prediction system (Sibylle) on text input speed in participants with functional tetraplegia. Ten participants tested four modes at home (static on-screen keyboard with and without word prediction and dynamic on-screen keyboard with and without word prediction) for 1 mo before choosing one mode and then using it for another month. Initial mean text input speed was around 23 words per minute with the static keyboard and 12 words per minute with the dynamic keyboard. The results showed that the dynamic keyboard reduced text input speed by 37% compared with the standard keyboard and that the addition of word prediction had no effect on text input speed. We suggest that current forms of dynamic keyboards and word prediction may not be suitable for increasing text input speed, particularly for subjects who use pointing devices. Future studies should evaluate the optimal ergonomic design of dynamic keyboards and the number and position of words that should be predicted.

Key words: assistive technology, computer, dynamic keyboard, learning, quadriplegia, satisfaction, self-help devices, text input speed, virtual keyboard, word-prediction system.

INTRODUCTION

Computers now play an important role in the lives of most individuals. They are used for recreational purposes (e.g., multimedia and games), work, and communication (e.g., Internet, email, instant messages) [1]. Access to computers is crucial for people with disabilities and may improve their quality of life [2]. The use of computers can facilitate mainstreaming at school, for example, and the Internet may provide a valuable means of communication [3–4]. However, the use of computers requires a certain degree of motor ability. People with motor disabilities frequently experience difficulties using a standard keyboard and standard pointing input systems such as a mouse. Many solutions exist to facilitate computer

Abbreviations: CVK = Custom Virtual Keyboard, SD = standard deviation, VAS = visual analog scale, wpm = words per minute.

***Address all correspondence to Samuel Pouplin, OT, MSc; Ergothérapeute MSc, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France +33147107061; fax: +33147107063.**
Email: samuel.pouplin@rpc.aphp.fr
http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0094

VA HEALTH CARE Defining EXCELLENCE in the 21st Century

access, depending on the person's specific impairments and the purpose for which the computer is used [5–8]. The most common solution relies on the use of a virtual keyboard that is directly displayed on the computer screen. The selection of the desired key on the virtual keyboard can be handled by a large variety of input devices, from a microgravity mouse to single switch devices supplemented by a process of dynamic scanning of the keyboard.

Although such assistive devices render computers accessible to people with disabilities, the actual inputting of text can be very slow. In a review of the literature, Le Pévédic found that nondisabled subjects typing with one finger had a text input speed of 11 words per minute (wpm), which increased to 15 wpm with several fingers; secretaries (using 10 fingers) had a speed of 25 wpm [9]. For subjects with disabilities using an assistive device, text input speed was only 5 wpm. Over the past few years, attempts have been made to develop systems to improve text input speed.

One method is to optimize the layout of standard keyboards [10] and static on-screen keyboards, for example based on bigrams of words, in order to reduce the number of movements necessary when using pointing devices or the number of selections necessary when using switches. Simulation studies have shown that optimizing the layout of the keyboard can increase text input speed by 36–55 percent compared with a QWERTY keyboard [11–12]. A study in five nondisabled subjects using pointing devices to input text on an optimized OPTI keyboard showed that the optimization of the position of the letters increased text input speed by 35 percent compared with a QWERTY keyboard [13], likely because the distance between letters was reduced, although some learning time was required.

Ambiguous and dynamic keyboards have also been developed to increase text input speed. Ambiguous keyboards combine several letters on the same key, like on mobile telephones. For people using pointing devices, this reduces the displacement between two keys and therefore reduces the motor cost. Equally, for persons who scan, the time necessary to select the key is reduced [14].

Lesher et al. showed the importance of the position of the letters on ambiguous keyboards independently from the prediction algorithm using a simulation [15]. For subjects using pointing devices, Vigouroux et al. evaluated nondisabled subjects and subjects with disabilities and found that for both groups, text input speed was faster using an AZERTY keyboard than a T9 ambiguous keyboard [16]. For subjects using scanning systems, a simulation by Harbusch and Kühn found a reduction of 53–60 percent in the number of selection steps when using an ambiguous keyboard compared with an optimized keyboard, whatever the type of scanning system used (linear scanning or row-column scanning methods) [17]. However in the case of row-column scanning, the improvement was smaller (10%). Although ambiguous keyboards reduce the number of selection steps, the motor cost is greater because of the greater number of selection clicks necessary [14].

In dynamic keyboards, the layout of the keyboard is altered at each key press so that the characters most likely to follow are positioned around the one that has just been typed. For people who use scanning devices, dynamic keyboards have been shown to reduce the number of key selections necessary or the latency between two selections; for people using pointing devices, dynamic keyboards have been shown to reduce the displacement of the cursor. Text input speed has been shown to be the same using a dynamic keyboard as a QWERTY keyboard in nondisabled subjects [18] and to increase by 20 percent in subjects with disabilities using pointing devices with a dynamic Spreadkey keyboard compared with a QWERTY keyboard [19]. However, in a study which included persons who scan, Schadle et al. found an increase of 32 percent for text input time and 50 percent for the number of validations using a dynamic (linear) scanning system in comparison with a keyboard with a frequency-based organization line/column in a simulation study [20]. However, very few studies have evaluated the effect of such keyboards on text input speed in participants with motor disability over a long duration.

Another method to increase text input speed is to display words that are predicted from the letters previously typed. Word prediction reduces the number of necessary key strokes by avoiding having to type the whole word. Indeed, Higginbotham found keystroke savings of 31–48 percent in a simulation study using word prediction in five different types of communication software for people with disabilities [21]. The effect on text input speed is, however, uncertain and results in the literature are inconclusive. In the case of pointing devices, Anson found that when nondisabled subjects use a physical keyboard, there is a reduction in text input speed if they use word prediction (mean 49.55 wpm reduced to mean 13.95 wpm) [22]. However, when nondisabled subjects

use a virtual keyboard, text input speed increases from 8.7 wpm without word prediction to 9.4–11.2 wpm with word prediction. Similarly, Koester and Levine found that word prediction did not improve text input speed in nondisabled subjects using a physical keyboard and reduced text input speed by 41 percent in subjects with spinal cord injury [23]. With regard to scanning systems, Koester and Levine found that word prediction reduced text input speed in nondisabled subjects (by 8.2%) [24–25]. Heckathorne et al. showed that the greater the visual search time (related to the number of predicted words presented), the greater the reduction in text input speed in three subjects with disabilities [26].

The aim of this study was to carry out a preliminary evaluation of a dynamic on-screen keyboard and a word-prediction system (Custom Virtual Keyboard [CVK]) on text input speed in participants with functional tetraplegia using the systems at home for 2 mo. The CVK was developed by our team and is available free of charge (**Figure 1**).

We hypothesized that both word prediction and the dynamic keyboard would increase text input speed and, thus, the combination of both systems would further increase text input speed.

METHODS

Participants

Participants with functional tetraplegia seen at the Physical Medicine and Rehabilitation department of the Raymond Poincaré Teaching Hospital (Garches, France) between 2005 and 2010 were contacted by telephone to determine whether they fulfilled the inclusion criteria and wished to participate. Participants were included if they were over 18 yr old, had functional tetraplegia (e.g., due to locked-in syndrome, myopathy, or cervical spinal cord injury), regularly used an on-screen static AZERTY keyboard based on a personal computer with Windows (Microsoft Corp; Redmond, Washington) (the only operating system that can accommodate the CVK at present), and were not regular users of dynamic keyboards or word prediction. Participants had home access to the Internet and lived in or near Paris, France. Participants were excluded if they had cognitive, linguistic, or visual impairments preventing the use of a computer.

Materials

This study was carried out on the CVK, which was developed by our team and is available as open-source software (**Figure 1**).

Text input using the CVK can be achieved using pointing devices or, for participants with too little motor capacity to use a pointing device, via automatic scanning. When a pointing device is used, the user positions the cursor using a pointing device over the desired virtual key and then validates the choice. This type of mode fits, for instance, the needs of people with functional tetraplegia who use a head pointing device. For people who can only control their physical environment by means of a single switch, an automatic process enables the cursor to successively scan all the relevant positions of the screen. When the intended key is reached by the cursor, the user validates that key using a switch. This form of text input is, however, very slow. Two types of automatic scanning modes were used in this study: row-column and linear. The row-column mode significantly reduces the number of cursor shifts needed to reach the intended key but requires two keystrokes (line and column) to select each item, thus increasing the physical effort of the user. Linear scanning requires only a single keystroke because all the keys are systematically scanned successively. When used with a static AZERTY keyboard, text input speed is

Figure 1.
Custom Virtual Keyboard on-screen keyboard.

therefore dramatically reduced if the intended key is situated at the end of the keyboard.

Two types of keyboards exist within the CVK: a standard on-screen static AZERTY keyboard and a dynamic on-screen keyboard. The dynamic mode is based on the Sibylle augmentative and alternative communication system [27] and consists of an automatic rearrangement of the characters on the keyboard after each selection such that the characters that are most likely to be typed next are displayed next to the character that has just been typed, taking into account the previously selected letters. This rearrangement is achieved by the stochastic letter prediction module of Sibylle, which was trained on a large corpus of around 100 million words. **Figure 2** illustrates this dynamic modification of the keyboard display (English version of Sibylle) when the user tries to write the word *three*. At first, the letters are set in the following order: *t*, *a*, *i*, *s*, *o*, etc. The letter *t* is the most frequent letter that begins a word in the trained corpus. When, the user selects the letter *t*, the keyboard is automatically rearranged in the following new order: *h*, *o*, *r*, *e*, *a*, etc. Here, the letter *h* is proposed first because it is the most likely to occur after the letter *t*. In other words, the conditional probability $P(l_i \mid l_{i-1} = t)$ is maximum, with $l_i = h$. The letter prediction module of the CVK is based on a 5-g language model $P(l_i \mid l_{i-1}, l_{i-2}, l_{i-3}, l_{i-4})$, which means that the system considers the last four selected letters for the reorganization of the keyboard layout.

Theoretically, this dynamic keyboard should speed up the access time to the intended key and thus increase text input speed. As noted in the introduction, text input speed can also be increased by means of word prediction in order to reduce the number of keystrokes required.

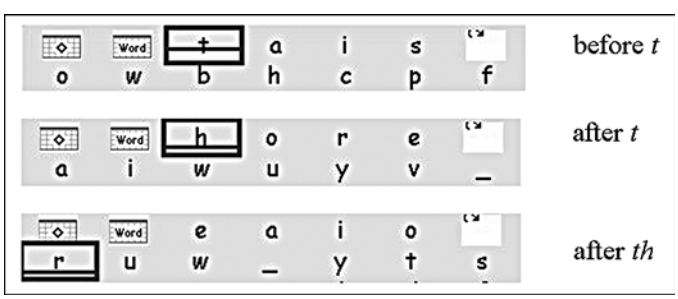


Figure 2.
Rearrangement of dynamic keyboard (central part of keyboard shown). (English version of Sibylle.)

The CVK (**Figure 1**) includes a word-prediction module that is based on SibySem, a context-sensitive prediction module that has been shown to reach state-of-the-art performance in French, English, and German [28]. This module is not based on a simple dictionary like standard commercial systems. It is based on a language model that considers the last two words already typed as well as the semantic context of the message. New words are learned dynamically by the system as input continues. Moreover, the system gradually learns the language style of the user. This prediction system is innovative in that word prediction is based on the lexical meaning of the sentence. This characteristic allows the prediction to adjust dynamically to the current topic of interest. Experiments with participants have shown that the word-prediction system can achieve about 60 percent keystroke savings [28] when five predicted words are displayed at a time.

The prediction list is displayed horizontally at the top of the virtual keyboard in **Figure 1** (*bien*, *beaucoup*, *bon*, etc.) and vertically on the left of the keyboard in **Figure 3**.

Custom Virtual Keyboard Modes

In this study, four different modes of the CVK software were compared:

- Static on-screen keyboard.
- Static on-screen keyboard with word prediction.
- Dynamic on-screen keyboard.
- Dynamic on-screen keyboard with word prediction.

The static mode consisted of a virtual keyboard with the standard AZERTY layout. The static+word-prediction mode consisted of this virtual AZERTY keyboard coupled with the Sibylle word-prediction system. The word-prediction display was located at the top of the on-screen keyboard and presented seven words (**Figure 1**). The scanning system integrated within the static keyboard was row-column. The dynamic mode consisted of a virtual keyboard whose layout changed after each character input to display the characters most likely to be selected next. In the dynamic+word-prediction mode, Sibylle was used in addition to the dynamic keyboard. The word-prediction display was located to the left of the dynamic keyboard and presented five words (**Figure 3**). The scanning system integrated within the dynamic keyboard was linear.

Study Design

This was a pilot study for which ethical approval was not necessary according to French law, because it was an evaluation of usual practice.

Figure 3.
Custom Virtual Keyboard dynamic on-screen keyboard with word-prediction list on left (French version).

The study was carried out over 2 mo. The CVK was downloaded on each participant's computer. The participants used their usual interfaces (e.g., trackball, switch, mouse, joystick, or head-controlled device). Specific software was coupled with the CVK to record quantitative data, such as software use in hours per day and number of characters typed.

An experienced occupational therapist (S. Pouplin) spent 1 h with each participant to explain the function of the four study modes. The rationale behind word prediction and dynamic keyboards was explained, but subjects were not given specific guidelines or strategies regarding their use. During the first month, the participants tested the four CVK modes.

The modes opened randomly with each CVK session. However, the participants could close the currently opened mode, thus obtaining access to another mode, and could therefore completely avoid the use of one or more modes should they wish to. This choice was made because we felt it was unfair to limit the participants to the use of a mode that they found restrictive. We were conscious that times of use during the study were therefore likely not to be equal.

At the end of the first month, the occupational therapist returned to the participant's home to carry out the assessment. The participant then chose the mode he or she preferred and used it for the next month.

Assessment

Three evaluation sessions were carried out: at baseline (D0), at the end of the first month (D30), and at the end of the second month (D60) (**Figure 4**).

All the modes of the CVK were evaluated in a random order at D0 and D30. For the assessment at D60, only the chosen CVK mode was evaluated. During the evaluation sessions, input speed during a copying task was evaluated with a 400-word text that the participant was asked to type in less than 10 min. Participants were instructed to use the word prediction and the dynamic keyboard as desired; i.e., no instructions regarding strategies of use were given. Four texts of similar complexity were used, drawn from national newspapers with an average word length of 5.3 characters ± 0.3 (standard deviation [SD]). The texts were randomly allocated in order to ensure that the same text was not associated with the same CVK mode.

Outcome Measures

During the three evaluations, the text input speed (calculated as time taken to copy the text/number of characters typed, including punctuation marks and spaces but not including backspace, selection errors, and correction times) was calculated for each mode at each session. At the D30 and D60 evaluations, satisfaction was evaluated using a 0–10 visual analog scale (VAS). On D30, the participants were asked to classify the four modes in order of their preference.

In addition to these evaluation sessions, the CVK automatically recorded time of use of the device by the participants in their home environments outside of the evaluation sessions. The recording began as soon as the cursor of the mouse moved in the zone of the on-screen keyboard and stopped when the cursor moved out of the keyboard area or was static over the on-screen keyboard

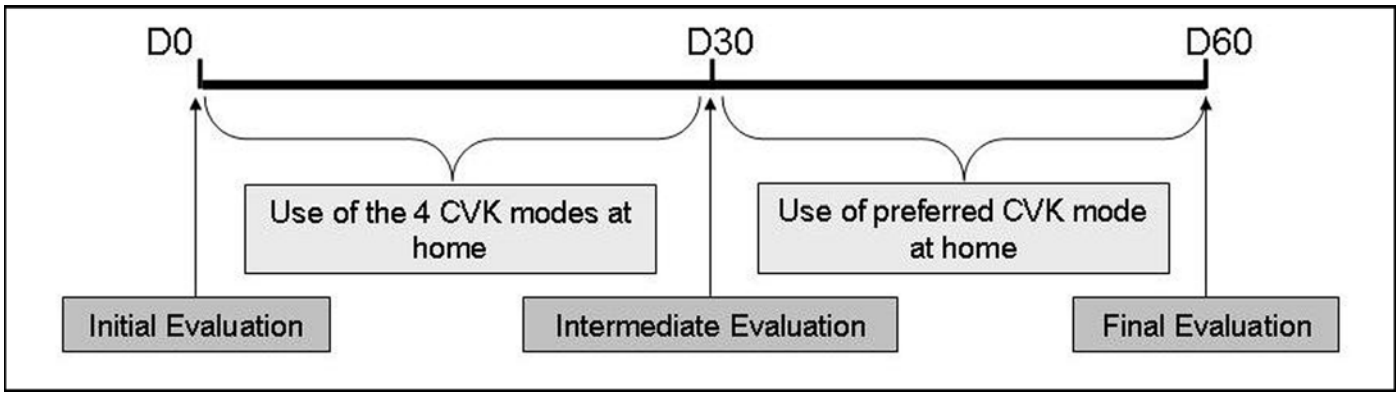


Figure 4.
Three evaluations and use at home. CVK = Custom Virtual Keyboard, D0 = baseline, D30 = end of first month, D60 = end of second month.

for 2 s. For participants who used a scanning system, the recording was stopped at the end of three runs without a selection.

Data Analysis

To compare the effect of the four modes on text input speed, we performed repeated-measures analyses of variance. Keyboard (static or dynamic), word prediction (yes or no), and evaluation (D0 and D30) were the factors included.

RESULTS

Participants

Ten participants (8 males and 2 females) with a mean ± SD age of 37 ± 10 yr were included. Among them, four had locked-in syndrome, four had myopathies, and two had cervical spinal cord injuries (**Table 1**).

Of the 10 participants, 5 also used their home computer for work. Nine participants used a pointing device to access the computer and one participant used a scanning system (row-column pattern). Of the nine participants who used pointing devices, four used a head-pointing device, four a specific type of pointer operated by the upper limb (e.g., joystick or trackball), and one an eye pointer. Mean ± SD duration of use of the pointing device was 53 ± 37 mo. The habitually used on-screen keyboard was a Windows on-screen keyboard for five participants, a keyboard available by free download for three participants, and a commercially available keyboard for two participants (all were static AZERTY on-screen keyboards). Mean ± SD duration of on-screen keyboard use was 67 ± 67 mo. All the participants had direct prior experience with word-prediction software but not with dynamic keyboards.

Table 1.
Participant characteristics.

Participant	Age (yr)	Sex	Diagnosis	Device
P1	22	Male	Myopathy	Pointing
P2	41	Male	Locked-in syndrome	Pointing
P3	35	Female	Locked-in syndrome	Pointing
P4	26	Female	Myopathy	Pointing
P5	33	Male	Myopathy	Pointing
P6	38	Male	Locked-in syndrome	Pointing
P7	32	Male	Myopathy	Pointing
P8	44	Male	Tetraplegia	Pointing
P9	49	Male	Tetraplegia	Pointing
S1	53	Male	Locked-in syndrome	Scanning

P = participant using pointing device, S = participant using linear scanning.

Usage Time of Each Mode

Table 2 shows the usage time of each mode by each participant. Mean ± SD usage time over the 2 mo period was 100 ± 105 h. At the end of the first month (D30), three participants chose the static mode and six chose the static+word-prediction mode. The remaining participant was the participant who used linear scanning, and he chose the dynamic mode. No participants chose the dynamic+word-prediction mode.

Several participants did not use all four modes during the first month. One participant intensively used the static and static+word-prediction modes (**Table 2**).

Table 2.
Each participant's usage time of Custom Virtual Keyboard (CVK) for four modes over 2 mo study period. Shown as hours (% overall time) for first month and hours (chosen mode) for second month.

Participant	First Month				Second Month
	St	StW	D	DW	
P1	0.3 (5.3)	3.8 (66.7)	0.4 (7.0)	1.2 (21.0)	2.0 (StW)
P2	3.4 (11.0)	23.0 (74.4)	3.8 (12.3)	0.7 (2.3)	21.5 (StW)
P3	15.2 (28.0)	22.1 (40.8)	6.4 (11.8)	10.5 (19.4)	20.5 (StW)
P4	38.5 (78.7)	10.0 (20.5)	0.1 (0.2)	0.3 (0.6)	29.5 (StW)
P5	12.3 (56.9)	0.6 (2.8)	0.1 (0.5)	8.6 (39.8)	0.7 (StW)
P6	101.2 (40.8)	129.3 (52.0)	12.8 (5.2)	5.1 (2.0)	122.0 (St)
P7	41.2 (74.2)	0.1 (0.2)	1.9 (3.4)	12.3 (22.2)	44.4 (St)
P8	0.3 (0.4)	24.3 (29.4)	7.8 (9.5)	50.0 (60.7)	3.0 (StW)
P9	11.7 (19.4)	48.6 (80.5)	0 (0)	0.1 (0.1)	20.1 (St)
S1	0.2 (1.2)	1.7 (10.0)	15.0 (88.2)	0.1 (0.6)	8.5 (D)

D = dynamic CVK mode, DW = dynamic+word-prediction CVK mode, P = participant using pointing device, S = participant using linear scanning, St = static CVK mode, StW = static+word-prediction CVK mode.

Text Input Speed

The optimal use of an unfamiliar on-screen keyboard may require a learning process. We performed longitudinal measurements to evaluate the effects of usage over time (**Tables 3**–**4**). There was no significant change in text input speed across evaluation sessions (p = 0.97; **Table 5**). Neither were there any significant interactions between mode and evaluation session. Consequently, the results of the three evaluations were averaged.

Effect of Mode on Text Input Speed

Use of the dynamic keyboard decreased text input speed by a mean ± SD of 37 ± 27 percent compared with use of the static keyboard (**Figure 5**). This reduction was statistically significant (p = 0.01) (**Table 3**). Use of word prediction had no effect on text input speed (p = 0.82). There were no significant interactions between modes.

We identified no characteristics (i.e., age, sex, type of pointing device, diagnosis, usage time, or time since acquisition of the pointing device) that appeared to be related to whether the dynamic keyboard or word-prediction tool increased or decreased text input speed.

Table 3.
Mean ± standard deviation text input speed (characters/min) for evaluations at baseline (D0) and end of first month (D30) for all participants.

CVK Mode	D0	D30
Static	23.4 ± 12.9	22.6 ± 12.0
Static+Word Prediction	23.0 ± 12.3	21.5 ± 12.0
Dynamic	11.9 ± 4.9	11.6 ± 6.5
Dynamic+Word Prediction	11.5 ± 6.9	12.9 ± 7.6

CVK = Custom Virtual Keyboard.

Table 4.
Mean ± standard deviation text input speed (characters/min) for evaluation at end of second month (D60).

CVK Mode	D60	Participant
Static	12.7 ± 2.2	P6/P7/P9
Static+Word Prediction	24.3 ± 11.3	P1/P2/P3/P4/P5/P8
Dynamic	5.5*	S1
Dynamic+Word Prediction	NA	None

*Only S1
CVK = Custom Virtual Keyboard, NA = not applicable, P = participant using pointing device, S = participant using linear scanning.

Table 5.
Analysis of variance for time input speed and Custom Virtual Keyboard modes.

Effect	p-Value
Time (D0 vs D30)	0.97
Keyboard Type (Static vs Dynamic)	0.01
Word Prediction (With vs Without)	0.82

D0 = baseline, D30 = end of first month.

Participant Satisfaction

Table 6 shows the level of satisfaction of each participant on the VAS. All nine participants who used pointing devices reported greater satisfaction with the static keyboard than with the dynamic keyboard. However, the

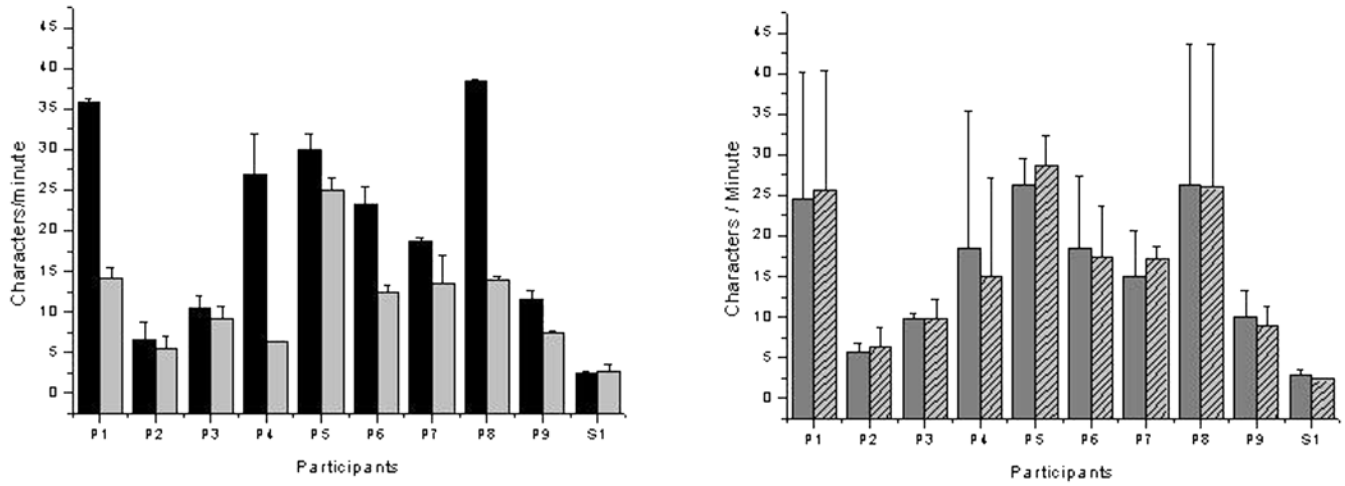


Figure 5.
Text input speed (mean ± standard deviation characters/minute) of three evaluation sessions combined for each participant. Black bar = static on-screen keyboard, light gray bar = dynamic on-screen keyboard, dark gray bar = without word prediction, striped gray bar = with word prediction. P = participant using pointing device, S = participant using linear scanning.

participant who used linear scanning was more satisfied with the dynamic keyboard.

At the end of the study, 9 of the 10 participants reported that they preferred to keep their own on-screen keyboard. A single participant, who used a pointing device, wanted to keep the CVK (in the static+word-prediction mode) instead of the Windows XP keyboard he used previously.

Table 6.
Visual analog scale satisfaction scores (out of 10) at end of first month.

Participant	CVK Mode			
	Static	Static + Word Prediction	Dynamic	Dynamic + Word Prediction
P1	7	6*	2	3
P2	5	6*	3	5
P3	2	5*	2	0
P4	5	4*	1	0
P5	6	7*	5	4
P6	7	7*	0	0
P7	9*	8	4	4
P8	7	6*	0	0
P9	7*	6	3	3
S1	5	6	7*	7

*Mode chosen by each participant for second month of study.
CVK = Custom Virtual Keyboard, P = participant using pointing device, S = participant using linear scanning.

DISCUSSION

The primary aim of this study was to preliminarily evaluate how a dynamic on-screen keyboard and the addition of a word-prediction tool to a static and dynamic on-screen keyboard affected text input speed. We hypothesized that both word prediction and the dynamic keyboard would increase text input speed and, thus, the combination of both systems would further increase text input speed; however, the results showed that our hypotheses were false. The main findings were that use of the dynamic keyboard decreased text input speed compared with the static keyboard and the addition of word prediction neither increased nor decreased text input speed. Most participants preferred to return to their usual keyboards at the end of the study.

Dynamic Versus Standard Keyboard

Dynamic keyboards have existed for several years and are particularly used by people who use scanning systems [26,29] to increase text input speed and communication rate [26,30], although they were also designed for people who use pointing devices [18–19,28]. In 2009–2010, our team developed a dynamic keyboard that was intended for use by users of both scanning systems and pointing devices [28].

The results of our study, although preliminary, suggest that dynamic keyboards may be ill-suited for participants who use pointing devices. Text input speed was decreased by the dynamic keyboard compared with the static keyboard, and only one participant (the participant who scanned) chose to continue using the dynamic keyboard during the second month of the trial, suggesting a lack of subjective benefit in most cases. However, our results contrast with those of Merlin and Reynal, who showed that their dynamic keyboard improved text input speed by 20 percent compared with a static QWERTY keyboard in six participants with disabilities who used pointing systems [19]. This difference may be explained by the fact that the type of prediction system used was different. In their system, the characters that had a low probably of being selected were replaced by those with a high probability, thus creating repetition of these characters across the keyboard and increasing the ease with which they could be selected [19]. In our keyboard, only the position of the character is altered according to its selection probability, requiring the subject to search for the desired character for each selection. Since the disposition of the characters cannot be learned, this may increase the cognitive load of the task [31].

Although there are very few studies on the effects of the design of dynamic keyboards on text input speed in subjects with disabilities, it is likely that the design is important. For example, the layout of static on-screen keyboards has been shown to affect text input speed in nondisabled subjects and subjects with disabilities [16,32–33]. Several studies have also shown that the keyboard layout affects text input speed in nondisabled subjects using scanning systems [31].

Despite the fact that the dynamic keyboard had no effect on his text input speed, the single participant who used linear scanning in our study chose to keep this device during the second study month. This suggests that there was a subjective advantage of this keyboard for this participant. The subjective benefits of dynamic keyboards have previously been described for participants with motor disability who use scanning systems [26]. This advantage of the dynamic keyboard when used with scanning systems requires confirmation in larger numbers of participants who use scanning systems, such as those with amyotrophic lateral sclerosis, locked-in syndrome, and advanced multiple sclerosis.

Effect of Word Prediction

The goal of word prediction is to increase text input speed by eliminating the need to select each letter in the word. Although it has been demonstrated that word prediction reduces the number of keystrokes, at least in nondisabled subjects (by 10.0%–39.6% when coupled with a dynamic keyboard and by 7.9% when coupled with a static keyboard) [31], the effects on text input speed are disparate. The results of our study showed that the addition of word prediction had no effect on text input speed. This result is similar to some results in the literature and contrasts with others. Closer examination of the literature suggests that the different effects of word prediction found may be related to the user population and/or the type of system it is coupled with. Studies in nondisabled subjects have found improvements of approximately 3 wpm when using word prediction with on-screen keyboards but not with standard keyboards [22,34]. Word prediction did not, however, appear to be effective in nondisabled subjects using a scanning system [24]. Koester and Levine found that word prediction slightly improved text input speed in nondisabled subjects using a mouth stick on a standard computer keyboard, while it significantly decreased text input speed (by a mean of 41%) in subjects with high-level tetraplegia [23].

Other studies in participants with disabilities have also found negative results for the use of word prediction. A previous study by our group that evaluated the addition of word prediction in adults with cerebral palsy who used voice synthesizers found no significant improvement for 4 out of 10 participants [35]. In a series of studies involving individuals with spinal cord injury and persons with normal abilities, Koester and Levine found that the word-prediction system reduced the number of key selections necessary; however, each selection took significantly longer to make, leading them to suggest that the cognitive costs of using a word-prediction system overshadowed any potential benefit associated with the method, particularly for the group of subjects with disabilities [23,25].

The effect of word prediction might be influenced by several parameters. Different search strategies can influence input text speed, such as the number of letters the subject types before searching the list [36]. This was not evaluated in the present study because we gave no instructions to the participants with disabilities because we wished to assess spontaneous use. Further studies

regarding this factor would provide useful information to therapists for training subjects with disabilities.

The number of predicted words provided is also likely to be an important factor because of the time required to scan the list. The Sibylle system displays five predicted words at a time. There is a trade-off between the time gained as a result of keystroke savings when using word prediction and the time lost in searching a list of predicted words [36]. A series of studies Koester and Levine suggests that each additional word in the list increases search time by 150 ms [23,25]. In a simulation study, Swiffin (1987) found that beyond six words, the list search time outweighed the keystroke savings [37]. However, at present, there are too few data relating to people with disabilities to determine the optimal number of words that should be displayed for such populations.

Another parameter that may influence the effect of word prediction is the position of the predicted-word list on the screen. We used two positions (a horizontal list above the static keyboard and a vertical list left of the dynamic keyboard), and although they are both frequently used, we do not know what their effect on text entry speed might be. Although there are some indications in the literature that the location of the prediction list might affect the accuracy of text entry and the ease of use of word prediction [38–39], the optimal position remains to be determined.

Interestingly, although word prediction did not improve text input speed, 7 of the 10 participants chose to continue using the word-prediction mode during the second study month, suggesting that they perceived a subjective benefit. They perhaps wanted to have the possibility to use it if they wished. Indeed, some expressed that "I can use it when I need to." Some participants also expressed difficulties in looking for words in the list while paying attention to the keyboard, the text to be copied, the text they were writing, etc., which reflects the notion of a high cognitive load.

Participant Satisfaction

At the end of the study, 9 of the 10 participants reported that they preferred to keep their own on-screen keyboard. We suggest that the reason for this is that the dynamic keyboard perturbed most of the users because they could not learn the position of the letters. With regard to the static keyboard evaluated, the participants already used static AZERTY keyboards and were more familiar with their own. There may also be an element of resistance to change to a new device, termed "path dependence." For example, Dvorak et al. showed that the layout of the QWERTY keyboard was taken from the design of early typewriters and has not changed, despite arguments that other layouts may be more efficient or ergonomic [10]

Limitations

This study has several limitations. The time spent by each participant on each usage mode was not equal, which may have influenced the results. It is possible that with more practice on certain modes, there might have been more improvements. However, the fact that subjects chose not to use certain modes suggests that they did not find them helpful.

The word-prediction dictionary [40] and texts used [21] can also influence text input speed; however, we randomized the texts and Sibylle contains a large dictionary. We thus hope that any effect was limited.

Finally, we did not collect data regarding the use of word prediction in order to analyze the amount of use of the prediction list by each subject. How the prediction list is used can influence text input speed [41]. Equally, the predicted lists were positioned differently for the different keyboards (above and horizontal to the static keyboard and left and vertical to the dynamic keyboard). Although these positions are frequently used, we do not know if they have different effects on text input speed.

CONCLUSIONS

In this preliminary study, the dynamic keyboard and the addition of a word-prediction tool failed to improve text input speed compared with a static on-screen keyboard without word prediction in adults with functional tetraplegia who used pointing devices and scanning systems. These results highlight the importance of testing assistive systems in the participants' everyday setting to ensure that the product under development meets the needs of the future users. The results of this study also raise questions regarding many factors, such as the best ergonomic design of a dynamic keyboard and the optimal number and position of words that should be predicted. Future studies should aim to address these questions in larger numbers of participants who use scanning systems.

ACKNOWLEDGMENTS

Author Contributions:
Conception and design of protocol: S. Pouplin, J. Bouteille.
Analysis and interpretation of data: S. Pouplin, J. Robertson, D. Bensmail.
Drafting of manuscript: S. Pouplin, J. Robertson, J.-Y. Antoine, F. Lofaso, D. Bensmail.
Programmed Sibylle software: J.-Y. Antoine.
Programmed CVK software: A. Blanchet, J. L. Kahloun, P. Volle.
Financial Disclosures: The authors have declared that no competing interests exist.
Funding/Support: This material was based on work supported by the Association Française contre les Myopathies, Alcatel- Lucent, the Fondation Garches, and the Fondation Steria–Institut de France.
Institutional Review: This was a pilot study for which ethical approval was not necessary according to French law, because it was an evaluation of usual practice.
Participant Follow-Up: The authors do not plan to inform participants of the publication of this study because contact information is unavailable.

REFERENCES

1. Bigot R, Croutte P. La diffusion des technologies de l'information dans la société française. Rapport réalisé à la demande du Conseil Général des Technologies de l'Information (Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Emploi) et de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et des Postes [Internet]. Paris (France): Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie (CREDOC); 2009. Available from http://www.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/094000589/index.shtml. French.
2. Boonzaier D. The impact of assistive technologies on the lives of disabled people. In: Mokhtari M, editor. Independent living for persons with disabilities and elderly people. Assistive Technology Research Series. Vol. 12. Amsterdam (the Netherlands): IOS Press; 2003. p. 10–12.
3. Picard R, Souzy JP. Usage des TIC par les participants et les citoyens en situation de fragilité dans leurs lieux de vie, Rapport n°I-2.2–2007. Paris (France): CGTI, Ministère de l'économie, des finances et de l'emploi; 2007. French.
4. Association Nationale pour le Logement des personnes Handicapées [Internet]; Des « TIC » pour tous; 2007. Brussels (Belgium): ANLH; 2007. Available from: http://www.lesfamilles.be/ebooks/brochures_tic_fr/TIC_Brochure_Fr.pdf. French.
5. DeVries RC, Deitz J, Anson D. A comparison of two computer access systems for functional text entry. Am J Occup Ther. 1998;52(8):656–65.
6. Chen YL, Chen WL, Kuo TS, Lai JS. A head movement image (HMI)-controlled computer mouse for people with disabilities. Disabil Rehabil. 2003;25(3):163–67. [PMID:12648006] http://dx.doi.org/10.1080/0963828021000024960
7. LoPresti EF, Brienza DM. Adaptive software for head-operated computer controls. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2004;12(1):102–11. [PMID:15068193] http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2003.822762
8. Pouplin S, Biard N. Informatique et évolutions en termes de compensation de handicap d'origine motrice. In: Izard MH, editor. Expérience en ergothérapie, vingt deuxième série, Rencontres en médecine physique et de réadaptation n°15. Montpellier (France): Sauramps Médical; 2009. p. 286–94. French.
9. Le Pévédic B. Prédiction morphosyntaxique évolutive [doctoral thesis]. [Nantes]: Ecole doctorale Sciences pour l'ingénieur de Nantes; 1997.
10. Dvorak A, Merrick NL, Dealey WL, Ford GC. Typewriting behavior: Psychology applied to teaching and learning typewriting. New York (NY): American Book Company; 1936.
11. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. Proceedings of Human Factors in Computing Systems Conference; 2005 Apr 2–7; Portland, OR. p. 1729–32.
12. Lesher GW, Moulton BJ. A method for optimizing single-finger keyboards. Proceedings of Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America Annual Conference; 2000 Jun 28–Jul 2; Orlando, FL. p. 91–93.
13. MacKenzie IS, Zhang SZ. The design and evaluation of a high performance soft keyboard. Proceedings of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems; 1999 May 15–20; Pittsburgh, PA. p. 25–31.
14. Kushler C. AAC using a reduced keyboard. Proceedings of CSUN Conference on Technology for Persons with Disabilities; 1998 May; California State University, Northridge, CA.
15. Lesher GW, Moulton BJ, Higginbotham DJ. Optimal character arrangements for ambiguous keyboards. IEEE Trans Rehabil Eng. 1998;6(4):415–23. [PMID:9865889] http://dx.doi.org/10.1109/86.736156
16. Vigouroux N, Vella F, Truillet P, Raynal M. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects: able-bodied subjects and disabled motor subjects. Proceedings of 8th European Research Consortium for Informatics and Mathematics Workshop "User Interfaces for All"; 2004 Jun 28–29; Vienna, Austria.
17. Harbusch K, Kühn M. An evaluation study of two-button scanning with ambiguous keyboards. Proceedings of Actes 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe; 2003; Dublin, Ireland.
18. Ward DJ, Blackwell AF, McKay DJ. A data-entry interface using continuous gestures and language model. Proceedings

of 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology; 2000 Nov 6–8; San Diego, CA.

19. Merlin B, Raynal M. Evaluation of Spread Key System with motor impaired users. Proceedings of International Conference on Computers Helping People with Special Needs; 2010 Jul 14–16; Vienna, Austria; Berlin (Germany): Springer; 2010.
20. Schadle I, Antoine J-Y, Le Pévedic B, Poirier F. Sibylettre: Prédiction de lettre pour la communication assistée. Revue d'Interaction Homme-Machine. 2002;3(2):115–33. French.
21. Higginbotham DJ. Evaluation of keystroke savings across five assistive communication technologies. Augment Altern Commun. 1992;8(4):258–72. http://dx.doi.org/10.1080/07434619212331276303
22. Anson D. The effect of word prediction on typing speed. Am J Occup Ther. 1993;47(11):1039–42. [PMID:8279499] http://dx.doi.org/10.5014/ajot.47.11.1039
23. Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. Augment Altern Commun. 1996;12:155–68. http://dx.doi.org/10.1080/07434619612331277608
24. Koester HH, Levine SP. Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and without word prediction. Assist Technol. 1994;6(1):42–53. [PMID:10147209] http://dx.doi.org/10.1080/10400435.1994.10132226
25. Koester HH, Lévine SP. Learning and performance in scanning systems with and without word prediction–report on a pilot study. Proceedings of Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America International Conference; 1992; Washington, DC. p. 299–301.
26. Heckathorne C, Voda J, Leibowitz L. Design rationale and evaluation of the portable anticipatory communication aid—PACA. Augment Altern Commun. 1987;3:170–80. http://dx.doi.org/10.1080/07434618712331274489
27. Wandmacher T, Antoine JY, Schadle I, Krueger-Thielmann K. Sibylle AAC system: exploiting syntax and semantics for word prediction. Proceedings of 12th Biennial Conference of International Society for Augmentative and Alternative Communication; 2006 Jul; Düsseldorf, Germany.
28. Wandmacher T, Antoine JY, Departe JP, Poirier F. SIBYLLE, an assistive communication system adapting to the context and its user. ACM Trans Access Comput. 2008; 1(1):1–30. http://dx.doi.org/10.1145/1361203.1361209
29. Gibler C, Childress D. Language anticipation with a computer-based scanning communication aid. Proceedings of Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society Workshop on Computing to Aid the Handicapped; 1982; Charlottesville, VA. p. 11–16.
30. Baletsa G, Foulds R, Crochetiere W. Design parameters of an intelligent communication device. Proceedings of 29th Annual Conference on Engineering in Medicine and Biology; 1976; Chevy Chase, MD. p. 371.
31. Lesher GW, Bryan JM. Techniques for augmenting scanning communication. Augment Altern Commun. 1998; 14(2):81–101. http://dx.doi.org/10.1080/07434619812331278236
32. Raynal M., Vigouroux N. KeyGlasses: Semi-transparent keys to optimize text input on virtual keyboard. Proceedings of Advancement of Assistive Technology in Europe 2005; 2005 Sep 6–9; Lille, France. p. 713–17.
33. Vigouroux N, Vella F, Raynal M, Boissière P. Solutions et défis pour une meilleure accessibilité et utilisabilité des communicateurs: « Optimisation de la saisie de texte », Actes des Entretiens de la Fondation Garches: « Handicap et Environnement: de l'adaptation du logement à l'accessibilité de la cité ». Paris (France): éditions Frison-Roche; 2005. p. 213–26. French.
34. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assist Technol. 2006;18(2):146–54. [PMID:17236473] http://dx.doi.org/10.1080/10400435.2006.10131913
35. Laffont I, Dumas C, Pozzi D, Ruquet M, Tissier AC, Lofaso F, Dizien O. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: Patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. J Rehabil Med. 2007;39(5):399–404. [PMID:17549332] http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0056
36. Koester HH, Levine SP. Model simulations of user performance with word prediction. Augment Altern Commun. 1998;14(1):25–36. http://dx.doi.org/10.1080/07434619812331278176
37. Swiffin AL, Arnott JL, Pickering JA, Newell AF. Adaptive and predictive techniques in a communication prosthesis. Augment Altern Commun. 1987;3:181–91. http://dx.doi.org/10.1080/07434618712331274499
38. Tam C, Reid D, Naumann S, O'Keefe B. Effects of word prediction and location of word prediction list on text entry with children with spina bifida and hydrocephalus. Augment Altern Commun. 2001;17(3):147–62.
39. Tam C, Wells D. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. Assist Technol. 2009;21(3):105–14. [PMID:19908678] http://dx.doi.org/10.1080/10400430903175473
40. Higginbotham DJ, Bisantz AM, Sunm M, Adams K, Yik F. The effect of context priming and task type on augmentative communication performance. Augment Altern Commun. 2009;25(1):19–31. [PMID:18608144] http://dx.doi.org/10.1080/07434610802131869
41. Trnka K, McCaw J, Yarrington D, McCoy KF, Pennington C. User interaction with word prediction: the effects of prediction quality. ACM Trans Access Comput. 2009;1(3):1–34. http://dx.doi.org/10.1145/1497302.1497307

Submitted for publication June 11, 2012. Accepted in revised form November 15, 2013.

This article and any supplementary material should be cited as follows:
Pouplin S, Robertson J, Antoine J, Blanchet A, Kahloun JL, Volle P, Bouteille J, Lofaso F, Bensmail D. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. J Rehabil Res Dev. 2014;51(3):467–80.
http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2012.05.0094

II. 3. Synthèse

Ainsi, dans cette étude, nous avons vérifié l'apport d'un clavier dynamique, d'un logiciel de prédiction de mots ainsi que la combinaison des deux systèmes sur la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de handicap. De même, nous avons vérifié l'apport d'un entraînement libre sur ces logiciels à domicile sur cette même vitesse de saisie de texte.

Les résultats montrent que le **clavier dynamique dégrade, de manière significative, la vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique **des personnes** en situation de handicap **qui utilisent un dispositif de pointage**. Néanmoins, ce clavier dynamique semble apporter une amélioration lors d'un accès par défilement. Cependant, au vu de ces résultats, **ce type de clavier semble peu adapté pour une population de personnes tétraplégiques accédant dans sa très grande majorité à l'ordinateur par des dispositifs de pointage direct**.

Concernant l'influence de **la prédiction de mots** sur la vitesse de saisie de texte, **l'utilisation ou non du logiciel n'améliore pas ou ne diminue pas cette vitesse de saisie**. Au regard des résultats présents dans la littérature, et des conditions expérimentales de l'étude 2, il semble **intéressant de vérifier l'influence de certains paramétrages** sur cette vitesse de saisie de texte à savoir **le nombre de mots présentés dans la liste de prédiction de mots et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots de l'utilisateur**. L'intérêt d'étudier ces deux paramétrages a été regroupé par la suite, en regard des résultats de l'étude 3.

Enfin, nous ne notons **aucune influence de l'entraînement libre à domicile sur les deux logiciels** (prédiction de mots et claviers dynamiques) sur la vitesse de saisie de texte. Des études complémentaires sont nécessaires pour vérifier cette fois-ci **l'intérêt d'entraînements dirigés**.

III. ETUDE 3 : QUESTIONNAIRE

III.1. Présentation

Les logiciels de prédiction de mots offrent la possibilité de régler différents paramétrages. Les professionnels de santé, et entre autres les ergothérapeutes, sont les premières personnes qui préconisent les technologies d'assistance pour les personnes tétraplégiques. Cependant, dans la littérature, il manque des **informations précises concernant les pratiques professionnelles de préconisations et de paramétrages des logiciels de prédiction de mots**. De même, **l'influence des paramétrages des logiciels de prédictions a été peu étudiée** (Venkatagiri, 1994) (Koester and Levine, 1997) (Tam, 2001) . Par conséquent, il n'y a actuellement aucuns consensus afin de déterminer quel est le paramétrage optimal des logiciels de prédiction de mots. L'objectif de cette étude était de **déterminer**, à travers un questionnaire, **le logiciel de prédiction de mots le plus préconisé auprès des personnes tétraplégiques**. Le logiciel ainsi identifié **servirait de support aux études suivantes**. De même, nous voulions savoir **quels étaient les paramétrages des logiciels de prédiction de mots jugés importants par les professionnels** et pouvant influencer la vitesse de saisie de texte. Enfin, nous voulions savoir **quelles étaient les habitudes de paramétrages de ces mêmes professionnels.** Les paramétrages jugés les plus importants seraient étudiés par la suite.

III. 2. L'étude

Préconisations et paramétrages des logiciels de prédiction de mots par les professionnels pour les personnes tétraplégiques : une étude prospective et observationnelle.

Recommandations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with cervical spinal cord injury: a prospective observational study.

Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Isabelle Vaugier, Caroline Hugeron, Djamel Bensmail.

Article accepté et en cours de publication dans
European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine

TITLE: Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study

SHORT TITLE: Word prediction software recommendations

AUTHORS

Samuel POUPLIN, OT, PhD Student [1-4]

Nicolas ROCHE, MD, PhD[3-5]

Caroline HUGERON, MD[2]

Isabelle VAUGIER, Biostatistician[4]

Djamel BENSMAIL, MD, PhD[1-4]

[1]New Technologies Plate-Form, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[2]Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[3]EA 4497, GRCTH, University of Versailles St- Quentin-en-Yvelines, France.

[4]Clinical Innovations Center 1429, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[5]Physiology–Functional Testing Ward, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France

Corresponding author: Samuel POUPLIN, OT MSc, PhD Student Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France.

Email address : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr or pouplinsamuel@gmail.com, Phone number: +33147107061; Fax Number: +33147107063

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

None of the authors have any declaration of interest to report regarding this study.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by Paul Bennetot Fondation (Matmut Group Fondation)

ABSTRACT

Background

For people with cervical Spinal Cord Injury (SCI), access to computers can be difficult, thus several devices have been developed to facilitate their use. However, text input speed remains very slow compared to users who do not have a disability, even with these devices. Several methods have been developed to increase text input speed, such as Word Prediction Software (WPS). Health-Related Professionals (HRP) often recommend this type of software to people with cervical SCI. WPS can be customized using different settings. It is likely that the settings used will influence the effectiveness of the software on text input speed. However, there is currently a lack of literature regarding professional practices for the setting of WPS as well as the impact for users.

Aim

To analyze word prediction software settings used by HRP for people with cervical SCI.

Design

A prospective observational study.

Setting

Garches, France

Health-related professionals who recommend Word Prediction Software

Methods

A questionnaire was submitted to HRP who advise tetraplegic people regarding the use of communication devices.

Results

A total of 93 professionals responded to the survey. The most frequently recommended software was Skippy, a commercially available software. HRP rated the importance of the possibility to customise the settings as high. Moreover, they rated some settings as more important than others ($p<0.001$). However, except for the number of words displayed, each setting was configured by less than 50% of HRP. The results showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings and data in the literature regarding the optimization of settings. Moreover, although some parameters were considered as very important, they were rarely specifically configured. Confidence in default settings and lack of information regarding optimal settings seem to be the main reasons for this discordance. This could also explain the disparate results of studies which evaluated the impact of WPS on text input speed in people with cervical SCI.

Conclusion:

The results showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings and data in the literature regarding the optimization of settings. Moreover, although some parameters were considered as very important, they were rarely specifically configured. Confidence in default settings and lack of information regarding optimal settings seem to be the main reasons for this discordance. This could also explain the disparate results of studies which evaluated the impact of WPS on text input speed in people with cervical SCI.

Clinical Rehabilitation Impact

Professionals tend to have confidence in default settings, despite the fact they are not always appropriate for users. It thus seems essential to develop information networks and training to disseminate the results of studies and in consequence possibly improve communication for people with cervical SCI who use such devices.

KEYWORDS:

Health-related professionals, cervical spinal cord injury, word prediction software, settings, recommendations.

Introduction

A French research organization showed that computers are an important part of daily life in the general population for both work and leisure[1]. For people with cervical spinal cord injury[2, 3], access to computers can be difficult, thus several devices have been developed to facilitate their use. However, text input speed remains very slow even with these devices, compared to users who do not have a disability[4]. A low text input speed may place these already disabled people at a disadvantage in school or training, and may make them poorly efficient in a work setting.

Several methods have been developed to increase text input speed[3 5 6 7 8 9] such as speech recognition systems or word prediction software. These software are often prescribed by health-related professionals and are complementary. Indeed, in a noisy home environment, the use of speech recognition system may be compromised. Use of word prediction software may thus be a solution, combined with an onscreen. Word prediction software functions by suggesting the next word while the first word is still being typed. The user can then simply select the word without having to type each letter, thus reducing the number of keystrokes required and increasing text input speed. Such word prediction software can be customized using different settings. It is possible to change: i) the number of words displayed; ii) the layout and location of the word list and iii) the number of letters typed before the system displays a predicted word (number of triggering letters). It is also frequently possible to activate automatic learning of new words, and a faster presentation of the words most frequently used (frequency of use).

Health-related professionals are most of the time the persons who recommend these assistive device to people with cervical spinal cord injury. However, there is currently a lack of literature regarding professional practices for the setting of word prediction software. Only a few parameters that might influence text input speed have been studied, such as the number of words displayed and the location of the word prediction list. One study showed that keystroke savings were significantly related to the number of words displayed[10]. However, the selection time increases with the number of words in the list, cancelling out the benefit provided by keystroke savings if the list is too long. A simulation study showed that each additional word displayed in the prediction list increases search time by 150 milliseconds[11]. According to these results, the best compromise between keystroke savings and cognitive load caused by a long list thus appears to be 5 or 6 words[11]. Similarly, a study of the location of the word prediction list showed that word prediction improves the accuracy of text entry when the prediction list was placed in the lower middle border of the screen[12]. In another study, users reported that it was easier to find and select the displayed words if they were presented near the standard keyboard[13]. Therefore list location seems affect text input speed, however this needs to be better evaluated. The number of triggering letters is related to the user's search strategy (i.e. how many letters he/she types before looking at the prediction list). One study showed

no effect of search strategy on text input speed[14], however it seems that the number of triggering letters may affect text input speed, suggesting that software which offers this possibility should be favored[11]. Taken together, these results suggest that the settings of word prediction software used by people with cervical spinal cord injury to improve text input speed is important. Moreover a better setting allowing the improvement of text input speed for these people, should have an influence for all daily life activities such as work, leisure and/or communication. However, there are currently no real guidelines, consensus or algorithms to determine the optimal settings of word prediction software. In addition, the settings used seem to be health related professionals dependant and the methods used by them are not known.

Actually, The results of studies are disparate, showing a decrease of up to 71% in text input speed with word prediction software in some whereas and an increase of up to 45% in others[14 15 16 17 18 19 20]. It is commonly accepted that this disparity might be explained by the heterogeneity within the samples of people with cervical spinal cord injury studied or the severity of their motor or cognitive impairments. It may, however, also be hypothesised with regards to the results previously mentioned that the settings of the word prediction software themselves may influence text input speed, explaining the heterogeneity of the results obtained in people with cervical spinal cord injury. In consequence it appears fundamental to better understand current use of word prediction software and settings which are routinely recommended by professionals for people with cervical spinal cord injury.

Thus, the aim of this study was to analyze word prediction software settings used by health related professionals for people with cervical spinal cord injury. This knowledge would increase understanding of the settings frequently used by professionals and thus, based on their experience, help to define parameters which might increase text input speed.

We hypothesized that i) all health related professionals would recommend personalized settings of word prediction software for people with cervical spinal cord injury based on the settings that they consider as the most important to increase text input speed in this population; ii) that the heterogeneity of the settings considered might explain the heterogeneity of the previous results observed on text input speed in people with cervical spinal cord injury.

Material and Method

In this prospective observational study, a questionnaire was submitted to health related professionals who advise people with cervical spinal cord injury regarding the use of word prediction software. The study began in July 2012 and ended in October 2012. The questionnaire was posted online and the link was sent to health-profession networks (occupational therapist networks (Yahoo! Groups), association of people with spinal cord injury and information and communication technology and disabilities network (Yahoo! Groups and c-rnt.apf.asso.fr website). Two reminders were sent in August 2012 and September 2012. We stopped when no response to the questionnaire has been posted for a month. Data collection was made in November 2012.

The inclusion criteria were: health related professionals working with people with cervical spinal cord injury (within their caseload/client base) and providing advice regarding word prediction software.

The questionnaire diffused online consisted of seven items: name of the word prediction software used, location of the word prediction list on the screen, the number of words displayed, the layout of the prediction window, activation of automatic learning of new words, the number of triggering letters, and activation of the frequency of use. For each item, the health related professionals were asked which software they recommend for people with cervical spinal cord injury (open question), whether they configured each of the settings (closed question) and how and why (open question). Health related professionals were also asked to rate the importance they attributed to the possibility to adjust each setting from 1 to 10. 1 indicated low importance and 10 high importance.

The items of the questionnaire are specified in Table I.

Table I: Description of the questionnaire.

Information Category	Method
Demographic characteristics	
Gender	Categorical: men, women
Age	Number of years
Occupation	Open-ended question
Professional experience (years)	Open-ended question
Word prediction software (Name and parameters)	
Name of word prediction software	Open-ended question
Location of word prediction list	Categorical : Top, Bottom, Left, Right
Number of words displayed in word prediction list	Number
Layout of word prediction list	Categorical: Horizontal, Vertical
Learning new words	Categorical: Yes / No
Number of triggering letters	Open-ended questions
Frequency of word use	Categorical : Yes / No
Comments	
'How' and 'why' were asked for choice of software and for each parameter	Open-ended questions

Health related professionals were also asked to state their age, gender, occupation and professional experience (years).

Data Analysis

Descriptive statistics (the median and interquartile range (IQR) were used for analyze the importance score given to each setting by the health related professionals; the mean and standard deviation (SD) were used for analyze other continuous variables and frequencies for categorical variables. To analyze differences between the importance given to each setting by the health related professionals, a Friedman test was used followed by pairwise comparisons (Wilcoxon-test) since the data did not follow a normal distribution (Shapiro–Wilk-test). To analyze differences in the level of importance attributed to each setting between participants who configured their software and those who did not, a Wilcoxon test was carried. To analyze

differences in the level of importance attributed to each setting between participants who commented their choice and those who did not, a Wilcoxon test was used. A Chi-square-test was used to analyze differences in the choice of different settings (layout and location list, number of triggering letters) and in the configuration of the different settings between participants who commented their choice and those who did not.

Data were analyzed using STATISTICA-10 software-StatSoft. Inc software (Tulsa, USA).The level of significance was fixed at $p<0.05$.

Results

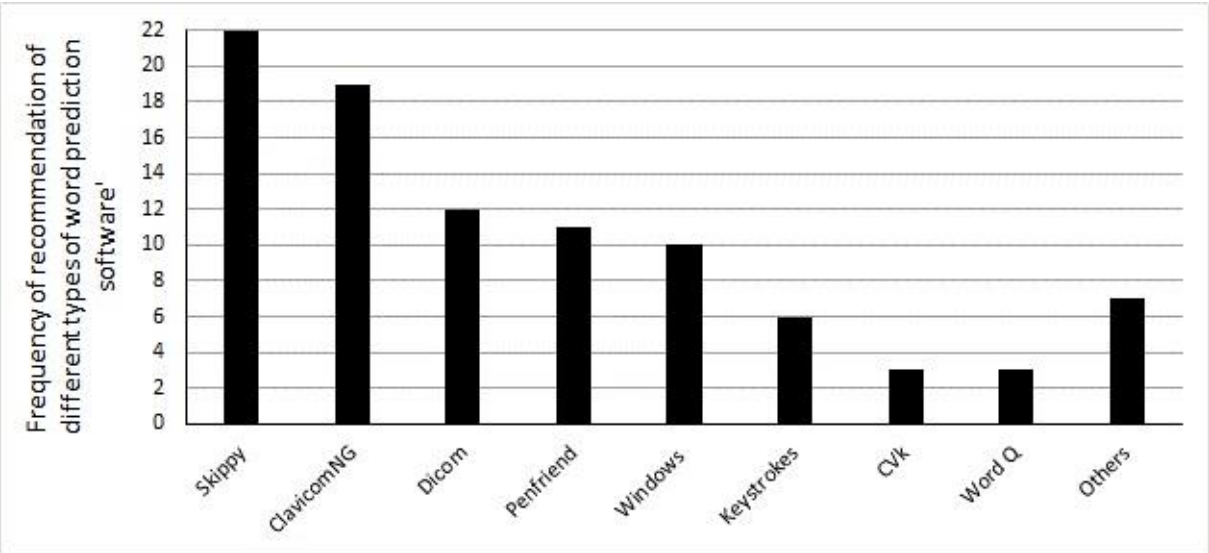
A total of 93 health related professionals responded to the survey.

Participants

Mean age was 38.9 years (SD 10.5). 61/93 (65.7%) were female. 72/93 (76.7%) were occupational therapists (OT), 8/93 (8.2%) sales-people, 5/93 (5.5%) specialized educators, 4/93 (4.1%) specialized Information Technology sales-people, 2/93 (2.7%) ergonomists, 1/93 (1.4%) health care assistants, and 1/93 (1.4 %) speech therapists. Mean professional experience was 14.3 years (SD 10.4).

Frequency of each word prediction software recommended

Figure 1: Frequency of each word prediction software recommended.



The most frequently recommended word prediction software was Skippy, a commercially available software, followed closely by ClavicomNG which is freely available. Figure 1 shows the distribution of

software recommended. 19/93 (20.4%) professionals provided reasons for their choice: for 15/19 (78.9%), the choice related to the possibility to configure the software and for 10/19 (52.6%), the price was important.

Default software settings.

Table II : Software setting by default.

Parameters	**Software**				
	Skippy	**ClavicomNG**	**Dicom**	**Penfriend**	**Windows**
Price	Licensed	Free	Free	Licensed	Licensed
List Layout	Vertical	Horizontal	Vertical	Vertical	Horizontal
List Location	Left	Top	Top	Top	Top
Number of words displayed	7	4	10	10	8
Learning new words	Available Activated	Available N/Activated	Available Activated	Available Activated	N/A
Number of triggering letters	Available N/Activated	N/A	Available N/Activated	N/A	N/A
Frequency of use	Available Activated	Available N/Activated	N/A	Available Activated	Available Activated

(N/A : not available ; N/Activated : not activated)

Table II shows the default settings of the main word prediction software. This table highlights some differences between software which could explain the following results.

Importance given to each parameter that can be set by health related professionals.

Table IIIa : Importance given to each setting by health-related professionals (Median)

Parameters	Professionals	
	Median	IQR
List Layout	8	[7 ;10]
List Location	8	[8 ;10]
Number of words displayed	8	[7 ;10]
Learning new words	9	[7 ;10]
Number of triggering letters	6	[2 ;10]
Frequency of use	10	[8 ;10]

Numeric Rating Scale from 1 (low importance) to 10 (high importance).

Table IIIb : Importance given to each setting by health-related professionals (Wilcoxon Test)

	List Layout	List Location	Number of words displayed	Learning new words	Number of triggering letters	Frequency of use
List Layout	na	**p<0.001†**	p=0.99	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**
List Location	**p<0.001†**	na	p=0.07	**p=0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**
Number of words displayed	p=0.99	p=0.07	na	**p=0.002†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**
Learning new words	**p=0.001†**	**p=0.001†**	**p=0.002†**	na	**p<0.001†**	**p=0.05†**
Number of triggering letters	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**	na	**p<0.001†**
Frequency of use	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**	**p<0.001†**	na

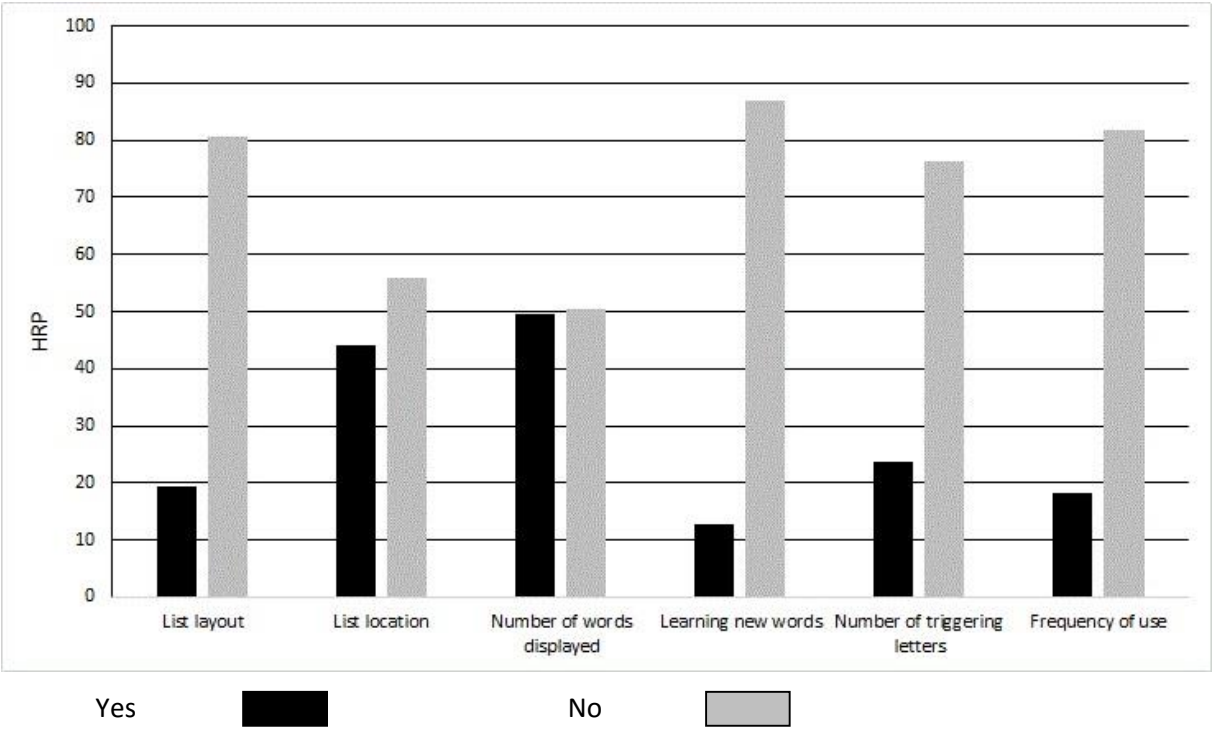
†Significant difference. Na : non available.

The importance given to the possibility to customise the settings of the word prediction software was high: median 8 IQR [7; 9]. Some settings were rated as more important than others($p<0.001$) (Friedman test). The pairwise comparisons using the Wilcoxon-test showed that learning new words and the frequency of word use were significantly more important ($p<0.001$) and the number of triggering letters were significantly less important ($p<0.001$) than others parameters (Table IIIb). In addition, 19/93 (20.4%) professionals commented that they felt it was important to be able to adapt software to the abilities of people with spinal cord injury.

There were no significant differences for the importance of each parameter studied between professionals who commented that it was very important to configure some parameters and those who did not, except for the number of words displayed ($p=0.008$) and automatic learning of new words ($p=0.002$). In these cases, participants who commented their choice give a higher score. These results should be nevertheless analyzed with caution in regards of the difference of the size of the two groups.

Actual configuration of settings by health related professionals.

Figure 2: Percentage of health related professionals who customised each setting (n=93).



Except for the number of words displayed (customized by about 50% of health related professionals), each setting was configured by less than 50% (figure 2).

Regarding the list layout, there was no difference between preferences for a horizontal (47/93; 50.5%) or vertical layout (46/93; 49.5%) of the word list (p=0.88).

Regarding the location of the word prediction list, locations at the top of the screen or above the onscreen keyboard were slightly more popular, although this was not significant (34/93; 36.5%) (p=0.44).

Regarding the number of triggering letters, 23/93 (24.7%) professionals activated this parameter (p=0.03).

The number of words displayed was the most frequently configured setting. If it was not configured, the display contained a mean 8.29(SD 2.46) words depending on the default setting of the software used. When configured, health related professionals set an average of 5.83 words (SD 1.13). Therefore, professionals tended to reduce the number of displayed words compared with the default setting (8.29 SD 2.46 vs 5.83 SD 1.13; p<0.001).

Table IV: Differences in the importance score for each setting between participants who configured the word prediction software and those who did not (p value) – Wilcoxon test

Parameters	Health-related Professionals				p value
	Configure		Not configure		
	Number	Rate Median [IQT]	Number	Rate Median [IQT]	
List Layout	18	8 [8;10]	75	8 [7;10]	p=0.32
List Location	41	8 [8;10]	52	8 [7;10]	p=0.8
Number of words displayed	46	8 [7;10]	47	8 [7;9]	p=0.22
Learning new words	12	8 [7;9]	81	9 [7;10]	p=0.21
Number of triggering letters	22	7[6;10]	71	6 [4;7]	p=0.005
Frequency of use	17	10 [8;10]	76	10 [8;10]	p=0.52

IQT : Inter Quartile Range

As shown in Table IV, there were no significant differences for each parameter studied between professionals who commented that it was important to configure some parameters and those who did not, except for the number of triggering letters. Health related professionals who configured this setting gave a higher score. It is interesting to note that the comparison between the two groups of professionals seemed

not to show any significant differences for the number of words displayed although this specific parameter was the most frequently set.

There were no significant differences in the configuration of different settings between participants who commented that configuration and adaptation of software were important and those who did not. However, these results should be nevertheless analyzed with caution in regards of the difference of the size of the two groups.

Comments (20/93) regarding not configuring the settings were lack of time and information (18/20), and confidence in the default settings (10/20).

Discussion

The aim of this study was to analyse health related professionals' recommendations and settings for word prediction software for people with cervical spinal cord injury in France. The results of this study do not confirm our hypothesis, showing that health related professionals considered that the possibility to configure the settings of the word prediction software was important, however, few professionals actually configured the settings, even if it was possible. If these results obtained in France are transposable to practices in other countries over the world, they partially confirm our initial hypothesis that the setting of word prediction software may be a cause of heterogeneity of the results of studies of text input speed in people with cervical spinal cord injury.

Types of software commonly used

The most common software used by professionals was, in order of use, Skippy, ClavicomNG, Dicom, Penfriend and Windows onscreen keyboard. Skippy and Penfriend are among the most widely used commercially available software because they can be easily imported by French distributors. They can also be highly configured, a criterion shown in this study to be considered as important by professionals. Dicom and ClavicomNG are free and available as open-source software. The fact that they have been developed by a non-profit French organization, and that several settings can be configured are probably the reasons for their success. However, their customizability remains lower than for commercially available software. Nevertheless, it is interesting to note that commercial software are generally preferred over free software **even if the results indicated that all the options of customization were rarely used in practice.**

Importance given to the configuration of settings and settings used.

Data in the literature showed that several characteristics of word prediction software affect its effectiveness. However, the results of the present study showed that there was a difference between the perception of the importance of some settings by health related professionals and data in the literature.

One setting which was frequently configured was the number of words in the display. According to Koester, the optimal number of words is 5[11]. However, the default settings of word prediction software do not always follow the conclusions of studies and tend to display a large number of words. When settings were configured, professionals tended to reduce the number of words displayed, consistent with data in the literature[11]. However, surprisingly, this parameter did not receive the highest rating, except for the health related professionals who commented that adaptation of the software is important. Regarding the heterogeneity of the number of words displayed by default (between 4 and 10), it should be noted that this is the most visible setting to configure in order to optimize word prediction according to results in the literature. This may explain why this parameter was often configured. If this is indeed the case, the developers of word prediction systems may also play an important role in facilitating the customization of settings by optimizing the human interface in these configuration tools. Once again, these results also indicate that although the default word prediction software are not in accordance with the clinical practice, this parameter is currently set to about 6 words by professionals and therefore does not seems to interfere with the heterogeneity results of the different studies on text input speed using word prediction software in people with cervical spinal cord injury.

The location of the predicted word list was considered less important and was set to the top of the screen or above the onscreen keyboard about 50% of the time. However, Tam and Wells found that users have a higher self-perceived performance and satisfaction when the word prediction list is located near a physical keyboard[13]. It is possible that health-related professionals are unaware of the results of such studies, despite having access to structured information networks (social network, forums, direct information from companies, training etc.). We thus suggest that this type of information should be more largely diffused.

It is surprising to note that learning new words and frequency of use were considered as very important by health related professionals but were rarely specifically configured. One reason that could explain these contradictions is because these parameters are activated by default in some software (Skippy, for example) therefore, professionals do not need to configure them specifically. It must be kept in mind that in other software, such as ClavicomNG, these settings are not activated by default but the health-related professionals did not activate them. It is possible that they believed that this parameter was already activated. **This highlights that health-related professionals need to be better informed regarding the default settings of each software**.

Taken together these last two results might suggest that these parameters play a role in the heterogeneity of the results of the different studies on text input speed using word prediction software in people with cervical spinal cord injury. One way to obtain more homogenous results in this population would be to standardize the settings used for these two parameters in clinical studies performed in people with cervical spinal cord injury.

With regard to the discordance between the importance given to the setting of parameters by health-related professionals and actual clinical practice, it could be hypothesized that professionals consider that, whatever the software used, the default configuration is the best. This could also explain the heterogeneity of the different results on text input speed using word prediction software in people with cervical spinal cord injury.

It therefore seems surprising that, although customizing software is likely to be important in order to adapt it to each user as some professionals pointed out, few parameters are actually configured and the default configuration tends to be relied on. Nevertheless, it is possible that word prediction users configure the settings themselves at a later stage, depending on their requirements.

In all cases, it is interesting to note that 20% of professionals feel insufficiently trained and that they do not have enough time to configure software.

Rehabilitation professionals are often in the first line to advise patients with cervical spinal cord injury regarding communication devices and complementary software such as word prediction. If professionals do not configure word prediction software optimally for each user, this will likely affect text input speed and the user's adhesion of such systems. The results of the present study should help to guide future studies in the evaluation of the effect of word prediction software parameters on text input speed.

Studies are therefore required to evaluate the influence of word prediction software parameters on text input speed. Results should then be disseminated to the greatest number of professionals, for example via professional associations, and they should receive training regarding appropriate software settings for people with cervical spinal cord injury. Increasing knowledge of health-related professionals regarding optimal settings for word prediction software may reduce the heterogeneity of the results of studies of text input speed in future clinical studies.

Limitations

This pilot study provided a picture of practices relating to word prediction software by health related professionals in France. However, the uncontrolled heterogeneity of health related professionals (for example, their level of expertise in this domain) could cause a bias in the responses relating to the importance given to specific settings and the settings actually configured. Similarly, the closed questions included in the questionnaire may have prevented some interesting responses about practices from emerging (for example, the questionnaire only related to the health related professionals' preferred software). Finally, the difference of the size of the two groups of professionals suggests that the professionals who commented that it was very important to configure some parameters and those who did not could cause a bias in the interpretation of the results. Morever, the questionnaire was posted on line and the link was sent to health-profession networks. It's difficult to have an idea of the representativeness of those who answered. But, in New Technologies Plate-Form of our hospital, we advice and help people with cervical cord injury but also health-related professionals who advice word prediction software. The distribution of health-related professionals we meet in clinical practice seems in accordance with the distribution of the data that we collected with the questionnaires.

Conclusion

This is the first study to evaluate health-related professionals' recommendations and settings of word prediction software for people with cervical spinal cord injury. A discordance was found between the importance given to word prediction settings and the actual configuration of settings by health-related professionals. Similarly, there was a discrepancy between results in the literature and settings used by professionals. Confidence in default settings and lack of information might be the main reasons. However, default settings are not always optimal to increase text input speed. The number of words displayed on the predicted word list, the "learning new words" and frequency of use" parameters appear to be important criteria to explore in order to understand their influence on text input speed. Specific studies on the parameters that may be at the origin of the heterogeneity of results along with a better dissemination of these results could allow homogenization of the results of future studies on the impact of word prediction software in people with cervical spinal cord injury as well as in other populations.

REFERENCES

1. Bigot P, Croutte E. La diffusion des technologies de l ’ information et de la communication dans la société. Rapp. réalisé à la demande du Cons. Général des Technol. l’Information (Ministère l’Economie, des Financ. l’Emploi) l’Autorité Régulation des Commun. Electron. des Postes. [Internet]. Paris : Centre de Recherche pour l’Etude et l’Observation des Conditions de Vie, 2014, 220 p. Available from : http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R317.pdf

2. LoPresti EF, Brienza DM. Adaptive software for head-operated computer controls. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., 2004, 12, p102–11.

3. Devries RC, Deitz J, Mailing W. A comparison of two computer access systems for functional text entry. Am. J. Occup. Ther., 1998, 52, p 656–665.

4. Le Pévédic B. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS, Doctoral Thesis, Ecole Doctorale Sciences pour l'Ingénieur, 1997, Nantes, 142p.

5. Turpin G, Armstrong J, Frost P, Fine B, Ward CD, Pinnington LL. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. J. Med. Eng. Technol., 2005, 29, p119–29.

6. MacKenzie IS, Zhang SX. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. Proceeding of the SIGCHI Conference in Human Factors in Computing Systems, 1999, New York, p 25–31.

7. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. Proceeding of the SIGCHI Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2005, Portland, OR, USA, p 1729-1732.

8. Kushler C. AAC using a reduced keyboard. Proceeding of the CSUN Conference Technology and Persons with Disabilities, 1998, California State University, Northridge, California, USA.

9. Harbusch K, Kühn M. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. Proceedings of Actes 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe, 2003, Dublin, Ireland.

10. Venkatagiri H, Effect fo window size on rate of communication in a lexical prediction aac system. Augmentative Alternative Communication, 1994, 10, p 105-112.

11. Koester HH. Model simulations of user performance with word prediction. Augment. Altern. Commun. 1998, 14, p 25-35.

12. Tam C. Evaluating the effect of word prediction and location of word prediction list on text entry with children with spina bifida and hydrocephalus, Master of Sciences Thesis, 2001, Department of Rehabilitation Science, University of Toronto, Canada, 156 p.

13. Tam C, Wells D. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. Assist. Technol. 2009, 21, p 105–114.

14. Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. Augment. Altern. Commun.1996, 12, 155–168.

15. Laffont I, Dumas C, Pozzi D, Ruquet M, Tissier AC, Lofaso F et al. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. J. Rehabil. Med.2007, 39, p 399–404

16. Vigouroux N, Vella F, Truillet P, Raynal M. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects : able-bodied subjects and disabled Motor Subjects. Proceeding of the 8th ERCIM Workshop, User Interface For All, 2004, Vienne, Autriche.

17. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assist. Technol, 2006, 18, p 146–54

18. Anson D. The effect of word prediction on typing speed. Am. J. Occup. Ther. 1993, 47, p 1039–1042.

19. Koester HH. Learning and performance in scanning systems with and without word prediction - report on a pilot study. Proceeding of the RESNA 1992 Annual Conference, 1992, Toronto, Arlington.

20. Koester, H. H. The effect of a user's search strategy on performance with word prediction. Proceeding of the RESNA 1997 Annual Conference, 1997, Pittsburg, Arlington.

III. Synthèse

L'objectif de cette étude était de déterminer, à travers un questionnaire, le logiciel de prédiction de mots le plus préconisé auprès des personnes tétraplégiques. De même, nous voulions savoir quels étaient les paramétrages des logiciels de prédiction de mots jugés importants par les professionnels et pouvant influencer la vitesse de saisie de texte. Enfin, nous voulions savoir quelles étaient les habitudes de paramétrages de ces mêmes professionnels.

Les résultats de cette étude montrent que les **professionnels jugent important le fait de pouvoir paramétrer** les logiciels de prédiction de mots, mais que **peu de professionnels le font** s'ils en ont la possibilité. Le **logiciel de prédiction de mots le plus préconisé est le logiciel Skippy** de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla. Ce logiciel sera le support de nos futures évaluations.

Concernant les paramétrages, la **possibilité de changer le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction est considérée comme importante (8/10) et ce réglage est paramétré par plus de 50% des professionnels**. Enfin, deux paramétrages sont jugés très importants par les professionnels : **l'apprentissage des mots nouveaux et l'adaptation continue du logiciel au vocabulaire usuel de l'utilisateur** (respectivement 9/10 et 10/10). Cependant, ces deux fonctionnalités **sont peu paramétrées**. L'explication la plus cohérente semble être que les professionnels pensent que ces fonctionnalités sont déjà activées par défaut dans les logiciels de prédiction de mots. Enfin, la **localisation de la liste de prédiction** est jugée **moins importante** (8/10) que les autres fonctionnalités et **est réglée par moins de 50% des professionnels**.

Au final, cette étude nous a permis d'orienter nos futures études à savoir :

- de déterminer le logiciel de prédiction de mots qui servira de support à nos futures expérimentations.
- choix des paramétrages que nous allons étudier à savoir le nombre de mots affichés du fait de sa popularité au sein des professionnels et l'apprentissage des mots nouveaux et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur en raison de l'importance donnée par les professionnels.

IV. ETUDE 4 : ETUDE DE L'INFLUENCE DU NOMBRE DE MOTS AFFICHES DANS LA LISTE DE PREDICTION SUR LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE.

IV. 1. Présentation

Dans la littérature, plusieurs études ont étudié l'influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, sur la vitesse de saisie de texte (Venkatagiri, 1994) (Koester and Levine, 1997). Le meilleur compromis entre le Keystroke Saving et la charge attentionnelle occasionnée par la recherche visuelle dans cette liste de prédiction serait de 5 – 6 mots. L'étude 3 confirme aussi ces résultats en montrant que les professionnels tendent à paramétrer le nombre de mots affichés à 6.

L'objectif principal de cette étude est de vérifier **si le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction a une influence sur la vitesse de saisie de texte et si le 6 est le chiffre optimal**.

IV. 2. L'étude

Influence du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques : une étude prospective.

Influence of word prediction settings (number of words displayed) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury: a prospective study.

Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Isabelle Vaugier, Antoine Jacob, Marjorie Figère, Sandra Pottier, Jean-Yves Antoine, Djamel Bensmail.

Article accepté dans
Archives of Physical Medicine and Rehabilitation

ACRM
AMERICAN CONGRESS OF REHABILITATION MEDICINE

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation

journal homepage: www.archives-pmr.org

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2016;97:259-65

ORIGINAL RESEARCH

Influence of the Number of Predicted Words on Text Input Speed in Participants With Cervical Spinal Cord Injury

Samuel Pouplin, OT, MSc,[a,b,c,d] Nicolas Roche, MD, PhD,[c,d,e] Isabelle Vaugier, MSc,[d] Antoine Jacob, OT, MSc,[a] Marjorie Figere, MSc,[d] Sandra Pottier, MSc,[d] Jean-Yves Antoine, PhD,[f] Djamel Bensmail, MD, PhD[a,b,c,d]

From the [a]New Technologies Plate-Form, and [b]Physical Medicine and Rehabilitation Department, Public Hospitals of Paris, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches; [c]Inserm Unit 1179, Team 3: Technologies and Innovative Therapies Applied to Neuromuscular Diseases, University of Versailles St-Quentin-en-Yvelines, Versailles; [d]Clinical Innovations Center 1429, and [e]Physiology—Functional Testing Ward, Public Hospitals of Paris, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches; and [f]University François Rabelais of Tours, Tours, France.

Abstract

Objectives: To determine whether the number of words displayed in the word prediction software (WPS) list affects text input speed (TIS) in people with cervical spinal cord injury (SCI), and whether any influence is dependent on the level of the lesion.

Design: A cross-sectional trial.

Setting: A rehabilitation center.

Participants: Persons with cervical SCI (N=45). Lesion level was high (C4 and C5, American Spinal Injury Association [ASIA] grade A or B) for 15 participants (high-lesion group) and low (between C6 and C8, ASIA grade A or B) for 30 participants (low-lesion group).

Intervention: TIS was evaluated during four 10-minute copying tasks: (1) without WPS (Without); (2) with a display of 3 predicted words (3Words); (3) with a display of 6 predicted words (6Words); and (4) with a display of 8 predicted words (8Words).

Main Outcome Measures: During the 4 copying tasks, TIS was measured objectively (characters per minute, number of errors) and subjectively through subject report (fatigue, perception of speed, cognitive load, satisfaction).

Results: For participants with low-cervical SCI, TIS without WPS was faster than with WPS, regardless of the number of words displayed ($P<.001$). For participants with high-cervical SCI, the use of WPS did not influence TIS ($P=.99$). There was no influence of the number of words displayed in a word prediction list on TIS; however, perception of TIS differed according to lesion level.

Conclusions: For persons with low-cervical SCI, a small number of words should be displayed, or WPS should not be used at all. For persons with high-cervical SCI, a larger number of words displayed increases the comfort of use of WPS.

Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 2016;97:259-65

© 2016 by the American Congress of Rehabilitation Medicine

The use of technology is essential for the social and professional integration of persons with cervical spinal cord injury (SCI).[1] Likewise, the emergence of new interfaces such as tablets and smartphones have changed how people communicate and use the Internet.[2] However, access to Internet and social websites, which is mainly based on text input, can be difficult, especially for persons with high-cervical SCI. A variety of devices (infrared cameras, onscreen keyboards, etc) have been designed to facilitate computer use, depending on the level of the lesion.[3-9] Despite the use of these devices, text input remains laborious with a mean text input speed (TIS) of 5 words per minute,[10] compared with 15 to 20 words per minute in able-bodied people.[10] Several methods have been developed to increase TIS,[9,11-15] such as speech recognition systems[16] or word prediction software (WPS). These methods are recommended by health-related professionals[17] to increase TIS. However, in a noisy home environment, the use of a speech recognition system may be compromised. Also, some

Disclosures: none.

0003-9993/15/$36 - see front matter © 2016 by the American Congress of Rehabilitation Medicine
http://dx.doi.org/10.1016/j.apmr.2015.10.080

people want to keep their privacy when they dictate a text. Thus, WPS may be a solution to compensate for some of the disadvantages of speech recognition software. WPS displays a list of predicted words that correspond to the word currently being typed by the user. If 1 of the predictions is correct, the user selects the corresponding word in the list, thereby avoiding typing each letter of the word (keystroke saving[18]). WPS can be customized, for example, by changing the number of words displayed.

Data in the literature are conflicting regarding the influence of WPS on TIS, with some studies showing decreases of up to 71% and others showing increases of up to 45%.[19-25] The main reason suggested for these differences is the increase in cognitive load caused by the visual search for words in the prediction list. This suggests that the number of words in the prediction list affects TIS.

A study[26] in healthy people showed that keystroke savings are significantly related to the number of words displayed. However, since selection time increases with the number of words in the list, the benefits provided by keystroke savings may be canceled out. A simulation study[27] showed that each additional word displayed in the prediction list increases search time by 150 milliseconds. Moreover, there is only a slight increase in keystroke savings between 6 and 11 words. According to these studies, the best compromise between keystroke savings and cognitive load appears to be 5 or 6 words.[27] A preliminary study[17] carried out in our group showed that health-related professionals most frequently set 6 words for their patients, similar to data in the literature. However, an unpublished study in our department showed that persons with cervical SCI tended to set a display of 8 words for themselves.

These results suggest that the number of words displayed in the predicted list is important; however, the optimal number has not yet been determined in a large sample of persons with cervical SCI. The aims of this study were therefore to determine whether the number of words in the predicted list influences TIS in a large population of persons with cervical SCI, American Spinal Injury Association [ASIA] grade A or B; and whether this number was influenced by the level of cervical lesion. Based on data in the current literature, we hypothesized that 6 words would be optimal.

Methods

Participants

This prospective cross-sectional study was carried out between October 2013 and March 2014. Persons with cervical SCI followed up in the department of physical medicine and rehabilitation of a teaching hospital were included by a physician and an occupational therapist if they were older than 18 years; had an SCI between C4 and C8, ASIA grade A or B; were computer users; could read and write French; and were not regular user of WPS. They were excluded if they had cognitive, linguistic, or visual impairments. The study was approved by the local ethics committee (CPP [Persons Protection Committee] Ile-de-France, Saint Germain en Laye), and all subjects provided written informed consent before participation. Data collection was performed by an occupational therapist and took place in the department of physical medicine and rehabilitation in the teaching hospital in which the patient was recruited.

Participants were included in 1 of 2 distinct groups, depending on their lesion level: (1) a high-lesion group for persons with C4 or C5 tetraplegia, ASIA grade A or B; and (2) a low-lesion group for persons with C6, C7, or C8 tetraplegia, ASIA grade A or B. The distinction between the high-lesion group and the low-lesion group was made because persons with lesions at or below C6 have sufficient wrist extension to use a standard keyboard.[28]

List of abbreviations:

ASIA	**American Spinal Injury Association**
SCI	**spinal cord injury**
TIS	**text input speed**
VAS	**visual analog scale**
WPS	**word prediction software**

Materials

To standardize the evaluation conditions, a Dell XPS computer[a] equipped with a KeyVit Onscreen Keyboard[b] and Skippy WPS[b] was used. Skippy was chosen because it has been shown to be the most prescribed and used WPS.[17] Participants who used an onscreen keyboard used their usual pointing devices (head controlled).

The WPS was configured to display the list of words horizontally at the top of the screen, as is most frequent. The number of words (3, 6, and 8) was chosen based on results from our previous study[17] on the use of WPS and data in the literature. Two parameters were not activated: automatic learning of new words and a faster presentation of the words most frequently used (frequency of use). Most persons with cervical SCI have been shown to use commercial WPS without such advanced settings.[17] Words were thus displayed alphabetically in the prediction list, as is the case for most WPS programs.

Procedures

The use of WPS was explained to each participant. Then, each participant was allowed a 5-minute training period using the WPS in a copying task. Finally, each participant underwent a single evaluation session involving 4 copying task conditions: (1) without WPS (Without); (2) with 3 predicted words (3Words); (3) with 6 predicted words (6Words); and (4) with 8 predicted words (8Words). The conditions were randomly assigned to avoid bias associated with fatigue. The randomization was performed using dedicated software, and a system of sealed envelopes was used for allocation. A maximum of 10 minutes was allowed for each task, and participants were given a 5-minute break between each task. Four 500-word texts of similar complexity were used, drawn from a speech and language therapy book.[29] The average $\pm$ SD word length was 5.1 ± 0.5.

The length of each text was deliberately too long for it to be copied in 10 minutes. The evaluation was therefore stopped after 10 minutes. The texts were randomly allocated to ensure that the same text was not associated with the same copying task.

Participants were instructed to use the WPS, but no instructions regarding strategies of use were given. Errors could be corrected.

All assessments were videotaped, and the videos were used for the analysis. All the evaluations were performed by the same investigator to limit bias.

Outcome measures

During the 4 copying tasks, TIS was calculated objectively and evaluated subjectively.

Objective evaluations

The number of characters typed in 10 minutes was divided by 10, including punctuation marks, spaces, backspace, selection errors, and correction times. The number of items selected in 10 minutes was divided by 10, including punctuation marks, spaces, backspaces, arrow keys, and keys used to select words in the word prediction list. The number of errors and the number of predicted words selected from the word prediction list in 10 minutes were calculated from the videos.

Subjective evaluations (self-evaluations)

Fatigue was evaluated using a 0- to 10-point visual analog scale (VAS) before and after every task (0, no fatigue; 10, exhaustion). Perception of speed and cognitive load were evaluated using a 0- to 10-point VAS (for perception of speed: 0, very slow; 10, very fast; for cognitive load: 0, low cognitive load; 10, high cognitive load). Satisfaction was evaluated using a 0- to 5-point VAS (0, not satisfied; 5, very satisfied).

Data analysis

Descriptive statistics (mean ± SD) were used to describe continuous variables, and frequencies were used for categorical variables. A Wilcoxon test was used to analyze differences in age and education level between the low- and high-lesion groups. A chi-square test was used to analyze differences in sex, frequency of use of word processing, and frequency of computer use between the low- and high-lesion groups.

The objective and subjective data relating to TIS followed a normal distribution (Shapiro-Wilk test), and thus parametric tests were used. To compare the influence of the number of words displayed in the prediction list on TIS, item selection speed, number of errors, rate of word prediction use, satisfaction, cognitive load, and perception of speed, a repeated-measures analysis of variance with 2 factors—type of assessment (Without/3Words/6Words/8Words) and lesion level (high/low)—was used. A post hoc Fisher least significant difference test was carried out on significant results. For the analysis of the high-lesion group we used a repeated-measures analysis of variance with 2 factors: type of assessment (Without/3Words/6Words/8Words) and devices used (standard keyboard/onscreen keyboard + Trackball/onscreen keyboard + infrared camera).

The level of significance was fixed at $P<.05$. Data were analyzed using STATISTICA 10 software.[c]

Results

Demographics

Ninety persons with cervical SCI fulfilled the inclusion/exclusion criteria, of whom 45 agreed to participate in this study (35 men, 10 women; mean age ± SD, 39.6±10y). The mean ± SD time since lesion occurrence in the overall group was 10.6±8 years.

Fifteen participants were included in the high-lesion group (14 men, 1 women; mean age ± SD, 40.9±9y). Ten participants had used a computer for more than 10 years, 2 between 5 and 10 years, 2 between 1 and 5 years, and 1 for less than 1 year. Six subjects used infrared tracking technology, and 9 used a trackball controlled by the chin. All used onscreen keyboards. Thirteen subjects used word-processing programs regularly (>3 times/wk), and 2 did not (≤3 times/mo).

Thirty participants were included in the low-lesion group (21 men, 9 women; mean age ± SD, 39.5±11y). Twenty-six participants had used a computer for more than 10 years, 3 participants between 5 and 10 years, and 1 between 1 and 5 years. All participants used a standard keyboard without splints and used word-processing programs regularly (>3 times/wk).

There were no significant differences between groups for age, sex, years of education, and frequency of use of word-processing programs. However, participants in the low-lesion group used the computer more frequently than participants in the high-lesion group ($P<.001$).

Objective evaluations

TIS (characters per minute)

There was a significant effect of condition on TIS (Without/3Words/6Words/8Words) ($F_{3,129}=8.64$; $P<.001$); there was also a significant effect of lesion level ($F_{1,43}=27.6$; $P<.001$) and a significant interaction between the 2 factors ($F_{3,129}=8.89$; $P<.001$) (table 1).

The post hoc analysis indicated that participants with low lesions inputted text faster than participants with high lesions. For participants with low lesions, text input was faster without WPS than with WPS (3Words/6Words/8Words) regardless of the number of words displayed ($P<.001$). For participants with high lesions, there was no influence of WPS (3Words/6Words/8Words) on TIS ($P=.99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on TIS ($F_{3,39}=0.2$; $P=.89$); however, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13}=11,2$; $P=.005$) with no interaction between the 2 factors ($F_{3,39}=.75$; $P=.52$).

Number of errors

There was a significant effect of lesion level on the number of errors ($F_{1,43}=35.3$; $P<.001$) (table 2). However, there was no influence of condition ($F_{3,129}=0.9$; $P=.43$) and no interaction between the 2 factors ($F_{3,129}=.18$; $P=.90$).

The post hoc analysis indicated that the high-lesion group made fewer errors than the low-lesion group ($P<.001$). There was no influence of condition ($P=.44$) on the number of errors in either group.

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on the number of errors ($F_{3,39}=1.5$; $P=.22$), no significant effect of the device used ($F_{1,13}=.002$; $P=.96$), and no interaction between the 2 factors ($F_{3,39}=1.6$; $P=.20$).

Item selection speed

There was a significant effect of condition on item selection speed (Without/3Words/6Words/8Words) ($F_{3,129}=7.84$; $P<.001$) (table 3). There was also a significant effect of lesion level ($F_{1,43}=28.76$; $P<.001$) and a significant interaction between the 2 factors ($F_{3,129}=11.11$; $P<.001$).

The post hoc analysis indicated that participants with high lesions had a higher key selection speed than participants with low lesions. Key selection speed was higher without WPS for participants with low lesions ($P<.001$), whereas there were no differences between conditions for the high-lesion group ($P=.99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on item selection speed ($F_{3,39}=0.9$; $P=.44$). However, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13}=9.8$; $P=.007$) with no interaction between the 2 factors ($F_{3,39}=0.8$; $P=.49$).

Table 1 Characters per minute

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	53.8±37	42.9±23	41.9±21	41.9±20
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	69±36	53.1±19	51.2±19	50.7±17
Participants with high lesions					
All	15	23.4±12	22.6±14	23.2±14	23.8±14
With trackball/onscreen keyboard	9	16.5±14	15±13	16±11	18±14
With infrared camera/onscreen keyboard	6	33.7±6	34±6	34±9	33±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

Rate of word prediction use

There was a significant effect of lesion level on rate of use of word prediction. ($F_{1,43}=5.6$; $P=.02$) (table 4). There was no influence of condition ($F_{2,86}=1.6$; $P=.18$) and no interaction between condition and lesion level ($F_{2,86}=2.6$; $P=.07$).

The post hoc analysis showed no interaction between low and high lesions ($P=.33$) or between lesion level and condition ($P=.99$).

In the high-lesion group, there was no significant effect of condition on rate of use of word prediction ($F_{2,26}=1.49$; $P=.24$); However, there was a significant effect of the device used ($F_{1,13}=5.6$; $P=.003$) with no interaction between the 2 factors ($F_{2,26}=2.65$; $P=.09$).

Subjective evaluations

Fatigue

There was no significant effect of condition ($F_{3,129}=1.86$; $P=.97$) or lesion level ($F_{1,43}=0.2$; $P=.65$), and no interaction between the 2 factors ($F_{3,129}=1.86$; $P=.13$).

Perception of TIS

There was a significant effect of condition ($F_{2,86}= 4.91$; $P<.001$) and lesion level ($F_{1,43}= 6.82$; $P=.01$) with no interaction between the 2 factors ($F_{2,86}=2.34$; $P=.10$).

The post hoc analysis indicated that for the low-lesion group, participants perceived text input as faster with a display of 3 words compared with 8 words ($P=.003$). Participants with high lesions perceived text input as faster with a display of 6 and 8 words than did participants with low lesions ($P=.03$ and $P<.001$, respectively).

Cognitive load

There was no influence of condition ($F_{2,86}=1.42$; $P=.24$) or lesion level ($F_{1,43}=.91$; $P=.35$), and no interaction between the 2 factors ($F_{2,86}=1.33$; $P=.26$).

Satisfaction

There was no influence of condition ($F_{2,86}=.31$; $P=.73$). There was a significant effect of lesion level ($F_{1,43}=5.97$; $P=.02$) and a significant effect between the 2 factors ($F_{2,86}=3.25$; $P=.04$). The post hoc analysis indicated that for the high-lesion group, satisfaction with 8 words was higher than for the low-lesion group ($P=.01$).

Discussion

We found in this study that the influence of WPS on TIS depended on the lesion level of the user. TIS was faster without WPS for participants with low lesions, whatever the number of words displayed, while there was no influence of WPS in participants with high lesions. These results refute our hypothesis and contrast with previous results in the literature.

Influence of WPS on TIS

The influence of WPS on TIS differed depending on the level of cervical SCI. This result was further confirmed by the rate of word prediction use in each group.

Table 2 Number of errors

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	15±10	14.2±7	13.6±7	13.7±7
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	18.2±9	17.4±6	16.9±5	17.3±5
Participants with high lesions					
All	15	8.8±8	7.6±6	7.2±5	6.4±5
With trackball/onscreen keyboard	9	9.5±8	7.3±6	6.2±6	6.7±6
With infrared camera/onscreen keyboard	6	7.6±9	8±6	8.6±3	6±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

Table 3 Key selection speed (key presses per minute)

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	63±45	49.5±26	48.8±25	48.8±23
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	81.7±43	61±22	59.7±21	59.1±19
Participants with high lesions					
All	15	25.4±13	26.2±16	27±15	28.2±15
With trackball/onscreen keyboard	9	18.3±11	17.8±14	19±14	21.7±16
With infrared camera/onscreen keyboard	6	36±7	39±6	39±9	38.1±4

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.

In each group

For the low-lesion group, the decrease in TIS with WPS was associated with a decrease in key selection speed, even if the cognitive load was not higher with WPS in this group. However, this is in accordance with previous studies[19,22] and could relate to the necessity to search for predicted words on the computer screen while using a physical keyboard.

For the high-lesion group, TIS, item selection speed, and cognitive load were not affected by WPS, whatever the device used. These results therefore suggest that not only is the use of WPS not effective to increase TIS in people with cervical SCI, it may actually have a negative influence on TIS. However, the adjustment of other settings could change the influence of WPS on TIS. In another study conducted by our team (under review), we showed that the activation of "frequency of use" increased TIS in persons with high-cervical SCI. The difference in results between the 2 groups may be because the cognitive load induced by the visual search for words in the prediction list is lower with the use of an onscreen keyboard, since a smaller degree of visuospatial exploration is required than for a standard keyboard (used by the low cervical SCI group). Tam and Wells[30] confirmed this hypothesis, finding that people with cervical SCI who used an external device to display the word prediction list near the standard keyboard had to look at their fingers when they typed.

Between-group comparison

There were fewer text input errors in the high-lesion group than in the low-lesion group. This could be the result of the lower TIS of the high-lesion group along with the smaller degree of visuospatial exploration required when using an onscreen keyboard.

The lack of influence of WPS on fatigue in both groups contradicts data in the literature. WPS has previously been shown to reduce fatigue in persons with cerebral palsy.[18] This difference might be because persons with cervical SCI have lower levels of fatigue than persons with brain injury. This should, however, be evaluated in further comparative studies. The results of the present study may also have been affected by the disablement of the "frequency of use" and "learning new words" parameters. This could affect TIS, fatigue, and the number of errors. It would therefore be interesting to study the influence of these parameters more specifically in future studies.

Influence of the number of words displayed on TIS

We initially hypothesized that the number of words displayed in the prediction list would influence TIS. However, there was no influence of the number of words displayed on TIS or on key selection speed in either group, whatever the device used. Similarly, there was no influence on rate of word prediction use. These results contrast with previous results in the literature. Koester and Levine[27] found that a display of 5 or 6 words is the best compromise between increasing TIS and cognitive load. This difference may be related to differences in methodology and that the sample of participants with cervical SCI was larger in the present study.

Table 4 Rate of word prediction use

Group	N	Condition			
		Without	3Words	6Words	8Words
All participants	45	N/A	27.9±18	29.4±18	29.7±17
Participants with low lesions					
Standard keyboard	30	N/A	32±17	34.3±18	32.7±18
Participants with high lesions					
All	15	N/A	19.7±16	19.5±13	23.8±15
With trackball/onscreen keyboard	9	N/A	11.3±11	13.6±13	19.6±17
With infrared camera/onscreen keyboard	6	N/A	32±13	28±8	30±11

NOTE. Values are mean ± SD or as otherwise indicated. Without indicates without prediction software; 3Words, with 3 words displayed in the prediction list; 6Words, with 6 words displayed in the prediction list; 8Words, with 8 words displayed in the prediction list.
Abbreviation: N/A, not applicable.

Participants with low lesions perceived text input to be faster with a display of 3 words rather than 8 words. This may be because a shorter list requires a shorter visual search time. In contrast, satisfaction was higher with a display of 8 words for participants with high lesions. The higher TIS of participants with low-cervical SCI may make reducing visual search time a priority, while the use of a virtual keyboard by participants with high lesions and the low associated TIS may induce a preference for a greater choice of words and greater keystroke savings. However, altering the number of words displayed only affected the perception of TIS but had no objective influence.

Study limitations

The difference in the number of subjects and the difference in the frequency of computer use in the high- and low-cervical SCI groups could constitute a bias in the interpretation of the results. However, any such bias appears to have had a minimal impact since the variability of the 2 groups was almost similar. No studies found in the literature have evaluated the influence of lesion level on TIS. This study on WPS involved the largest sample of persons with cervical SCI currently available in the literature, and thus the results are worthy of note.

Moreover, the use of different computer access devices in the high-lesion group influenced TIS and item selection speed. Nevertheless, the results suggest that the impact of these different devices on the influence of WPS and the number of words displayed was small. We found no influence of the number of words displayed on TIS in the high-lesion group, and no influence of the WPS on TIS as a function of the type of device used. In addition, the lack of validation of the VASs used may constitute a limitation for the analysis and the interpretation of results.

The alteration of other parameters such as the frequency of words displayed may influence TIS by increasing the relevance of the displayed words. Moreover, lack of training in the use of WPS could also influence TIS. The influence of training should be considered in future studies.

Conclusions

The influence of the number of words displayed in a word prediction list on TIS differed depending on the level of cervical SCI. The use of WPS decreased TIS in participants with low lesions, whatever the number of words displayed. In participants with high lesions, there was no influence of WPS on TIS and no influence of the number of words displayed. The results of this study suggest that changing the number of words displayed may alter the perception of ease of text input in persons with SCI but does not have an objective influence on TIS. Further studies should be carried out to evaluate the influence of other WPS parameters on TIS.

These results are important for health-related professionals whose role is to advise persons with SCI in the choice of WPS. It seems important to reduce the number of words displayed for persons with low-cervical SCI, or not to use WPS at all, and to increase the number of words displayed for persons with high-cervical SCI in order to increase the comfort of use of WPS. However, it must be kept in mind that these results are based on a single data collection session. It would be useful to evaluate the impact of specific training on the influence of WPS. The impact of other parameters of WPS should also be considered in further studies, such as the location of the prediction list and the feature of only suggesting words of 5 characters or more, to decrease visual search time.

Suppliers

a. Dell XPS computer; Dell, Inc.
b. Jabbla, Inc.
c. STATISTICA 10 software; StatSoft, Inc.

Keywords

Communication aids for disabled; Rehabilitation; Software; Spinal cord injuries

Corresponding author

Samuel Pouplin, OT, MSc, Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France. *E-mail address:* samuel.pouplin@rpc.aphp.fr.

References

1. Folan A, Barclay L, Cooper C, Robinson M. Exploring the experience of clients with tetraplegia utilizing assistive technology for computer access. Disabil Rehabil Assist Technol 2015;10:46-52.
2. Bigot P, Croutte E. Information and communication technology in French society [French]. Paris: Research Center for the Study and Observation of Living Conditions 2014. Available at: http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R317.pdf. Accessed January 13, 2015.
3. Laffont I, Biard N, Bouteille J, et al. Tetraplegia: technological solutions to compensate motor disability of the upper arms [French]. La Lett.. médecine Phys. réadaptation 2008;24:113-21. Available at: http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11659-008-0106-y. Accessed December 6, 2012.
4. Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng 2002;10:1-10.
5. Huo X, Park H, Kim J, Ghovanloo M. A dual-mode human computer interface combining speech and tongue motion for people with severe disabilities. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng 2013;21:979-91.
6. Kim DG, Lee BS, Lim SE, et al. The selection of the appropriate computer interface device for patients with high cervical cord injury. Ann Rehabil Med 2013;37:443-8.
7. Kim J, Park H, Bruce J, et al. Qualitative assessment of tongue drive system by people with high-level spinal cord injury. J Rehabil Res Dev 2014;51:451-65.
8. Choi C, Na Y, Rim B, Kim Y, Kang S, Kim J. An SEMG computer interface using three myoelectric sites for proportional two-dimensional cursor motion control and clicking for individuals with spinal cord injuries. Med Eng Phys 2013;35:777-83.
9. Turpin G, Armstrong J, Frost P, Fine B, Ward C, Pinnington L. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. J Med Eng Technol 2005;29:119-29.
10. Le Pévédic B. Scalable morphosyntactic prediction Handi AS [French] [dissertation]. Nantes: Doctoral School of Engineering Sciences; 1997.
11. Pouplin S, Robertson J, Antoine J, et al. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. J Rehabil Res Dev 2014;51:467-80.
12. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. In: Proceedings of CHI '05—Conference on Human Factors in Computing Systems; 2005 Apr 2-7; Portland, OR. New York: Association for Computing Machinery; 2005. p 1729-32. Available at:

http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1056808.1057008. Accessed January 20, 2015.
13. Kushler C. AAC using a reduced keyboard. In: Proceedings of CSUN'98— CSUN Conference on Technology and Persons With Disabilities; 1998 Mar 17-21; Los Angeles, CA. Nortridge: California State Univ; 2001.
14. Isokoski P. Performance of menu-augmented soft keyboards. In: Proceedings of CHI '04—Conference on Human Factors in Computing Systems; 2004 Apr 24-29; Vienna (Austria). New York: Association for Computing Machinery; 2004. p 423-30. Available at: http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=985692.985746. Accessed January 25, 2015.
15. Harbusch K, Kühn M. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. In: Craddock GM et al, editors. Assistive Technology − Shaping the Future; AAATE'03; Dublin (Ireland); 2003 Aug 31-Sept 3. p 1-6.
16. Rieger JM. The effect of automatic speech recognition systems on speaking workload and task efficiency. Disabil Rehabil 2003;25:224-35.
17. Pouplin S, Roche N, Hugeron C, Vaugier I, Bensmail D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. Eur J Phys Rehabil Med 2015 Feb 5 [Epub ahead of print].
18. Wandmacher T, Antoine J, Poirier F, Départe J-P. Sibylle, an assistive communication system adapting to the context and its user. ACM Trans Access Comput 2008;1:1-30.
19. Koester HH, Levine SP. Effect of a word prediction feature on user performance. Augment Altern Commun 1996;12:155-68.
20. Laffont I, Dumas C, Pozzi D, et al. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. J Rehabil Med 2007;39:399-404.
21. Vigouroux N, Vella F, Truillet P, Raynal M. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects: able-bodied subjects and disabled motor subjects. In: 8th ERCIM Workshop, User Interface for All; Vienna (Austria); 2004. p 28-9.
22. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assist Technol 2006;18:146-54.
23. Anson D. The effect of word prediction on typing speed. Am J Occup Ther 1993;47:1039-42.
24. Koester HH, Levine SP. Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and with-out word prediction. Assist Technol 1994;6:42-53.
25. Koester HH. The effect of a user's search strategy on performance with word prediction. In: Proceedings of the RESNA '97 Annual Conference, Pittsburgh. Arlington: RESNA Press; 1997.
26. Venkatagiri HS. Effect of window size on rate of communication in a lexical prediction AAC system. Augment Altern Commun 1994;10:105-12.
27. Koester HH, Levine S. Keystroke-level models for user performance with word prediction. Augment Altern Commun 1997;13:239-57.
28. Guttmann L. Spinal cord injuries, comprehensive management and research. 1st ed. Oxford: Blackwell Science; 1973.
29. Fraval Lye M, Boutard C. Textzados. Isbergues: Ortho Edit; 2004.
30. Tam C, Wells D. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. Assist Technol 2009;21:105-14.

IV. 3. Résultats complémentaires

IV. 3. 1. Objectif.

L'objectif de cette étude complémentaire est de déterminer si le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction influence la vitesse de saisie de texte chez des personnes valides.

IV. 3. 2. Participants.

25 personnes valides ont été recrutées en plus du panel de personnes tétraplégiques.

IV. 3. 3. Méthodes.

La vitesse de saisie de texte a été évaluée durant 4 tâches de copie de texte sur l'outil informatique :

- Une tâche de copie de texte sans logiciel de prédiction de mots.
- Une tâche de copie de texte avec le logiciel de prédiction de mots affichant 3 mots.
- Une tâche de copie de texte avec le logiciel de prédiction de mots affichant 6 mots.
- Une tâche de copie de texte avec le logiciel de prédiction de mots affichant 8 mots.

IV. 3. 4. Mesures.

Durant les 4 tâches de copie de texte, des mesures objectives (vitesse de saisie de texte, vitesse de sélection des touches, nombre d'erreurs, taux d'utilisation de la prédiction) et des mesures subjectives (sensation de fatigue, de rapidité, de charge attentionnelle et satisfaction) ont été effectuées.

IV. 3. 5. Analyse statistique.

Une ANOVA à mesures répétées a été effectuée afin d'évaluer l'influence de la condition expérimentale sur la vitesse de saisie de texte. Un T de Student suivi d'une correction de Bonferroni ont été ensuite effectuée afin d'évaluer les différences significatives entre les conditions 2 à 2.

IV. 3. 6. Résultats.

Nous retrouvons 17 hommes pour 8 femmes, un âge moyen de 37,2 (SD=11) ans, un niveau d'étude moyen de 15,6 (SD=2) ans à partir de la naissance. Le tableau suivant présente la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs, la vitesse de sélection des touches et le taux d'utilisation de la prédiction chez les personnes valides durant les 4 tâches de copie de texte (Tableau 10).

TABLEAU 10: VITESSE DE SAISIE DE TEXTE, NOMBRE D'ERREURS, VITESSE DE SELECTION ET TAUX D'UTILISATION DE LA PREDICTION (PERSONNES VALIDES)

Conditions	Sans Prédiction	Prédiction avec 3 mots	Prédiction avec 6 mots	Prédiction avec 8 mots
Vitesse de saisie de texte (caractères par minute)	136 (43)	92,4 (32)	89,3 (32)	88 (31)
Nombre d'erreurs	35,5 (16)	23 (10)	22,5 (12)	21,9 (10)
Vitesse de sélection	143,4 (46)	101,2 (33)	98,4 (33)	96,8 (32)
Taux d'utilisation de la prédiction	N/A	41,5 (17)	41,6 (17)	44 (18,8)

Moyenne (Ecart-type). N/A : Non Applicable

L'ANOVA à mesure répétée montre un effet significatif de la condition sur **la vitesse de saisie de texte** (F(4,21)=55,9 ; ***P<0,001***). Le Test T de Student montre une différence significative entre la condition « sans prédiction » et les conditions respectivement avec 3 mots (***P<0,001***), 6 mots (***P<0,001***) et 8 mots (***P<0,001***).

L'ANOVA à mesure répétée montre un effet significatif de la condition sur **le nombre d'erreurs** (F(4,21)=35,6 ; ***P<0,001***). Le Test T de Student montre une différence significative entre la condition « sans prédiction » et les conditions respectivement avec 3 mots (***P<0,001***), 6 mots (***P<0,001***) et 8 mots (***P<0,001***).

L'ANOVA à mesure répétée montre un effet significatif de la condition sur **la vitesse de sélection** (F(4,21)=35,6 ; ***P<0,001***). Le Test T de Student montre une différence significative entre la condition « sans prédiction » et les conditions respectivement avec 3 mots (***P<0,001***), 6 mots (***P<0,001***) et 8 mots (***P<0,001***).

Concernant le **taux d'utilisation de la prédiction**, l'ANOVA à mesure répétée ne montre pas d'effet significatif de la condition sur le taux d'utilisation de la prédiction.

Concernant les mesures subjectives, l'ANOVA à mesure répétée montre un effet significatif de la condition sur **la fatigue** (F(4,21)=3,04 ; ***P=0,03***). Le Test T de Student montre une différence significative entre la condition « sans prédiction » et la condition avec 3 mots (***P=0,04***), avec la condition avec 6 mots (***P=0,04***).

L'ANOVA à mesures répétées montre un effet significatif de la condition sur **la charge attentionnelle** (F(3,22)=38,6 ; ***P<0,001***). Le test T de Student montre une différence significative entre la condition «sans prédiction » et les conditions respectivement avec 3 mots (***P<0,001***), 6 mots (***P<0,001***) et 8 mots (***P<0,001***). De plus est montrée une différence significative entre la condition avec 8 mots et respectivement avec 3 mots (***P=0,001***) et 6 mots (***P=0,02***).

L'ANOVA à mesures répétées montre un effet significatif de la condition sur **la sensation de rapidité** (F(3,22)=18,2 ; ***P<0,001***). Le test T de Student montre une différence significative entre la condition «sans prédiction » et les conditions respectivement avec 3 mots (***P<0,001***), 6 mots (***P<0,001***) et 8 mots (***P<0,001***).

L'ANOVA à mesures répétées ne montre pas d'effet significatif de la condition sur **le niveau de satisfaction** des personnes.

IV. 4. Synthèse

L'effet du nombre de mots affichés dans la liste de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte diffère en fonction des deux groupes de tétraplégie (haute et basse).

Pour les personnes tétraplégiques hautes, nous ne retrouvons ni d'amélioration ni de dégradation de la vitesse de saisie de texte, quel que soit le nombre de mots affichés.

En revanche, *pour le groupe de personnes tétraplégiques basses*, une dégradation de la vitesse de saisie de texte est effective avec le logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés.

Cependant, nous noterons que les personnes tétraplégiques basses se sentent plus rapides avec un affichage à 3 mots alors que les personnes tétraplégiques hautes ont une satisfaction plus élevée avec un affichage à 8 mots.

Plus qu'une influence du nombre de mots affichés sur la vitesse de saisie de texte, il s'agit plus d'un confort d'utilisation pour les personnes tétraplégiques.

Concernant les personnes valides, nous retrouvons des résultats un peu différents de la population tétraplégique. Les résultats concernant la vitesse de saisie de texte s'approchent du groupe de personnes tétraplégiques basses. L'utilisation du logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés dégrade la vitesse de saisie de texte. Par contre, nous voyons un bénéfice secondaire à savoir la réduction du nombre d'erreurs grâce à l'usage du logiciel de prédiction de mots. Par ailleurs, nous noterons que le nombre de mots affichés n'a pas d'influence sur ce nombre d'erreurs.

De plus, c'est surtout au niveau des données subjectives que le comportement des personnes valides est différent des personnes tétraplégiques. Pour les personnes valides, nous retrouvons une augmentation de la fatigue et une diminution de la sensation de rapidité lors de l'utilisation de la prédiction de mots. Enfin, une augmentation de la charge attentionnelle est soulignée avec le logiciel de prédiction de mots et majorée avec un affichage à 8 mots. En conclusion, aucun bénéfice subjectif du logiciel de prédiction de mots n'est mis en avant par les personnes valides contrairement aux personnes tétraplégiques ou un certain confort est souligné.

Ces résultats confortent ceux de l'étude 1 indiquant une fois encore que les résultats obtenus chez les personnes tétraplégiques diffèrent de ceux obtenus chez les personnes valides et de manière encore plus marquée chez les personnes tétraplégiques hauts.

V. ETUDE 5 : ETUDE DE L'INFLUENCE DU PARAMETRAGE « FREQUENCE D'UTILISATION DES MOTS » SUR LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE.

V. 1. Présentation

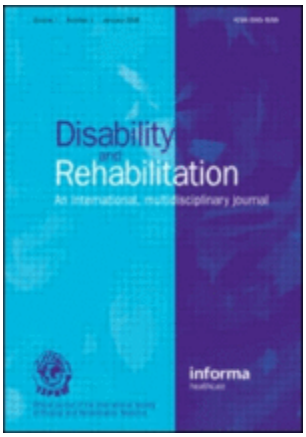
Les logiciels de prédiction de mots s'appuient sur les premières lettres que l'utilisateur saisit afin de pouvoir proposer une liste de mots prédits. Néanmoins, certaines prédictions avancées y associent les mots précédents dans la phrase. Ces prédictions augmentent d'un point de vue théorique la pertinence des mots prédits. De plus, ces logiciels offrent plusieurs fonctionnalités pouvant être paramétrées par les utilisateurs. Parmi celles-ci, nous pouvons citer la possibilité du logiciel d'apprendre des mots nouveaux et de présenter les mots prédits en fonction de la fréquence d'utilisation dans la langue française tout en s'adaptant au vocabulaire de l'utilisateur. Néanmoins, ce paramétrage n'est pas disponible dans tous les logiciels de prédiction français et l'activation de ce réglage n'est pas forcément réalisée par défaut. De plus, cette fonctionnalité a été jugée très importante par les professionnels lors de notre étude 3. Or, dans la littérature, à notre connaissance, aucune étude n'a étudié l'influence de ce paramétrage sur la vitesse de saisie de texte. L'objectif de l'étude 5 était d'y remédier.

V. 2. L'étude

Préconisations et paramétrages des logiciels de prédiction de mots par les professionnels pour les personnes tétraplégiques : une étude prospective et observationnelle.

The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical injury: a prospective study

Samuel Pouplin, Nicolas Roche, Jean-Yves Antoine, Isabelle Vaugier, Marjorie Figère, Sandra Pottier, Djamel Bensmail.



Article soumis dans
Disability and Rehabilitation

TITLE: The effect of word prediction settings (frequency of use) on text input speed in persons with cervical spinal cord injury: a prospective study

AUTHORS

Samuel POUPLIN, OT, PhD Student[1-4]

Nicolas ROCHE, MD, PhD[3-5]

Jean-Yves ANTOINE[6],

Isabelle VAUGIER, Biostatistician[4]

Sandra POTTIER, Project Manager[4]

Marjorie FIGERE, ARC[4]

Djamel BENSMAIL, MD, PhD[1-4]

[1]New Technologies Plate-Form, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[2]Physical Medicine and Rehabilitation Department, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[3]Inserm Unit 1179, Team 3: **T**echnologies and **I**nnovative **T**herapies **A**pplied to **N**euromuscular diseases, University of Versailles St- Quentin-en-Yvelines, France.

[4]Clinical Innovations Center 1429, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France.

[5]Physiology–Functional Testing Ward, AP-HP, Raymond Poincaré Teaching Hospital, Garches, France

[6]University of François Rabelais of Tours, Tours, France

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

None of the authors have any declaration of interest to report regarding this study.

ACKNOWLEDGMENTS

We sincerely thank all the participants of this study.

This research is supported by the Paul Bennetot Fondation (Matmut Group Foundation)

ABSTRACT

Objective

To determine whether activation of the frequency of use and automatic learning parameters of word prediction software has an impact on text input speed.

Design

A prospective study.

Subjects

Forty-five participants with cervical spinal cord injury between C4 and C8 Asia A or B accepted to participate to this study.

Methods

A single evaluation session was carried out for each participant. Text input speed was evaluated during 3 copying tasks:

-without word prediction software (WITHOUT condition)

-with automatic learning of words and frequency of use deactivated (NOT_ACTIV condition)

-with automatic learning of words and frequency of use activated (ACTIV condition)

Results

Text input speed was significantly higher in the WITHOUT than the NOT_ACTIV ($p<0.001$) or ACTIV conditions ($p=0.02$) for participants with low lesions. Text input speed was significantly higher in the ACTIV than in the NOT_ACTIV ($p=0.002$) or WITHOUT ($p<0.001$) conditions for participants with high lesions.

Conclusion

Use of word prediction software with activation of frequency of use and automatic learning increased text input speed in participants with high-level tetraplegia. For participants with low-level tetraplegia, use of word prediction software with frequency of use and automatic learning activated only decreased the number of errors.

KEY WORDS:

Cervical spinal cord injury, text input speed, word prediction software, frequency of use, computer

Corresponding author: Samuel POUPLIN, OT, MSc, PhD Student Plate-Forme Nouvelles Technologies, Service de Médecine Physique et Réadaptation, Hôpital R. Poincaré, 104 boulevard R. Poincaré, 92380 Garches, France. Email adress : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr, Phone number: +33147107061; Fax Number: +33147107063

Introduction

In daily modern life, Information and Communication Technologies are important for social and professional integration(1). However, access to technology can be difficult for persons with disabilities such as cervical spinal cord injury(SCI). Different devices have been developed to enable them to use a computer depending on the level of lesion(2)(3)(4)(5)(6)(7).

However, despite the development of these different assistive technologies, text input speed(TIS) remains lower for people with sensory motor impairments than for able-bodied people(8). Several methods have been developed to increase TIS(7)(9)(10)(11)(12)(13) such as speech recognition systems(4) and word prediction software(WPS). These software, recommended by health-related professionals, are complementary: for example, in a noisy home environment, the use of a speech recognition system may be compromised. WPS may be a more appropriate solution to compensate for some of the disadvantages of speech recognition software. WPS involves displaying a list of words that relate to the word being typed by the user. If one of the predicted words is correct, the user can select it in the list, thereby avoiding having to type the whole word(keystroke saving). The prediction is based on the first letters of the word being typed(lexicon checking). However, advanced WPS also take into account the previous word within the sentence(syntactic or even semantic prediction(14)). Such WPS can be customized using different settings(15). Among them, it is frequently possible to activate the automatic learning of new words, and to order the prediction list according to the frequency of occurrence of words in the language: the most frequently used words are thereby displayed first in the prediction list(frequency of use). The effect of some of these parameters has been studied in the literature(16), however the effect of the majority of parameters has not been evaluated. WPS are based on the frequency of words in English or French language. Some WPS cannot be adapted to the user's vocabulary and the frequency of words used if used in French, however other WPS allow this parameter to be activated or deactivated. To our knowledge, there are no studies in the literature which have evaluated the influence of this parameter on TIS. According to our clinical experience in persons with cervical SCI AIS A and B, it seems logical to hypothesize that the use of word prediction software and the adaptation to the user's vocabulary should allow the selection of the most appropriate words most rapidly, therefore improving TIS. Similarly, it is possible that these parameters may not have the same effect in persons with high and low tetraplegia since they do not use the same devices to access the computer.

The aim of this study was therefore to determine whether the use of WPS with the frequency of use and automatic learning parameters activated had an impact on TIS and if there was a difference between the effects in persons with high and low tetraplegia. The main hypothesis was that the activation of these parameters should improve TIS in a **homogenous** sample of persons with cervical SCI AIS A or B.

Materials and Methods

Participants

This study was carried out between October 2013 and March 2014. During this period, persons with cervical SCI followed in the department of physical medicine and rehabilitation of a Teaching Hospital were included if they were over 18 years old, had a SCI level between C4 and C8 Asia AIS A or B, were computer users but did not use the WPS function (to limit bias) and could read and write French. Participants were excluded if they had cognitive, linguistic or visual impairments. The study was approved by the local ethics committee (CPP Ile de France, Saint Germain en Laye) and all subjects provided written informed consent before participation. Data collection was made in April 2014.

Materials.

In order to standardize the conditions of the evaluation, a Dell XPS computer and a Toshiba computer, both equipped with a KeyVit Onscreen Keyboard and Skippy WPS were used. The WPS was chosen following a study of the most commonly prescribed or used WPS performed by our group(15) in health related professionals and persons with cervical SCI. The results showed that Skippy (a syntax-based WPS) was the most commonly used software.

Participants who used an onscreen keyboard used their usual head-controlled pointing devices.

WPS was configured to display a list of 6 words horizontally at the top of the screen. These choices were based on a preliminary study conducted in our group on the use of WPS(15) and data in the literature. Two computers were used. On a Dell computer, two parameters of Skippy were not activated: the automatic learning of new words and the faster presentation of the words most frequently used (frequency of use). The predicted words were displayed alphabetically. On a Toshiba Computer, the automatic learning of new words and frequency of use parameters were activated. Furthermore, the words of the texts used for the assessment were integrated into the WPS dictionary.

Study design.

Firstly, the WPS was explained to each participant. Then, each participant carried out a 5-minute training session using WPS with the automatic learning of words and frequency of use parameters activated during a copying task. Finally, each participant underwent a single evaluation session. During this evaluation, 3 10-minute copying tasks were carried out in a randomised order:

-a copying task without WPS (WITHOUT condition) (Dell computer)

-a copying task using WPS but with automatic learning of words and frequency of use not activated (NOT_ACTIV condition) (Dell computer)

-a copying task using WPS with automatic learning of words and frequency of use activated (ACTIV condition) (Toshiba computer)

A five-minute break was given between each copying task. Four 500-words texts of similar complexity were used, drawn from a speech and language therapy book(17). The average word length was 5.1 ± 0.5 (SD) characters. The length of all the texts was deliberately too long to allow the task to be completed in 10 minutes. The evaluation was stopped after 10 minutes, no matter how much of the text had been copied. The texts were randomly allocated in order to ensure that the same text was not associated with the same condition.

Participants were instructed to use the WPS as desired; i.e., no instructions were given regarding strategy of use. Errors could be corrected.

All assessments were performed by the same investigator and were videotaped. The videos were used for the analysis.

Outcome Measures.

During the 3 copying tasks, TIS was evaluated quantitatively and qualitatively as follows:

Quantitative assessment

- Characters per minute (cpm): The number of characters typed in ten minutes divided by 10, including punctuation marks and spaces as well as backspace, selection errors, and correction times.

- Item selection speed (items per minute): The number of items selected in ten minutes divided by 10 including punctuation marks, spaces, backspaces, arrow keys and words selected in the word prediction list.

- Number of errors and **rate of word prediction use** in ten minutes were noted and were calculated from videos (number of errors and number of words selected from the word prediction list in ten minutes).

Qualitative assessment (self-evaluations).

Fatigue was evaluated using a 0-10 point visual analogue scale (VAS) before and after each task (0: no fatigue / 10: exhaustion)

Perception of speed and cognitive load were also evaluated using 0-10 point VASs. Perception of speed - 0: very slow / 10: very fast; cognitive load - 0: low cognitive load / 10: high cognitive load.

Satisfaction was evaluated using a 0-5 point VAS (0: not satisfied / 5: very satisfied)

Data Analysis

Descriptive statistics (mean ± standard deviation) were used to describe continuous variables and frequencies for categorical variables.

The data followed a normal distribution (Shapiro–Wilk-test) thus parametric tests were used. In order to evaluate interactions between the effect of "frequency of use" and "learning new words" on TIS, item selection speed, number of errors, rate of word prediction use, satisfaction, cognitive load and perception of speed, a 2 factors repeated-measures analysis of variance was performed with level of lesion as the first factor and activation of word prediction software as the second factor (WITHOUT, NOT_ACTIV, ACTIV). A post-hoc method was carried out with a Bonferroni correction.

The level of significance was fixed at $p < 0.05$. Data were analyzed using STATISTICA 10 software - StatSoft. Inc software (Tulsa, USA).

Results

Participants

Among 90 persons with cervical SCI who fulfilled the inclusion/exclusion, 45 participants with cervical SCI accepted to participate to this study (35 males and 10 females; 39.6 (SD 10) years old; 14.7 (SD 3) years of education). Time since lesion was 10.6±8 years. 36 participants had used computers for over 10 years, 5 participants between 5 and 10 years, 3 between 1 and 5 years and 1 for less than 1 year.

Lesion level was high (C4 and C5 Asia AIS A or B) for 15 participants (high lesion group) and was between C6 and C8 Asia AIS A or B for 30 participants (low lesion group). In the high lesion group, 13 participants used word processing software regularly (> 3 times per week) and 2 did not (≤ 3 times per month). In the low lesion group (30 participants), all participants used word processing software regularly (> 3 times per week).

Results of the quantitative assessments

Characters per minute (cpm)

Table I. Characters per minute – Mean (sd)

	Condition		
	WITHOUT	**NOT_ACTIV**	**ACTIV**
All participants	53.8 (37)	45.6 (22)	51.3 (23)
Participants with low lesions	69 (36)	55.2 (19)	59.8 (21)
Participants with high lesions	23.4 (12)	26.2 (14)	34.4 (20)

There was a significant effect of condition (WITHOUT / NOT_ACTIV / ACTIV) ($F=3.81$; $p=0.02$) and lesion level ($F=23.8$; $p<0.001$) and a significant interaction between condition and lesion level ($F= 9.39$; $p<0.001$).

The Post-Hoc analysis indicated that:

- Participants with a low lesion wrote faster than participants with a high lesion, whatever the condition.
- In participants with low lesions, TIS was significantly higher in the WITHOUT condition than the NOT_ACTIV ($p<0.001$) and ACTIV ($p=0.02$) conditions.
- In participants with high lesions, TIS was significantly higher in the ACTIV than the NOT_ACTIV ($p=0.002$) and WITHOUT ($p<0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and the WITHOUT conditions ($p=0.99$)

Number of Errors

Table II. Number of errors – Mean (sd)

	Condition		
	WITHOUT	**NOT_ACTIV**	**ACTIV**
All participants	15 (10)	13.6 (8)	9.7 (5)
Participants with low lesions	18.2 (9)	16.9 (6)	11.9 (5)
Participants with high lesions	8.8 (8)	6.9 (5)	5.1 (3)

There was a significant effect of condition (WITHOUT / NOT_ACTIV / ACTIV) ($F=9.27$; $p<0.001$) and a significant effect of lesion level ($F=26.4$; $p<0.001$) but no interaction between the condition and lesion level ($F= 1.03$; $p=0.35$).

The post-Hoc analysis indicated that:

- Participants with low lesions made more errors than participants with high lesions ($p<0.001$).
- In participants with low lesions, the number of errors was significantly lower in the ACTIV condition than the NOT_ACTIV ($p=0.006$) and WITHOUT ($p<0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions ($p=0.99$).
- In participants with high lesions, there was no difference between conditions (ACTIV versus NOT_ACTIV: $p=0.99$, ACTIV versus WITHOUT: $p=0.89$ and NOT_ACTIV versus WITHOUT: $p=0.99$.

Item selection speed.

Table III. Key selection speed (keys per minute) – Mean (sd)

	Condition		
	WITHOUT	**NOT_ACTIV**	**ACTIV**
All participants	69.9 (45)	52.2 (25)	58.2 (25)
Participants with low lesions	81.8 (43)	63 (22)	67.4 (22)
Participants with high lesions	25.4 (13)	30 (16)	39.8 (23)

There was a significant effect of condition (WITHOUT / NOT_ACTIV / ACTIV) (F=3.38; p=0.03) and lesion level (F=24.2; p<0.001) as well as a significant interaction between condition and lesion level (F= 12.7; p<0.001).

The post-Hoc analysis indicated that:

-Participants with low lesions selected keys more quickly than participants with high lesions.

-For participants with low lesions, key selection speed in the WITHOUT condition was significantly faster than in the NOT_ACTIV (p<0.001) and ACTIV (p=0.02) conditions.

-For participants with high lesions, key selection speed was significantly faster in the ACTIV condition than in the NOT_ACTIV (p=0.004) and WITHOUT (p<0.001) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions (p=0.99).

Rate of Word prediction use

Table IV. Rate of Word prediction use – Mean (sd)

	Condition		
	WITHOUT	**NOT_ACTIV**	**ACTIV**
All participants	N/A	29.8 (17)	51.7 (25)
Participants with low lesions	N/A	31.9 (17)	53 (18)
Participants with high lesions	N/A	25.8 (17)	49 (36)

N/A: Not Applicable

There was a significant effect of condition (NOT_ACTIV / ACTIV) (F=37.5; p<0.001) but no significant effect of lesion level (F=0.7; p=0.39) and no interaction between condition and lesion level (F= 0.09; p=0.76)

The post-hoc analysis indicated that:

- The rate of word prediction use was significantly higher in the ACTIV than NOT_ACTIV condition in participants with low (p<0.001) and high lesions (p=0.01).

Results of the qualitative assessments

Subjective measures (fatigue, perception of speed, cognitive load and satisfaction)

Regarding **fatigue,** there was no significant effect of condition (WITHOUT / NO_ACTIV / ACTIV) ($F=1.01$; $p=0.36$), lesion level ($F=0.34$; $p=0.56$) and no interaction between condition and lesion level ($F= 1.62$; $p=0.20$).

Regarding **perception of speed,** there was a significant effect of condition (WITHOUT / NO_ACTIV / ACTIV) ($F=26.8$; $p<0.001$) but no effect of lesion level ($F=2$; $p=0.16$); there was no interaction between condition and lesion level ($F= 1.2$; $p=0.27$).

The post-hoc analysis indicated that:

-Participants with low lesions perceived that they inputted text significantly faster in the ACTIV than the WITHOUT ($p<0.001$) or NOT_ACTIV ($p<0.001$) conditions. There was no difference between the NOT_ACTIV and WITHOUT conditions ($p=0.99$).

-For participants with high lesions, there was no difference between the WITHOUT and NOT_ACTIV ($p=0.99$) or ACTIV ($p=0.09$) conditions.

Regarding **cognitive load**, there was a significant effect of condition (WITHOUT / NO_ACTIV / ACTIV) ($F=6.45$; $p=0.01$) but no effect of lesion level ($F=0.45$; $p=0.5$) and no interaction between condition and lesion level ($F= 1.16$; $p=0.28$).

The post-hoc analysis indicated that:

-For participants with low lesions, cognitive load was significantly higher in the NOT_ACTIV than WITHOUT condition ($p=0.01$). For the high lesion group, there were no differences between the WITHOUT, NOT_ACTIV ($p=0.99$) and ACTIV ($p=0.99$) conditions.

Regarding **satisfaction** with WPS, there was a significant effect of condition (WITHOUT / NO_ACTIV / ACTIV) ($F=17.5$; $p<0.001$) but no effect of lesion level ($F=3.5$; $p=0.06$). There was also a significant interaction between condition and lesion level ($F= 6.8$; $p=0.01$).

The post-hoc analysis indicated that:

-Participants with low lesions were more satisfied with the ACTIV condition than the NOT_ACTIV condition ($p<0.001$).

-For the high lesion group, there was no difference between the NOT_ACTIV ($p=0.99$) and ACTIV ($p=0.99$) conditions.

Discussion

The hypothesis of this study was that the activation of the frequency of use and learning new words parameters would increase TIS in a homogenous population of persons with cervical SCI AIS A or B and therefore that in the ACTIV condition participants would input text faster than in the NOT_ACTIV or WITHOUT conditions.

However, the results showed that the effects differed according to the level of the lesion: i) for participants with low lesions, TIS was significantly higher when WPS was not used ; ii) for participants with high lesions, text input was significantly faster when using WPS with the frequency of use and automatic learning parameters activated. The hypothesis was thus confirmed only in participants with high lesions.

The increase in TIS found in the high lesion group with use of WPS in the ACTIV condition is not in accordance with the results of a previous study which showed that the use of WPS decreases TIS(18). However, two participants with high SCI and four participants with low lesions were included in that study and the results were not separated according to the level of the lesion. The results of the present study, obtained in a larger sample of subjects, suggest that these WPS parameters can be useful for persons with high cervical injuries. This was further confirmed by the high rate of word prediction use in the ACTIV condition in this group. It is interesting that despite the increase of around 30% in TIS and the doubling of the rate of use of word prediction in the ACTIV compared with the NOT-ACTIV condition, the participants did not perceive the increase in speed. It is possible that this increase is not perceived because TIS remained very low. Therapists therefore need to be aware of the objective effects of the use of certain software and parameters and must consider the perception of users with caution when prescribing and setting up communication devices for patients, particularly since activation of these parameters did not increase cognitive load. The results also showed that use of WPS did not decrease the number of errors. This may be because the low TIS indirectly limited the number of errors or because the location of onscreen keyboard restricted visual exploration.

In contrast with the high lesion group, activation of the frequency of use and automatic learning parameters did not improve TIS in the low lesion group. However, rate of word prediction use was higher when these parameters were activated. More surprisingly, the results of this study, conducted in a relatively large sample, suggested that when the level of the lesion was at or below C6 Asia AIS A and B(19) TIS was faster without WPS. However, use of WPS did appear to provide some advantages. For example, the number of errors was reduced when the frequency of use and automatic learning parameters were activated. This reduction may result in the sensation of wasting less time to correct errors, even if this was

not confirmed objectively. Moreover, regarding the number of errors, this result is in accordance with the data in the literature. Antoine et al. (2007) showed in ten participants with cerebral palsy that WPS did not necessarily increase TIS but reduced the number of errors and fatigue(20). However, regarding fatigue, the results of the present study do not confirm their results since there was no effect of WPS on fatigue in either group. This difference might be related to the fact that persons with cervical SCI do not experience fatigue to the same extent as persons with brain injury. Indeed, persons with cerebral palsy people frequently have a certain degree of cognitive impairment. Thus typing requires more attention and generates more fatigue. Another factor may be that since all the participants of the present study had been regular computer users since their accidents, they may have built up endurance to text input.

An important result which arose from this study is that the activation of the frequency of use and automatic learning parameters influenced either TIS or the number of errors depending on the level of injury. This suggests that inconstancies in the literature relating to the effect of WPS on TIS relate to a lack of standardization of the activation of associated parameters across studies (21)[17,](5) as well as the inclusion of subjects with different levels of cervical injury. In order to fully optimize text input in persons with cervical SCI, it is thus fundamental to study the effects of different software in more detail, mainly the effect of the different parameters within each software. It is also essential to understand the settings prescribed by health professionals and the criteria on which they base their choices.

It was also surprising to find that the participants did not perceive the objective improvements in TIS with the use of WPS. It is therefore important that therapists should carry out objective measures to aid patients in the choice of software and communication devices. This study involved a single typing session and the WPS was new to all participants. It is possible that a period of training or longer-term use of WPS would have allowed improvements to be consolidated and participants to become aware of the benefits of the software and parameters.

Limitations

The difference in the size of the two groups (high and low cervical SCI) may have limited the interpretation of results. Similarly differences in the frequency of use of word processing between subjects could have increased the variability of TIS.

Conclusion

The aims of this study were to determine if the activation of the frequency of use and automatic learning parameters of WPS affected TIS in persons with cervical SCI. The results showed that the effects differed according to the level of the lesion. In participants with lesions at or below C6, the activation of these parameters decreased the number of errors but did not increase TIS. In contrast, in participants with lesions above C6, the activation of these parameters increased TIS but did not decrease the number of errors. These results demonstrate the importance of appropriately setting WPS parameters both when prescribing systems for patients and in future studies. Finally, participants did not perceive improvements associated with the WPS. It would be interesting to evaluate the effects of a training period with WPS to evaluate if subjects become aware of changes and if further improvements occur.

REFERENCES

1. Bigot P, Croutte E. La diffusion des technologies de l ’ information et de la communication dans la société. Rapp réalisé à la demande du Cons Général des Technol l’Information (Ministère l’Economie, des Financ l’Emploi) l’Autorité Régulation des Commun Electron des Postes Cent Rech pour l’Etude l’O. 2013;220.

2. Laffont I, Biard N, Bouteille J, Pouplin S, Guillon B, Bernuz B, et al. Tétraplégie: solutions technologiques de compensation des incapacités découlant de l’atteinte des membres supérieurs. La Lett médecine Phys réadaptation [Internet]. 2008 Sep 27 [cited 2012 Dec 6];24(3):113–21. Available from: http://www.springerlink.com/index/10.1007/s11659-008-0106-y

3. Betke M, Gips J, Fleming P. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng [Internet]. 2002 Mar;10(1):1–10. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12173734

4. Dalton JR, Peterson CQ. The use of voice recognition as a control interface for word processing. Occup Ther Heal care [Internet]. 1997 Jan;11(1):75–81. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23931591

5. Koester HH, Levine SP. Effect of a Word Prediction Feature on User Performance. Augment Altern Commun. 1996;12(September):155–68.

6. Lau C, Leary SO. Comparison of computer interface devices for persons with severe physical disabilities. Am J Occup Ther. 1993;47(November).

7. Devries RC, Deitz J, Mailing W. A comparison of two computer access systems for functional text entry. Am J Occup Ther. 1998;52(8):656–65.

8. Le Pévédic B. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS. Thesis. 1997.

9. Turpin G, Armstrong J, Frost P, Fine B, Ward C, Pinnington L. Evaluation of alternative computer input devices used by people with disabilities. J Med Eng Technol [Internet]. 2005;29(3):119–29. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16019881

10. MacKenzie IS, Zhang SX. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. Proc SIGCHI Conf Hum factors Comput Syst CHI is limit - CHI ’99 [Internet]. New York, New York, USA: ACM Press; 1999;25–31. Available from: http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=302979.302983

11. Raynal M, Vigouroux N. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. CHI ’05 Ext Abstr Hum factors Comput Syst - CHI '05 [Internet]. New York, New York, USA: ACM Press; 2005;1729. Available from: http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1056808.1057008

12. Kushler C. AAC USING A REDUCED KEYBOARD. Proc CSUN Conf Technol Pers with Disabil CSUN’98 Calif State Univ Nortridge CA. 2001;

13. Harbusch. An evaluation an evaluation study of two button scanning with ambiguous keyboards. 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe, AATE’2003 Dublin, Ireland. 2003.

14. Wandmacher T, Antoine J, Departe J-P, Poirier F. SIBYLLE : A system for alternative communication adapting to the context and its user. ACM Trans Access Comput. 2008;

15. Pouplin S, Roche N, Hugeron C, Isabelle V, Bensmail D. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury : a prospective observational study. Eur J Phys Rehabil Med. 2015;article in press.

16. Koester HH. Model simulations of user performance with word prediction. Augment Altern Commun. 1998;14(1):25–36.

17. Fraval Lye M, Boutard C. TEXTZADOS. ORTHO EDIT. Isbergues; 2004. 125 p.

18. Koester HH. Effect of system configuration on user performance with word prediction result for users with disabilities. Proceedings of the RESNA 2000: June 28 - July 2. 2000.

19. Guttmann L. Spinal Cord Injuries, Comprehensive Management and Research. 1ere éditi. Blackwell Science Ltd; 1973. 768 p. p.

20. Antoine J, Maurel D. Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte Problématique , état des lieux et retour sur trente ans. TAL. 2007;48(2):9–46.

21. Anson D, Moist P, Przywara M, Wells H, Saylor H, Maxime H. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assist Technol [Internet]. 2006 Jan;18(2):146–54. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17236473

V. 3. Synthèse

L'objectif de cette étude était de déterminer l'influence du paramétrage d'adaptation du logiciel de prédiction au vocabulaire de l'utilisateur sur la vitesse de saisie de texte. Nous retrouvons des résultats différents suivant les deux groupes de personnes tétraplégiques (haut et bas). Pour les personnes tétraplégiques basses, les logiciels de prédiction de mots avec ce paramétrage activé réduisent la vitesse de saisie de texte, mais diminuent tout de même le nombre d'erreurs. Par contre, pour les personnes tétraplégiques hautes, nous retrouvons un effet inverse à savoir une augmentation de la vitesse de saisie de texte, mais pas de diminution du nombre d'erreurs.

Cette étude met en avant l'importance de vérifier l'activation des paramètres des logiciels de prédictions de mots avant tout essai avec les personnes tétraplégiques afin de pouvoir bénéficier des avantages de ces logiciels sur la vitesse de saisie de texte. De plus, des bénéfices différents en fonction des déficiences différentes des personnes et donc de leurs différentes aides techniques d'accès à l'ordinateur ont été mises en évidence. Ces informations permettront d'informer de manière pertinente les personnes tétraplégiques sur les possibles bénéfices.

VI. ETUDE 6 : INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT DES PERSONNES TETRAPLEGIQUES SUR LES LOGICIELS DE PREDICTIONS SUR LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE.

VI. 1. Présentation

Dans la littérature, l'influence des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte présente une certaine hétérogénéité. Cette disparité peut être la conséquence d'une influence de certains paramétrages des logiciels de prédiction de mots comme nous l'avons montrée auparavant ou d'un manque d'entraînement ou d'apprentissage sur ce type de logiciel. Dans cette étude, nous souhaitons mettre en évidence l'influence d'un programme d'entraînement dirigé par un ergothérapeute et d'un programme d'auto-entraînement sur la vitesse de saisie de texte à l'aide d'un logiciel de prédiction de mots.

VI. 2. L'étude

Pour rappel, dans la littérature, l'influence des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte présente certaines contradictions. En effet, certaines études mettent en évidence une baisse de 71% de la vitesse de saisie de texte avec la prédiction de mots alors que d'autres études peuvent mettre en évidence des augmentations pouvant aller jusqu'à 45% (Koester and Levine, 1996), (Laffont et al., 2007) (Vigouroux et al., 2004) (Anson et al., 2006) (Anson, 1993) (Koester, 1992) (Heidi H Koester, 1997). Ces résultats montrent une certaine disparité et au vu des résultats présentés précédemment pourraient être dus à l'influence de certains paramétrages des logiciels de prédiction de mots. Une autre hypothèse pouvant expliquer une telle disparité de résultats serait le manque d'entraînement, et par conséquent à l'apprentissage associé à l'utilisation de ce type de logiciel.

Concernant les programmes d'entraînement spécifiques orientés sur l'utilisation des logiciels de prédiction de mots, peu d'études recensent leurs effets. Sur les personnes valides, nous retrouvons dans la littérature, quatre principales études :

- Sur 5 personnes valides qui tapent avec un doigt, sur un clavier virtuel intégré à système de dalle tactile, MACKENZIE a montré, qu'en proposant 20 séances de 45 minutes chacune, qu'une amélioration de la vitesse de saisie de texte apparait. Chaque personne n'avait pas la même fréquence d'entraînement. De plus, les séances étaient espacées d'une durée minimale de deux heures pouvant aller jusqu'à deux jours maximum. Chaque séance était séparée d'au moins deux heures, mais pas plus de deux jours (MacKenzie and Zhang, 1999).

-MACKENZIE a également comparé le clavier virtuel OPTI qu'il a développé avec le clavier standard QWERTY sur 5 personnes valides. Même si ce dernier présente une configuration habituelle de lettres, il constate qu'au bout de 10 séances, les participants écrivaient plus vite avec le clavier optimisé OPTI. En début de séances, la moyenne de saisie de texte est de 17 wpm sur le clavier OPTI et de 28 wpm sur le clavier QWERTY. En fin de séance, la moyenne de saisie de texte est de 45 wpm (OPTI) versus 40 wpm (QWERTY) (MacKenzie and Zhang, 1999).

-De même, WARD a mis en évidence sur 10 personnes valides utilisant un clavier virtuel dynamique à l'aide d'une souris que l'entraînement sur un nouveau dispositif permet d'augmenter la vitesse de saisie de texte et de diminuer le nombre d'erreurs. WARD a proposé sur son clavier virtuel 6 séances d'entraînement d'une demi-heure, espacées d'un à trois jours, sur des tâches de copie de texte. Il constate une augmentation de la vitesse moyenne de saisie de texte de 4 à 14 wpm au départ et de 12 à 28 wpm en fin de séances (Ward et al., 2000).

-Sur 8 personnes valides et 6 personnes blessées médullaires, KOESTER a mis en évidence l'impact d'un apprentissage sur les logiciels de prédictions de mots. Les personnes valides accédaient au clavier physique à l'aide d'une baguette buccale. Les personnes blessées médullaires accédaient au clavier physique à l'aide de leurs systèmes habituels. Un entraînement fut proposé à l'ensemble des participants : il consistait à recopier 6 blocs de 4 phrases chacun tout d'abord avec le clavier seul puis avec le clavier équipé de la prédiction. Pour le clavier équipé de la prédiction, deux stratégies ont été employées pendant l'entraînement. La première était de regarder la liste de mots avant chaque sélection et la deuxième de taper les deux premières lettres de chaque mot puis de recommencer à regarder la liste de mots. Pour la phase expérimentale, sept sessions identiques de recopie de texte ont été répétées, mais l'article ne précise pas à quelle fréquence. Seule est précisée la moyenne du temps de passation de l'ensemble du protocole (entraînement et phase expérimentale) : 21 jours. A la fin des 7 sessions, le temps de sélections des touches diminue de 17.7% au fur et à mesure des sessions même si le temps de sélections des touches

est de 23% plus long avec le clavier équipé de la prédiction versus un clavier seul, pour l'ensemble des participants (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994) (Koester and Levine, 1996).

Ces études démontrent par conséquent l'influence de l'entraînement et de l'apprentissage associé sur la vitesse de saisie de texte. Cependant, ces études ont été réalisées principalement sur des personnes valides. De fait, ces résultats ne sont pas transposables ad integrum aux personnes atteintes de lésion du système nerveux central, susceptibles d'utiliser les logiciels de prédiction de mots. Concernant les personnes tétraplégiques, hormis l'étude de Koester décrite ci-dessus, nous retrouvons qu'une seule étude décrivant l'impact d'un entraînement effectué par des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs sur les logiciels de prédiction de mots. Dans une étude portant sur 10 personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (5 paralysies cérébrales, 3 Scléroses latérales amyotrophiques, 1 Locked In Syndrom et 1 anoxie cérébrale), LAFFONT a montré qu'il n'y avait pas d'effet sur la vitesse de saisie de texte grâce aux logiciels de prédiction de mots suite à un entraînement dirigé par un ergothérapeute et une orthophoniste couplé à une utilisation au domicile. Chaque participant a eu 10 séances de familiarisation sur un synthétiseur vocal équipé d'une prédiction de mots avec un clinicien à raison d'une heure par jour pendant 10 jours. Ensuite le synthétiseur a été mis à disposition des participants pendant deux mois au domicile. LAFFONT a noté un changement allant d'une dégradation de 15% à une augmentation de 34% de la vitesse de saisie de texte en utilisant une prédiction de mots (Laffont et al., 2007). A cette revue de littérature, nous pouvons ajouter les résultats préliminaires de l'étude 1 (Pouplin et al., 2014) que nous avons menée. Pour rappel, les 10 personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs ont eu à leur disposition, pendant deux mois, à domicile, un clavier virtuel AZERTY, un clavier virtuel AZERTY équipé d'une prédiction de mots, d'un clavier virtuel dynamique et d'un clavier virtuel dynamique équipé d'une prédiction de mots. L'entraînement sur les quatre dispositifs était libre et non suivi par un ergothérapeute ou autre professionnel. Cette étude n'a montré aucune influence de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte, au bout d'un ou des deux mois. Néanmoins, cette étude a présenté plusieurs limites, entre autres, l'hétérogénéité de la population étudiée et d'un entraînement non contrôlé.

En vue de ces résultats hétérogènes, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'un entraînement sur les logiciels de prédiction de mots pourrait avoir une influence sur la vitesse de saisie de texte cependant l'amplitude de cette amélioration est difficile à envisager compte tenu de la rareté des données rapportées dans la littérature et de l'hétérogénéité des populations étudiées.

L'objectif de cette étude est de définir si un entraînement contrôlé sur les logiciels de prédictions de mots a une influence sur la vitesse de saisie de texte auprès d'une population homogène de personnes tétraplégiques.

Nous faisons l'hypothèse qu'un entraînement dirigé sur les logiciels de prédictions de mots, dans un service de Médecine Physique et de Réadaptation, supervisé au quotidien par un ergothérapeute augmente la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques contrairement aux personnes suivant un programme d'entraînement à domicile, conçu par un ergothérapeute, mais non supervisé par ce dernier et aux personnes n'ayant aucun entraînement sur les logiciels de prédiction de mots.

- Participants

L'étude a démarré en septembre 2014 et est en cours. Durant cette période, les personnes tétraplégiques suivies ou ayant été suivies par le service de Médecine Physique et de Réadaptation de l'hôpital Raymond Poincaré ont été incluses suivant différents critères. Les critères d'inclusion sont : Avoir plus de 18 ans, une tétraplégie de niveau située entre C6 et C8 ASIA A ou B, être utilisateur de l'outil informatique, accéder à l'outil informatique à l'aide du clavier physique standard, de savoir lire et écrire le français et ne pas être un utilisateur quotidien de logiciel de prédiction de mots. Les personnes étaient exclues si elles avaient des troubles cognitifs, ou visuels.
L'étude a été approuvée par le comité local d'éthique (Comité de Protection des Personnes, Ile-de-France, Saint-Germain-en-Laye) et tous les sujets ont signé la note de consentement avant leur participation.

- Matériel.

Afin d'harmoniser les conditions d'évaluation, un ordinateur de marque Dell XPS équipé du logiciel de prédiction Skippy a été utilisé. Le logiciel de prédiction de mots a été choisi à la suite d'une étude que nous avons menée (Pouplin et al., 2015) auprès des professionnels et des personnes tétraplégiques et qui a montré qu'au niveau national le logiciel Skippy était le plus préconisé et/ou le plus utilisé. Le logiciel de prédiction de mots a été configuré avec une liste de mots présentés horizontalement, en haut de l'écran et présentait 6 mots. Ces réglages sont basés sur les résultats d'une étude préliminaire (Pouplin et al., 2015) que nous avons menée sur le paramétrage des logiciels de prédiction de mots ainsi que sur les données de la littérature (Koester and Levine, 1997). Les paramétrages permettant au logiciel de s'adapter au vocabulaire de l'utilisateur ont également été activés.

- Protocole.

Les personnes tétraplégiques ont été réparties en trois groupes parallèles par randomisation :

- un groupe expérimental bénéficiant d'un entraînement avec un ergothérapeute (REED).
- un deuxième groupe disposant d'un auto-entraînement à domicile avec la mise à disposition du logiciel et d'un guide d'entraînement conçu par un ergothérapeute (Annexe 4) (AUTO).
- un troisième groupe ne disposant d'aucun entraînement (LIBRE).

Pour le groupe avec entraînement avec l'ergothérapeute, la personne tétraplégique bénéficiait de 12 séances de 45 minutes sur une période d'un mois, à raison de trois séances par semaine.
Pour le groupe en auto-entraînement, le guide d'entraînement fourni procure un entraînement de 15 minutes/jour, 5 fois par semaine durant un mois.
Pour les trois groupes, une évaluation identique est réalisée à J0, J15 et à J30.

A J0, une information sur les logiciels de prédiction de mots est donnée à chaque participant. Ensuite un entraînement de 5 minutes à l'utilisation du logiciel est effectué par chaque participant, sur copie de texte. Ensuite, une évaluation est effectuée (reproduite à J15 et J30). Durant cette évaluation, la vitesse de saisie de texte sur l'outil informatique est évaluée sur copie de texte, en ordre randomisé, durant 10 minutes :

- Une copie de texte sans logiciel de prédiction de mots (SANS).
- Une copie de texte avec logiciel de prédiction de mots (AVEC)

Une pause de cinq minutes est effectuée après chaque copie de texte. Deux textes de 500 mots de complexité similaire ont été utilisés, issus d'un ouvrage destiné aux orthophonistes (Fraval Lye and Boutard, 2004) avec une longueur de mots moyenne de 5.1 ± 0.5(SD) caractères.
La longueur des textes a été délibérément choisie afin que la copie de texte ne puisse pas être terminée en 10 minutes. Les textes ont été randomisés de sorte que le même texte ne soit pas associé avec la même condition.
Les personnes tétraplégiques ont reçu comme consignes d'utiliser le logiciel de prédiction, mais aucune stratégie d'utilisation n'a été imposée. Les erreurs pouvaient être corrigées.
Toutes les évaluations ont été réalisées par le même investigateur et ont été filmées. Les vidéos ont toutes été traitées a posteriori.

- <u>Mesures d'évaluation.</u>

Durant les tâches de copie de texte, les mesures suivantes ont été calculées:
Mesures quantitatives.
-Vitesse de saisie de texte en nombre de caractères par minute (cpm) : Nombre de caractères tapés en dix minutes, divisés par 10, incluant la ponctuation, les espaces, le retour arrière incluant le temps de sélection et de correction des erreurs.
-Vitesse de sélection en nombres d'items par minute : Nombre d'items sélectionnés en dix minutes divisés par 10, incluant la ponctuation, les espaces, les flèches de direction, et les mots sélectionnés dans la liste de prédiction.

-Le **nombre d'erreurs** et le **taux d'utilisation de la prédiction de mots** en dix minutes sont notés et calculés à partir des vidéos.

-La Canadian Occupational Performance Measure (**COPM)** ou la Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (**MCRO).** Cette échelle permet de mesurer la perception de la personne sur sa capacité à réaliser une activité (Rubrique Rendement) et sa satisfaction sur la réalisation de l'activité (Rubrique Satisfaction). Le choix des activités est réalisé par la personne tétraplégique et est orienté dans cette étude sur les tâches informatiques. Une fois les activités choisies, elles sont classées par ordre d'importance par la personne tétraplégique.

Mesures qualitatives:

-La **fatigue** a été évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA de 0 à 10) avant et après chaque épreuve de saisie de texte (0 : pas de fatigue et 10 : exténué).

-La **sensation de rapidité** et de **charge attentionnelle** a été de même évaluée à l'aide d'une échelle visuelle analogique (EVA de 0 à 10). Pour la sensation de rapidité : 0 : sensation d'extrême lenteur / 10 : sensation d'extrême rapidité. Pour la sensation de charge attentionnelle (0 : pas de charge attentionnelle; 10 : charge attentionnelle très élevée).

-La **satisfaction** a été évaluée sur une échelle visuelle analogique (EVA de 0 à 5) : (0 : pas satisfait ; 5 : très satisfait).

- <u>Analyse des données.</u>

Des statistiques descriptives (moyenne et écarts-types (sd)) ont été utilisées pour décrire les variables continues et fréquentielles pour les variables catégorielles.

Les données suivent une distribution normale (loi de Shapiro-Wilk) par conséquent des tests paramétriques ont été appliqués.

Une ANOVA à un facteur a été utilisée pour analyser les différences en âge et en niveau d'études des participants entre les trois groupes (REED, AUTO, LIBRE). Un Chi2 test a été utilisé pour analyser les différences au niveau du sexe, du nombre d'années d'utilisation de l'ordinateur, de la fréquence d'utilisation de l'outil informatique et du traitement de texte.

Concernant la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs, la vitesse de sélection, le taux d'utilisation de la prédiction, la fatigue, la satisfaction, la sensation de charge attentionnelle, et la sensation de rapidité, une série de MANOVA ont été appliquée avec comme premier facteur, le groupe (REED, AUTO, LIBRE) comme deuxième facteur, le temps (J0, J15, J30) et comme troisième facteur, la saisie (SANS et AVEC). Enfin, un post-hoc LSD de Fischer a été appliqué.

Le niveau de significativité a été fixé au $p<0.05$. Les données ont été analysées avec le logiciel STATISTICA version 10 (StatSoft. Inc software (Tulsa, USA).

Résultats.

- Participants.

Sur 87 personnes tétraplégiques contactées, 32 personnes ont accepté de participer à l'étude (6 femmes, 26 hommes) de moyenne d'âge 40 (SD=11) ans. La moyenne de la durée de tétraplégie est de 11 (SD=10) ans. Tous accédaient à l'outil informatique à l'aide d'un clavier standard. Les personnes tétraplégiques ont été randomisées en trois groupes parallèles :

- un groupe expérimental bénéficiant d'un entraînement avec un ergothérapeute (REED),
- un deuxième groupe disposant d'un auto-entraînement à domicile avec la mise à disposition du logiciel et d'un guide d'entraînement conçu par un ergothérapeute (AUTO)
- un troisième groupe ne disposant d'aucun entraînement (LIBRE).

Dans le groupe REED, 12 personnes tétraplégiques ont été incluses (2 femmes, 10 hommes de moyenne d'âge 40,3 (SD=13) et d'antériorité de lésion de 13,3 (SD=13) ans). Concernant le niveau d'étude, 6 personnes n'ont pas le bac, 3 entre Bac et Bac+3 et 3 au moins Bac+5. Onze personnes utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans et 1 seule entre 1 et 5 ans. La fréquence de l'outil informatique est journalière pour 11 des personnes tétraplégiques incluses et hebdomadaire pour l'une d'entre elles. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour deux personnes, hebdomadaire pour 4 personnes et mensuelle pour 6 personnes.

Dans le groupe AUTO, 9 personnes tétraplégiques ont été incluses (1 femme, 8 hommes de moyenne d'âge 44,2 (SD=10) ans et d'antériorité de lésion de 15,4 (SD=9) ans). Concernant le niveau d'étude, 3 personnes n'ont pas le bac, 2 entre Bac et Bac+3 et 4 au moins Bac+5. Toutes utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans. La fréquence de l'outil informatique est journalière pour toutes les personnes. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour 4 personnes, hebdomadaire pour 3 personnes et mensuelle pour 2 personnes.

Dans le groupe LIBRE, 11 personnes tétraplégiques ont été incluses (3 femmes, 8 hommes de moyenne d'âge 38,3 (SD=8) ans et d'antériorité de lésion de 6 (SD=5) ans). Concernant le niveau d'étude, 3 personnes n'ont pas le bac, 4 entre Bac et Bac+3 et 4 au moins Bac+5. Huit utilisent l'outil informatique depuis plus de 10 ans, 2 personnes entre 5 et 10 ans et une personne entre 1 et 5 ans. La fréquence de l'outil informatique

est journalière pour huit personnes, hebdomadaire pour deux personnes et mensuelle pour 5 personnes. Enfin, la fréquence d'utilisation du traitement de texte est journalière pour 4 personnes, hebdomadaire pour 2 personnes et mensuelle pour 5 personnes.

Le tableau suivant présente les différentes caractéristiques des participants de chaque groupe (Tableau 11)

TABLEAU 11 : DESCRIPTION DEMOGRAPHIQUE DES PARTICIPANTS

	REED			AUTO			LIBRE		
	Nombre	Moyenne	Ecart-Type (SD)	Nombre	Moyenne	Ecart-Type (SD)	Nombre	Moyenne	Ecart-Type (SD)
Genre									
Homme	10			8			8		
Femme	2			1			3		
Age (années)		40,3	13		44,2	10		38,3	8
Niveau d'étude									
Inférieur Bac	6			3			3		
Bac à Bac+3	3			2			4		
Supérieur à Bac+3	3			4			4		
Niveau de tétraplégie									
C6	10			8			7		
C7	2			1			4		
Durée de Tétraplégie (années)		13,3	13		15,4	9		6	5
Années d'expérience outil									
Plus de 10 ans	11			9				8	
Entre 5 et 10 ans	0			0				2	
Entre 1 et 5 ans	1			0				1	
Fréquence d'utilisation outil									
Journalier	11			9				8	
Hebdomadaire	1			0				2	
Mensuel	0			0				1	
Fréquence d'utilisation									
Journalier	2			4				4	
Hebdomadaire	4			3				2	
Mensuel	6			2				5	

Nous ne retrouvons pas de différences significatives entre les trois groupes au niveau de l'âge (p=0,49), du sexe, du niveau d'études (p=0,35), du nombre d'années d'utilisation de l'ordinateur (p=0,28), de la fréquence d'utilisation de l'outil informatique (p=0,38) et du traitement de texte (p=0,54).

Résultats des évaluations objectives.

Vitesse de saisie de texte (caractères par minutes)

TABLEAU 12 : MOYENNE (SD) DES VITESSES DE SAISIE DE TEXTE (CARACTERES PAR MINUTES).

GROUPE	SANS PREDICTION			AVEC PREDICTION		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
LIBRE	58,5 (34)	59,5 (34)	62,2 (36)	44,9 (22)	50,4 (22)	51,7 (24)
AUTO	62,9 (24)	61,9 (23)	61,9 (26)	50,7 (16)	50,3 (16)	50,9 (16)
REED	62,7 (20)	68,9 (25)	75,3 (27)	51,1 (18)	58,7 (19)	66,9 (23)

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P<0,001***) et de la condition (***P<0,001***) sur la vitesse de saisie de texte. Par contre, nous ne retrouvons pas d'effet du groupe (p=0,44) sur cette vitesse de saisie de texte. Au niveau des interactions, nous retrouvons une interaction significative entre le temps et le groupe (***P<0,001***), mais pas d'interaction entre la condition et le groupe (p=0,96), entre le temps et la condition (p=0,33) et entre les 3 facteurs (p=0,93).

Le Post-Hoc Test indique :

-Concernant le temps :

TABLEAU 13 : VITESSE DE SAISIE DE TEXTE - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – TEMPS.

		J0	J15	J30
LIBRE (AVEC)	J0	ns	ns	***P=0,004***
	J15	ns	ns	ns
	J30	***P=0,004***	ns	ns
AUTO (AVEC/SANS)	J0/J15/J30	ns	ns	ns
REED (AVEC/SANS)	J0	ns	ns	***P<0,001***
	J15	ns	ns	***P=0,003(SANS)*** ***P<0,001*****(AVEC)**
	J30	***P<0,001***	***P=0,003(SANS)*** ***P<0,001*****(AVEC)**	ns

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; SANS : condition sans le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

-Concernant la condition :

Pour les trois groupes, écrire sans prédiction est plus rapide qu'écrire avec la prédiction de mots et ce, respectivement à J0 (***P<0.001***), J15 (***P<0.001***) et J30 (***P<0.001***).

Nombre d'erreurs.

TABLEAU 14 : MOYENNE (SD) DU NOMBRE D'ERREURS

GROUPE	SANS PREDICTION			AVEC PREDICTION		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
LIBRE	16,8 (7)	16,6 (7)	17,2 (7)	12,5 (7)	10,5 (5)	11,7 (5)
AUTO	15,8 (6)	13,5 (5)	14,5 (8)	15,6 (7)	11,4 (5)	12,3 (5)
REED	18,2 (13)	17,6 (7)	17 (10)	17,6 (7)	12,7 (8)	11,4 (5)

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P=0,01***) et de la condition (***P<0,001***) sur le nombre d'erreurs. Par contre, nous ne retrouvons pas d'effet du groupe (p=0,74) sur ce nombre d'erreurs. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,5), entre la condition et le groupe (p=0,26), entre le temps et la condition (p=0,07) et entre les 3 facteurs (p=0,79).

Le Post-Hoc Test indique :

-Concernant le temps :

TABLEAU 15 : NOMBRE D'ERREURS - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – TEMPS.

		J0	J15	J30
LIBRE (AVEC/SANS)	J0/J15/J30	ns	ns	ns
AUTO (AVEC/SANS)	J0/J15/J30	ns	ns	ns
REED (AVEC)	J0	ns	ns	***P<0,001***
	J15	ns	ns	ns
	J30	***P<0,001***	ns	ns

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; SANS : condition sans le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

-Concernant la condition :

TABLEAU 16 : NOMBRE D'ERREURS - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – CONDITION.

		AVEC
LIBRE	SANS	J0 (***P=0,008***), J15 (***P<0,001***), J30 (***P<0,001***)
AUTO	SANS	ns
REED	SANS	J15 (***P=0,001***), J30 (***P<0,001)***

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; SANS : condition sans le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

<u>Vitesse de sélection.</u>

TABLEAU 17 : MOYENNE (SD) DE LA VITESSE DE SELECTION DES TOUCHES.

GROUPE	**SANS PREDICTION**			**AVEC PREDICTION**		
	J0	J15	J30	J0	J15	J30
LIBRE	61,5 (34)	62,6 (36)	65,8 (36)	51,5 (24)	57 (24)	58,3 (26)
AUTO	65,3 (25)	63,9 (23)	63,7 (25)	58,2 (17)	57,7 (18)	58,7 (18)
REED	66,9 (22)	72,4 (25)	78,6 (28)	59,1 (21)	66,8 (19)	75,4 (25)

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P<0,001***) et de la condition (***P=0,006***) sur la vitesse de sélection. Par contre, nous ne retrouvons pas d'effet du groupe (p=0,4) sur cette vitesse de sélection. Au niveau des interactions, nous retrouvons une interaction significative entre le temps et le groupe (***P=0,001***), mais pas entre la condition et le groupe (p=0,91), entre le temps et la condition (p=0,17) et entre les 3 facteurs (p=0,92).

Le Post-Hoc Test indique :

-Concernant le temps :

TABLEAU 18 : VITESSE DE SELECTION - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – TEMPS.

		J0	J15	J30
LIBRE (AVEC)	J0	ns	ns	***P=0,005***
	J15	ns	ns	ns
	J30	***P=0,005***	ns	ns
AUTO (AVEC/SANS)	J0/J15/J30	ns	ns	ns
REED (AVEC/SANS)	J0	ns	ns	***P<0,001***
	J15	ns	ns	ns
	J30	***P<0,001***	ns	ns

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; SANS : condition sans le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

-Concernant la condition :

TABLEAU 19 : VITESSE DE SELECTION - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – CONDITION.

		AVEC
LIBRE	SANS	J0 (***P<0,001***), J15 (***P=0,01***), J30 (***P=0,002***)
AUTO	SANS	J0 (***P=0,005***), J15 (***P=0,02***)
REED	SANS	J0 (***P=0,001***), J15 (***P=0,01***)

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; SANS : condition sans le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

<u>Taux d'utilisation de la prédiction de mots.</u>

TABLEAU 10 : MOYENNE (SD) DU TAUX D'UTILISATION DE LA PREDICTION DE MOTS.

GROUPE	**J0**	**J15**	**J30**
LIBRE	40,2 (23)	49,6 (22)	54,3 (27)
AUTO	42,2 (26)	55,6 (18)	51,5 (26)
REED	49,7 (21)	64 (17)	69,5 (22)

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P<0,001***) sur le taux d'utilisation de la prédiction de mots. Par contre, nous ne retrouvons pas d'effet du groupe (p=0,29) sur ce taux d'utilisation. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,47).

Le Post-Hoc Test indique :

-Concernant le temps :

TABLEAU 11 : TAUX D'UTILISATION DE LA PREDICTION DE MOTS - RESULTATS POST-HOC (LSD DE FISCHER) – TEMPS.

		J0	J15	J30
LIBRE (AVEC)	J0	ns	ns	***P=0,003***
	J15	ns	ns	ns
	J30	***P=0,003***	ns	ns
AUTO (AVEC)	J0	ns	***P=0,01***	ns
	J15	***P=0,01***	ns	ns
	J30	ns	ns	ns
REED (AVEC)	J0	ns	***P<0,01***	ns
	J15	***P<0,01***	ns	ns
	J30	ns	ns	ns

AVEC : condition avec le logiciel de prédiction de mots ; ns : non significatif.

COPM

Nous ne retrouvons pas d'effet significatif du temps (p=0,14), du groupe (p=0,77) sur les sensations de performance et de satisfaction. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,77).

Résultats des évaluations subjectives.

Fatigue.

Nous ne retrouvons pas d'effet significatif du temps (p=0,62), de la condition (p=0,32) et du groupe (p=0,81) sur la fatigue. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas une interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,85), entre la condition et le groupe (p=0,81), entre le temps et la condition (p=0,14) et entre les 3 facteurs (p=0,76).

Satisfaction

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P=0,01***), mais pas du groupe (p=0,08) sur la satisfaction. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas une interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,85).

Le Post-Hoc Test indique :

Pour le groupe LIBRE et AUTO, nous ne retrouvons pas de résultats significatifs.

Pour le groupe REED, le taux de satisfaction à J15 est plus élevé qu'à J0 (***P=0,01***), mais n'est pas significativement différent entre J15 et J30 (p=0,37).

Sensation de charge attentionnelle:

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P=0,008***), de la condition (***P<0,001***), mais pas du groupe (p=0,63) sur la sensation de charge attentionnelle. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas une interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,47), entre la condition et le groupe (p=0,63). Par contre, nous retrouvons un effet significatif entre le temps et la condition (***P=0,008***). Nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre les 3 facteurs (p=0,47).

Le Post-Hoc Test indique :

-Concernant le temps :

Pour le groupe LIBRE (***P=0,02***) et REED (***P=0,07***), la sensation de charge attentionnelle avec le logiciel de prédiction de mots est plus basse à J30 qu'à J0.

Pour le groupe AUTO, la sensation de charge attentionnelle avec le logiciel de prédiction de mots est plus basse à J15 qu'à J0 (***P<0,001***).

-Concernant la condition :

Pour les trois groupes, la sensation de charge attentionnelle est plus importante avec le logiciel de prédiction de mots que sans logiciel pour le groupe LIBRE (J0, J15, J30) (***P<0,001***), pour le groupe AUTO (J0, J30) (***P<0,001***), et pour le groupe REED (J0, J15) (***P<0,001***).

Sensation de rapidité:

Nous retrouvons un effet significatif du temps (***P=0,01***), mais pas de la condition (p=0,57) et du groupe (p=0,21) sur la sensation de rapidité. Au niveau des interactions, nous ne retrouvons pas une interaction significative entre le temps et le groupe (p=0,23), entre la condition et le groupe (p=0,21). Par contre, nous retrouvons un effet significatif entre le temps et la saisie (***P=0,01***). Nous ne retrouvons pas d'interaction significative entre les 3 facteurs (p=0,23)

Le Post-Hoc Test indique :

Pour le groupe LIBRE, nous ne retrouvons pas d'interaction significative. Pour les deux autres groupes :

-Concernant le temps :

Les participants se sentent plus rapides avec le logiciel de prédiction de mots pour le groupe AUTO (à J15 qu'à J0) (***P=0,003***) et pour le groupe REED (à J30 qu'à J15et à J0) (***P<0,001***).

Discussion.

L'objectif de cette étude est de définir si un entraînement contrôlé (quelle qu'en soit la nature) sur les logiciels de prédictions de mots a une influence sur la vitesse de saisie de texte auprès d'une population homogène de personnes tétraplégiques.

Nous avions fait l'hypothèse qu'un entraînement dirigé sur les logiciels de prédictions de mots accompagné d'un professionnel augmentait la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques contrairement à un auto-entraînement suivant un programme d'entraînement mis au point par un ergothérapeute ou une utilisation des logiciels de prédiction de mots sans entraînement.

Effet de l'entraînement.

Pour le groupe entraîné avec un ergothérapeute, nous notons un effet de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte qui augmente au fil du temps. En parallèle, nous notons une augmentation de la vitesse de sélection, du taux d'utilisation de la prédiction, et de la sensation de rapidité à J30 par rapport à J0. Nous notons aussi une baisse de la charge attentionnelle entre J0 et J30. L'ensemble de ces résultats indique un effet positif d'un entraînement dirigé sur l'appropriation d'un logiciel de prédiction de mots. Ces résultats

vont dans le sens de certaines données de la littérature qui spécifient l'influence de l'entraînement sur la vitesse de saisie de texte lors de l'utilisation de claviers optimisés ou dynamiques, ou de logiciels de prédiction de mots (MacKenzie and Zhang, 1999) (Ward et al., 2000) (Koester and Levine, 1996)(Handley-More et al., 2003). Néanmoins, dans les deux autres groupes, un sans entraînement et l'autre en auto-entraînement guidé au domicile, nous notons une vitesse de saisie plus importante lors des sessions suivantes à J15 pour le groupe en auto-entraînement et à J30 pour le groupe libre, avec une vitesse de sélection supérieure et un taux d'utilisation plus important de la prédiction de mots. Par contre, nous ne notons pas d'influence sur le nombre d'erreurs ou sur les analyses subjectives. Il est possible que pour le groupe avec auto-entraînement, un effet réduit de l'entraînement sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte soit présent que les quinze premiers jours et que nous ayons un effet plafond sur les quinze jours suivants. Ce résultat pourrait suggérer que le programme d'auto-entraînement serait à réajuster au-delà de la période des 15 jours. De même, pour le groupe sans entraînement, il est possible que le fait de se savoir évaluer sur les deux séances suivantes ait conduit implicitement les personnes participantes à continuer l'apprentissage de la tâche entrainant une augmentation de la vitesse de saisie de texte à J30. Laffont a montré qu'un entraînement dirigé de 10 séances d'une heure sur 10 jours suivi d'un temps d'apprentissage à domicile libre de deux mois d'un synthétiseur vocal équipé d'une prédiction de mots donne des résultats hétérogènes sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte avec ou sans logiciel de prédiction. Néanmoins, en addition à l'hétérogénéité de la population étudiée, les résultats après l'entraînement ne sont pas disponibles. Il est donc possible qu'ils soient légèrement différents après la période d'entraînement avec les professionnels et avant de commencer la séquence libre d'entraînement au domicile.

Par conséquent, en vue des résultats, il est difficile de mettre en évidence une supériorité d'un entraînement sur un autre étant donné qu'un effet groupe n'a pas été identifié. De plus, dans la littérature, nous ne trouvons pas d'études pouvant confirmer ou infirmer ces résultats sur l'outil informatique. Enfin, dans notre étude, même si, dans le groupe avec entraînement dirigé par un thérapeute, plus de paramètres ont été améliorés que dans le groupe en auto-entraînement, il s'avère que cet auto-entraînement peut être une alternative intéressante lorsqu'un effectif réduit de thérapeutes formés est disponible pour les personnes tétraplégiques. De plus, il est possible qu'en augmentant la durée d'entraînement pour le groupe en auto-entraînement en le calquant sur la durée d'entraînement du groupe avec entraînement (c'est-à-dire en passant de 1h15/semaine à 2h15/semaine), nous assistions à une augmentation supplémentaire de la vitesse de saisie de texte pour le groupe auto-entraîné permettant ainsi d'égaler le gain obtenu en entraînement dirigé par le thérapeute.

Intérêt du logiciel de prédiction de mots.

Dans les trois groupes, à J30, les participants écrivent plus vite sans logiciel de prédiction de mots qu'avec le logiciel malgré l'influence de l'entraînement sur l'augmentation de la vitesse de saisie de texte. Ce résultat est conforté par la diminution de la vitesse de sélection et la sensation de charge attentionnelle plus élevée avec le logiciel de prédiction de mots. Ces résultats semblent indiquer qu'un entraînement dirigé par un thérapeute améliore l'appropriation des outils proposés (logiciels de prédictions mots, ordinateurs). Néanmoins, cet entraînement dirigé n'entraine pas de bénéfice supplémentaire sur ces deux paramètres des logiciels de prédiction de mots par rapport aux outils standards pour une population de personnes tétraplégiques de niveau lésionnel compris entre C6 et C8 Asia A ou B. Par conséquent, l'investissement à la fois de la personne tétraplégique et du professionnel sans réel bénéfice semble démesuré. En effet, ces résultats posent l'intérêt de mettre en place un entraînement ou un apprentissage sur ce type d'outils si la personne tétraplégique n'en tire pas de bénéfice effectif. Ces résultats sont en accord avec certaines études de la littérature (Koester and Levine, 1996). De même, nous retrouvons les résultats de l'étude menée sur l'influence du paramétrage d'adaptation au vocabulaire de l'utilisateur. En effet, chez les participants, ayant une lésion inférieure à C6 Asia A ou B, nous ne retrouvions pas une augmentation de la vitesse de saisie de texte avec le logiciel de prédiction de mots. Malgré tout, nous retrouvons une diminution du nombre d'erreurs. Il est intéressant pour le clinicien de connaitre cet autre bénéfice que les logiciels de prédiction de mots peuvent apporter en dehors d'un hypothétique gain de vitesse lors de la saisie de texte. Cet apport pourra être expliqué à la personne tétraplégique qui fera dans ce cas, un choix éclairé afin de privilégier soit une éventuelle réduction du nombre d'erreurs (aspect qualitatif) soit augmentation de la vitesse de saisie de texte (aspect quantitatif). Dans ce cas-là, la personne tétraplégique et le professionnel pourront juger ensemble de l'intérêt de mettre en place un entraînement en contrebalançant le bénéfice apporté le logiciel face au en temps passé en l'entraînement.

Une autre hypothèse pouvant expliquer ces résultats serait un temps trop limité d'entraînement dispensé auprès des personnes tétraplégiques ne permettant pas l'appropriation du logiciel de prédiction de mots. Néanmoins, en regard des durées d'entraînement supervisées par un professionnel, proposées dans la littérature auprès de personnes tétraplégiques ou en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994) (Koester and Levine, 1996) (Laffont et al., 2007), l'étude que nous avons mise en place a été menée sur la durée la plus longue et avec un nombre de séances conséquent (1 mois avec une fréquence de 3 séances de 45 minutes par semaine). Mais, les résultats obtenus ne sont pas différents de ceux recensés dans la littérature. Par conséquent, il est possible que l'appropriation des logiciels de prédiction de mots nécessite une durée d'entraînement plus longue que

celle proposée. Enfin, il est aussi possible que la nature ou le contenu des séances de rééducation proposées ne soit pas en adéquation avec un apprentissage et une appropriation des logiciels de prédictions de mots. Malheureusement, dans la littérature, nous n'avons pas retrouvé de scénarios d'entraînement spécifié, ayant fait consensus, pour l'appropriation de ces logiciels de prédiction de mots.

Limites

Les résultats préliminaires de cette étude sont à discuter avec prudence en vue du faible nombre de personnes tétraplégiques incluses dans chaque groupe. De même, actuellement, le déséquilibre du nombre de personnes entre les différents groupes a pu occasionner un biais dans l'analyse de ces résultats. Néanmoins, à la fin de l'étude, ce biais potentiel dû à un nombre déséquilibré dans chaque groupe sera évité puisque nous aurons inclus 15 personnes tétraplégiques dans chaque groupe. De même, la différence de la durée d'entraînement entre le groupe avec entraînement (2h15/semaine) et le groupe en auto-entraînement (1h15/semaine) peut créer une différence de résultats. Enfin, le fait d'utiliser des ordinateurs différents pour l'entraînement et pour l'évaluation a pu créer un biais. En effet, changer les repères de saisie de texte des participants entre l'évaluation et l'entraînement a pu diminuer la performance de ces derniers lors de cette même évaluation.

Conclusion

L'objectif de cette étude était de définir si un entraînement contrôlé sur les logiciels de prédictions de mots avait une influence sur la vitesse de saisie de texte auprès d'une population homogène de personnes tétraplégiques. Les résultats ont montré un effet intéressant de l'entraînement dirigé par un thérapeute, mais n'ont pas permis de mettre en exergue l'intérêt de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, nous avons observé une diminution du nombre d'erreurs du fait de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots. Les logiciels de prédiction de mots semblent être plus indiqués pour des populations de personnes tétraplégiques écrivant avec un clavier virtuel que celles qui accèdent à l'ordinateur avec un clavier standard même avec un entraînement dirigé. Enfin, même si aucune technique (auto-entraînement, entraînement dirigé par un thérapeute, entraînement libre) n'a été supérieure à une autre, l'amélioration des différents paramètres a été plus importante dans le groupe en entraînement dirigé par le thérapeute, ce qui justifie d'approfondir les études dans ce champ.

VI. 3. Synthèse

L'objectif de cette étude était de montrer l'intérêt d'un programme d'entraînement dirigé par un ergothérapeute en comparaison à une appropriation libre du logiciel ou d'un programme d'auto-entraînement au domicile. Les résultats montrent un effet intéressant de l'entraînement dirigé par un thérapeute, mais ne permettent pas de mettre en exergue l'intérêt de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, nous retrouvons une diminution du nombre d'erreurs du fait de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots.

Cette étude met en avant l'importance d'un programme d'entraînement dirigé par un ergothérapeute. Néanmoins, les logiciels de prédiction de mots semblent être plus indiqués pour des populations de personnes tétraplégiques écrivant avec un clavier virtuel et non pour celles qui accèdent à l'ordinateur avec un clavier standard même avec un entraînement dirigé.

VII. SYNTHESE DES RESULTATS

Pour rappel, nous avions émis les cinq hypothèses de travail suivantes :

- **Les caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques ainsi que leur interface d'accès à l'outil informatique influence leur vitesse de saisie de texte.**
- **Un clavier dynamique associé à une prédiction de mots améliore la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs utilisant un clavier virtuel pour accéder à l'outil informatique.**
- **Les professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**
- **Certains paramétrages des logiciels de prédictions de mots tels le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur ont une influence directe sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**
- **Les modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques.**

Suite à cette série d'études, plusieurs résultats se dégagent en fonction des hypothèses :

« Les caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques ainsi que leur interface d'accès à l'outil informatique influence leur vitesse de saisie de texte. » (Etude 1)

La **vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique **est significativement plus lente chez les personnes tétraplégiques que chez les personnes valides**.
Entre la population **valide** et les personnes **tétraplégiques,** nous notons des **différences en termes d'influence de certaines caractéristiques** telle la fréquence d'utilisation du traitement de texte par exemple. Ces différences d'influence entre les deux populations suggèrent que les **résultats des études sur la vitesse de saisie de texte ne peuvent pas être généralisables aux deux populations et que des études spécifiques à chaque population doivent être menées**.

Chez les personnes tétraplégiques, nous ne trouvons **pas d'influence des différentes caractéristiques personnelles (âge, niveau d'études, par exemple) sur la vitesse de saisie de texte**. Par contre, **l'interface**

d'accès à l'outil informatique influe sur la vitesse de saisie de texte contrairement au niveau lésionnel. De plus, il semble que certaines solutions d'optimisation de la vitesse de saisie de texte telle la reconnaissance vocale puissent être une solution afin d'annuler les effets de la déficience.

« Un clavier dynamique associé à une prédiction de mots améliore la vitesse de saisie de texte chez des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs utilisant un clavier virtuel pour accéder à l'outil informatique. » (Etude 2)

Le clavier dynamique **dégrade, de manière significative, la vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique **des personnes** en situation de handicap **qui utilisent un dispositif de pointage**. Néanmoins, ce clavier dynamique semble apporter une amélioration lors d'un accès par défilement. Néanmoins, au vu de ces résultats, **ce type de clavier semble peu adapté pour une population de personnes tétraplégiques accédant dans sa très grande majorité à l'ordinateur par des dispositifs de pointage direct**.

« Les professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots paramètrent les réglages qu'ils considèrent comme importants pour augmenter la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 3)

Le questionnaire d'usage, révèle que les professionnels **préconisent majoritairement le logiciel de prédiction de mots Skippy** de la suite logicielle Eurovocs, Jabbla. Les **professionnels jugent important le fait de pouvoir paramétrer** les logiciels de prédiction de mots, mais **peu de professionnels le fon**t en réalité. Par conséquent, cette attitude peut être **délétère si les paramétrages des logiciels influencent leur efficacité** sur la vitesse de saisie de texte, d'autant plus que **certains de ces paramétrages ne sont pas activés par défaut**. Au niveau des paramétrages, la **possibilité de changer le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction est considérée comme importante (8/10) et ce réglage est paramétré par plus de 50% des professionnels**. Enfin, deux paramétrages sont jugés très importants par les professionnels : **l'apprentissage des mots nouveaux et l'adaptation continue du logiciel au vocabulaire usuel de l'utilisateur** (respectivement 9/10 et 10/10). Cependant, ces deux fonctionnalités **sont peu paramétrées**. L'explication la plus cohérente semble être que les professionnels pensent que ces fonctionnalités sont déjà activées par défaut dans les logiciels de prédiction de mots.

« Certains paramétrages des logiciels de prédictions de mots tels le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur ont une influence directe sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 4 et 5).

L'utilisation d'un logiciel de prédiction de mots donne des résultats hétérogènes sur la **vitesse de saisie de texte** sur l'outil informatique des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs. Cette utilisation de logiciel sans prise en compte des différents réglages semble être une voie d'explication de cette hétérogénéité.

Suite aux deux études évaluant l'influence des paramétrages suivants (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction, adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur), nous trouvons que **l'effet du nombre de mots affichés** dans la liste de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte **diffère en fonction du niveau lésionnel médullaire cervical** (haut et bas).

Pour les personnes tétraplégiques **hautes**, nous ne retrouvons **pas d'amélioration ni de dégradation de la vitesse de saisie de texte, quel que soit le nombre de mots affichés**.

Pour le groupe de personnes tétraplégiques **basses**, **une dégradation de la vitesse de saisie de texte est effective avec le logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés**.

Sur le plan subjectif, les personnes tétraplégiques basses se sentent plus rapides avec un affichage à 3 mots alors que les personnes tétraplégiques hautes ont une satisfaction plus élevée avec un affichage à 8 mots. **Plus qu'une influence du nombre de mots affichés sur la vitesse de saisie de texte, il s'agit davantage d'un confort d'utilisation pour les personnes tétraplégiques**.

Concernant les **personnes valides**, nous retrouvons des résultats un peu différents de la population tétraplégique. Au niveau de la vitesse de saisie de texte, les résultats s'approchent du groupe de personnes tétraplégiques basses. **L'utilisation du logiciel de prédiction de mots, quel que soit le nombre de mots affichés dégrade la vitesse de saisie de texte**. Par contre, nous voyons un **bénéfice secondaire à savoir la réduction du nombre d'erreurs** grâce à l'usage du logiciel de prédiction de mots. Le nombre de mots affichés n'a pas d'influence sur ce nombre d'erreurs.

Sur le plan subjectif, le comportement des personnes valides est différent des personnes tétraplégiques. Pour les personnes valides, nous retrouvons une augmentation de la fatigue et une diminution de la sensation de rapidité à l'utilisation de la prédiction de mots. Enfin, une augmentation de la charge attentionnelle est soulignée avec le logiciel de prédiction de mots et majorée avec un affichage à 8 mots. En conclusion, aucun bénéfice subjectif du logiciel de prédiction de mots n'est mis en avant par les personnes valides contrairement aux personnes tétraplégiques ou un certain confort est souligné.

Concernant **l'influence du paramétrage d'adaptation du logiciel de prédiction au vocabulaire de l'utilisateur** sur la vitesse de saisie de texte, nous retrouvons des résultats différents selon le niveau lésionnel (haut et bas).

Pour les personnes **tétraplégiques basses**, les logiciels de prédiction de mots avec ce paramétrage activé **réduisent la vitesse de saisie de texte, mais diminuent simultanément le nombre d'erreurs**.

Pour les personnes **tétraplégiques hautes**, nous retrouvons un effet inverse à savoir **une augmentation de la vitesse de saisie de texte, mais pas de diminution du nombre d'erreurs**.

« Les modalités d'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots ont une influence sur la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques. » (Etude 6)

Un **entraînement libre à domicile** sur un logiciel de prédiction de mots **n'a pas d'influence sur la vitesse de saisie de texte**. Nous retrouvons par contre **un effet intéressant de l'entraînement dirigé** par un thérapeute sur **la vitesse de saisie de texte, la vitesse de sélection, le taux d'utilisation de la prédiction, la sensation de charge attentionnelle et de rapidité**. L'auto-entraînement ou l'appropriation libre du logiciel de prédiction de mots a un effet très limité sur la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, cela ne permet pas de mettre en exergue l'intérêt de la prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte. Par contre, nous retrouvons une diminution du nombre d'erreurs du fait de l'utilisation du logiciel de prédiction de mots.

CHAPITRE IV.
DISCUSSION GENERALE

I. INTRODUCTION

L'objectif de ce travail de thèse a été d'étudier l'apport des logiciels de prédiction de mots en évaluant l'influence de certains paramétrages et d'un entraînement dirigé par un professionnel sur ces logiciels, sur la vitesse de saisie de texte, chez des personnes tétraplégiques. Les objectifs secondaires ont été d'obtenir des références de vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques, d'étudier l'influence des logiciels de prédictions de mots sur le nombre d'erreurs, la fatigue et le confort d'utilisation et enfin d'avoir une cartographie des usages cliniques des professionnels préconisant ces logiciels de prédiction de mots.

Les logiciels de prédiction de mots font l'objet de préconisation importante de la part de professionnels dans l'objectif d'optimiser la vitesse de saisie de texte des personnes tétraplégiques en complément des logiciels de reconnaissance vocale (Garrett, 2007) ou de manière plus confidentielle des claviers dynamiques (Wandmacher et al., 2008) (Ward et al., 2000). Néanmoins, l'analyse de la littérature montre que **l'amélioration des performances à la saisie de texte** grâce aux logiciels de prédiction de mots pour les personnes tétraplégiques **est discutable** (Anson, 1993) (Anson et al., 2006) (Higginbotham, 1992) (Bérard and Niemeijer, 2004) (Heidi Horstmann Koester, 1997) (Vigouroux et al., 2004) (Koester, 2000) (Laffont et al., 2007)**.** Toutefois les résultats de ces études suggèrent qu'un paramétrage adéquat de ces logiciels et qu'un entraînement dirigé sur ces logiciels pourrait permettre d'optimiser la saisie de texte chez ces personnes et d'augmenter leur niveau de satisfaction vis-à-vis de l'outil. Mais, si le processus de préconisation des aides techniques nouvelles technologies et par conséquent, des logiciels de prédiction de mots est largement documentés, les habitudes des professionnels liées aux paramétrages de ces mêmes logiciels et leur influence sont inconnues. La première étude de ce travail nous a permis d'obtenir des références de vitesse de saisie de texte et d'étudier les influences de certaines caractéristiques personnelles des personnes tétraplégiques sur la vitesse de saisie de texte. La troisième étude nous a permis d'obtenir une cartographie des usages des professionnels préconisant les logiciels de prédiction de mots auprès des personnes tétraplégiques. Les études 2, 4 et 5 nous ont permis d'étudier l'influence d'un clavier dynamique couplé à une prédiction de mots et de deux paramétrages bien spécifiques (le nombre de mots affichés et l'adaptation du logiciel à la fréquence d'utilisation des mots par l'utilisateur) sur cette même vitesse de saisie de texte. Dans ces études, l'influence de ces paramétrages sur le nombre d'erreurs ou sur la fatigue a été de même étudiée. En effet, ces effets bénéfiques des logiciels de prédiction ont été évoqués dans la littérature sans jamais avoir été validés chez les personnes tétraplégiques (Antoine and Maurel, 2007). Enfin, l'étude 6 nous a permis d'avoir des premières réponses sur l'intérêt d'un

entraînement dirigé par un professionnel sur l'appropriation des logiciels de prédiction de mots et l'influence sur la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs et la fatigue.

La première partie de cette discussion générale qui met en relation les résultats de l'étude 1, 2 et 3 nous permet de discuter les axes d'optimisation de la vitesse de saisie de texte et les moyens d'action des professionnels. La deuxième partie, regroupant les études 4 et 5, nous permet de discuter l'influence de certains paramétrages sur la vitesse de saisie de texte, mais aussi sur le nombre d'erreurs et la fatigue. La troisième partie se consacrera sur l'intérêt d'un entraînement dirigé par un professionnel en mettant en relation les résultats des études 2, 3 et 6. Enfin la quatrième partie fera le lien entre les différents résultats des différentes études en relation avec ceux de l'étude 3 afin de mettre en avant les usages et difficultés des professionnels.

II. OPTIMISATION DE LA VITESSE DE SAISIE DE TEXTE.

Une des premières étapes avant de parler d'optimisation de la vitesse de saisie de texte est de pouvoir s'appuyer sur des références de vitesse que ce soit chez les personnes valides et chez les personnes tétraplégiques. Nos résultats mettent en avant des vitesses de saisie de texte médianes différentes entre les personnes valides (18.6 [14.3; 23.6] mots par minute) et les personnes tétraplégiques (8.7 [6.4; 13.6] mots par minute). De plus, nous notons chez les personnes valides une influence de la fréquence d'utilisation du traitement de texte sur la vitesse de saisie de texte que nous ne retrouvons pas chez les personnes tétraplégiques. De même, l'aide technique d'accès à l'outil informatique influence la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. L'ensemble de ces résultats semblent indiquer que la différence de vitesse de saisie de texte associée à une influence différente des caractéristiques personnelles confirme le postulat que **l'efficacité d'outils développés spécialement pour une catégorie d'utilisateurs doit être évaluée au sein de la même population.** Or, dans la littérature, les études concernant les évaluations d'outils d'optimisation de la vitesse de saisie de texte ne présentent que rarement des évaluations sur des échantillons conséquents de personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs avec des pathologies homogènes (Ward et al., 2000) (Laffont et al., 2007) (Niemeijer, 2005) (Koester, 2000). **Il semble intéressant de systématiser des études cliniques afin d'évaluer l'intérêt de nouvelles aides techniques développées pour une population de personnes en situation de handicap.**

De plus, même au sein d'une population avec une pathologie homogène, l'influence de l'aide technique d'accès à l'outil informatique plutôt qu'un effet lésionnel de tétraplégie a été mise en évidence dans l'étude 1. Ces résultats nous permettent d'orienter notre réflexion sur plusieurs points. **Tout d'abord, au vu de l'influence de ces aides techniques d'accès à l'outil informatique sur la vitesse de saisie de texte, il semble intéressant de développer des axes de recherche sur l'optimisation de ces outils ou de réfléchir à de nouveaux moyens d'accès permettant une meilleure efficacité.** Ensuite, au-delà de l'effet lésionnel chez la personne tétraplégique, l'étude de l'influence d'aides techniques d'optimisation de la vitesse de saisie de texte doit être corrélée avec celle des outils d'accès à l'outil informatique. Par conséquent, **pour tester l'influence des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte, par exemple, il semble essentiel de la tester sur une population de personnes homogènes au niveau de la pathologie et des interfaces d'accès à l'ordinateur.** Néanmoins, à notre connaissance, ce résultat n'a pas été vérifié sur d'autres pathologies dans la littérature. Il semble, par conséquent, difficile de généraliser ces résultats à d'autres personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs sans en avoir vérifié l'exactitude.

Au vu de ces résultats, il est possible **qu'un entraînement ciblé sur l'aide technique d'accès à l'outil informatique** soit une première réponse à une optimisation de la vitesse de saisie de texte. L'importance de cet entraînement fait déjà l'objet d'un consensus auprès de professionnels et de personnes en situation en déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (Pouplin, 2009) (Mason et al., 2007) (Burton et al., 2008b). En pratique clinique, mettre en place cet entraînement n'est pas si aisé. Un des principaux freins est le temps d'acquisition particulièrement long des aides techniques, en relation avec les délais administratifs des MDPH, qui oblige de programmer des séances d'entraînement et d'appropriation de l'aide technique à distance de la préconisation initiale, hors parfois de tout réseau structuré de soins. Une réflexion sur la mise à disposition des aides techniques d'accès à l'outil informatique pour les personnes en situation de handicap serait à mener afin de réduire ce temps d'acquisition qui est d'ailleurs souvent délétère pour les personnes ayant une maladie évolutive. **En concertant l'ensemble des acteurs et utilisateurs, la révision de ce modèle économique pourrait favoriser la location de matériel avec option d'achat par exemple, permettant ainsi de réduire ce temps de mise à disposition de l'aide technique et enfin de favoriser un apprentissage précoce.**

Les résultats de l'étude 1 montrent une influence importante des logiciels de reconnaissance vocale sur la vitesse de saisie de texte. En effet, la vitesse médiane de saisie de texte pour les personnes tétraplégiques est de 18 mots par minute avec le logiciel de reconnaissance vocale alors qu'elle est seulement de 3 mots par minute avec un clavier virtuel et de 8 mots par minute avec un clavier standard. Cette vitesse de saisie de texte avec un logiciel de reconnaissance vocale se rapproche même de la vitesse médiane de saisie de texte des personnes valides (19 mots par minute). Par conséquent, **les logiciels de reconnaissance vocale**

semblent être une voie intéressante et importante dans l'optimisation de la vitesse de saisie de texte. Néanmoins, comme nous l'avons abordé un peu plus haut dans ce manuscrit, ces logiciels de reconnaissance vocale ne sont pas exempts de défauts qui entravent leur utilisation au quotidien. Des axes de recherche et de développement supplémentaires sont nécessaires afin de faciliter l'utilisation de ces logiciels dans la vie quotidienne des personnes tétraplégiques. Tout d'abord, **les capacités de reconnaissance vocale des logiciels seraient à développer afin que les voix dysarthriques, hypophoniques ou instables dans le temps soient mieux reconnues**. De même, **la réduction des bruits de fond environnants perturbant l'utilisation doit faire l'objet d'améliorations à la fois du logiciel de reconnaissance vocale, mais aussi des microphones** ; et ce, d'autant plus sur tablettes et smartphones qui permettent de communiquer en mouvement, mais qui, du coup, sont plus sensibles à ces bruits parasites. Ces **améliorations centrées sur les microphones devraient permettre aux utilisateurs de réduire le volume de leur voix et ainsi de réduire la nuisance sonore pour leurs voisins immédiats. Dans ce cas-là, l'utilisation de ces logiciels de reconnaissance vocale en milieu scolaire ou professionnel pourrait être envisagée**. Enfin, **un travail sur l'intuitivité des mots de commandes pourrait être effectué afin que ces derniers soient plus naturels et ainsi réduire le temps d'apprentissage de ce type de logiciels.**

Une autre possibilité d'actions en vue d'optimiser cette vitesse de saisie de texte reposerait sur l'utilisation de claviers dynamiques ou des logiciels de prédiction de mots. Concernant le clavier dynamique, les résultats de l'étude 2 montrent que cet outil même accompagné d'une prédiction de mots est peu adapté aux personnes utilisant des dispositifs de pointage et par conséquent, les personnes tétraplégiques. En effet, les personnes habituées à une configuration AZERTY ont eu beaucoup de difficultés à utiliser un clavier dont les lettres sont en perpétuel mouvement après chaque saisie. En effet, ces personnes sont en constante recherche de la lettre souhaitée après chaque nouvelle saisie (Lesher et al., 1998). Néanmoins, ces résultats divergent par rapport à certaines études de la littérature qui montrent une augmentation de 20% de la vitesse de saisie de texte avec 6 personnes en situation de handicap (Merlin and Raynal, 2010b). La différence de fonctionnement et du design de leur clavier dynamique peuvent être une explication à cette différence de résultats. **Ces claviers dynamiques font l'objet de beaucoup d'interrogations dans le milieu clinique sur leur efficacité et leur influence sur la vitesse de saisie de texte. Il est par conséquent très intéressant de les évaluer sur un échantillon important de personnes tétraplégiques. Néanmoins, au vu des fonctionnements et des designs très différents de ces claviers dynamiques entre eux, une évaluation de chaque logiciel serait indispensable.**

Dans tous les cas, il semble intéressant, comme pour l'aide technique d'accès à l'outil informatique, de proposer un entraînement sur ce type de logiciels afin de favoriser leur appropriation. Plusieurs études ont montré une amélioration de la vitesse de saisie de texte suite à un entraînement ciblé avec des personnes valides, sur des claviers virtuels avec un design différent de l'AZERTY ou sur clavier dynamique (Mackenzie

et al., 1999) (Ward et al., 2000). Les résultats de l'étude 2 suite à un entraînement libre de deux mois sur un clavier dynamique contredisent ces résultats. En effet, nous ne trouvons **aucune influence** de cet entraînement sur la vitesse de saisie de texte. Face à ces différents constats, la question de la nature et des modalités de l'entraînement à proposer aux personnes tétraplégiques et plus généralement aux personnes en situation de handicap peut être posée.

Par conséquent, différents moyens d'action peuvent être mis en avant tels que l'entraînement sur des outils spécifiques, l'utilisation de logiciels de prédiction de mots et bien évidemment, leur paramétrage ou un entraînement ciblé sur ces mêmes logiciels.

III. INTERET DES LOGICIELS DE PREDICTION DE MOTS.

Dans la littérature, ont été mis en évidence des résultats hétérogènes sur l'influence des logiciels de prédiction sur la vitesse de saisie de texte. Les résultats de l'étude 2 vont dans ce sens. L'influence de certains paramétrages de ces logiciels sur la vitesse de saisie de texte a été largement évoquée pour expliquer certaines hétérogénéités (Koester, 2000). Les résultats des études 4 et 5 montrent que deux différents paramétrages de ces logiciels (le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur) ont une influence sur la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs ou la fatigue. Ces deux paramétrages ont été identifiés grâce à l'étude 3 portant sur les habitudes des professionnels. Ces derniers ont souligné l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur comme essentiel et de même, pouvoir régler le nombre de mots affichés dans la liste de prédiction comme important. Ce réglage est d'ailleurs le plus paramétré par les professionnels. Comme l'ont montré les études 4 et 5, ces paramétrages influencent la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs, la fatigue et le confort de manière différente. De plus, cette influence des paramétrages est différente en fonction du groupe de personnes tétraplégiques (groupe lésion haute ou basse).

Sur la vitesse de saisie de texte.

Sur la vitesse de saisie de texte, nous ne retrouvons pas d'influence du nombre de mots affichés pour les personnes tétraplégiques de lésion haute, mais, par contre, l'activation du paramétrage permettant l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur augmente cette vitesse de saisie de texte. Parallèlement, pour les personnes tétraplégiques basses, le logiciel de prédiction de mots diminue la

vitesse de saisie de texte quel que soit le nombre de mots affichés et même si l'adaptation au vocabulaire du logiciel est activée. Cette différence de résultats peut s'expliquer par la nécessité pour les personnes tétraplégiques basses de réaliser des va-et-vient incessants au niveau de la recherche visuelle entre le clavier et l'écran afin de visionner la liste de prédiction (Tam and Wells, 2009). Ce va-et-vient occasionne un temps de recherche plus important et par conséquent, une perte de temps alors que lors de la frappe clavier sans logiciel de prédiction de mots, la recherche visuelle se fait principalement sur le clavier. Cette perte de temps n'est peut-être pas contrebalancée par le logiciel de prédiction même avec l'adaptation au vocabulaire de l'utilisateur, activé. Par contre, les personnes tétraplégiques hautes utilisent un clavier virtuel à l'écran, ce qui permet de concentrer les différentes informations nécessaires à la saisie de texte (clavier virtuel, logiciel de prédiction de mots et traitement de texte) sur un espace réduit. La recherche visuelle en est facilitée.

Si cette explication s'avère juste, **généraliser les tablettes tactiles équipées de clavier virtuel et d'une prédiction de mots pour les personnes tétraplégiques basses serait intéressant pour augmenter cette vitesse de saisie de texte.** En effet, utiliser le clavier virtuel à l'écran permettra de réduire le champ de recherche visuelle. Dans ce cas-là, nous pouvons supposer retrouver les mêmes résultats que chez les personnes tétraplégiques hautes. Néanmoins, **des études cliniques évaluant cette situation seraient nécessaires afin de vérifier cette hypothèse.**

Sur le nombre d'erreurs.

Sur le nombreux d'erreurs, les résultats des études 4 et 5 mettent en avant un nombre d'erreurs réduit pour les personnes tétraplégiques hautes par rapport aux personnes tétraplégiques basses. Par contre, le nombre de mots affichés n'influence pas le nombre d'erreurs. Néanmoins, l'activation du paramétrage de l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur diminue le nombre d'erreurs chez les personnes tétraplégiques basses, mais pas chez les personnes tétraplégiques hautes. Ces résultats peuvent s'expliquer par le type d'accès à l'outil informatique des personnes tétraplégiques. En effet, les personnes tétraplégiques hautes accèdent à l'outil informatique grâce à des aides techniques qui sont contrôlées grâce aux mouvements de la tête. Ces mouvements sont sus-lésionnels, c'est-à-dire au-dessus de la lésion cervicale médullaire, et par conséquent sont exempts de problèmes neuromoteurs. Par conséquent, le contrôle du geste sur le clavier virtuel est peut-être précis et occasionne moins d'erreurs. Par contre, pour les personnes tétraplégiques basses, l'accès à l'ordinateur se fait directement sur le clavier standard, mais grâce à des reliefs osseux de la main ou des attelles. De même, les muscles préservés par la lésion médullaire au niveau du coude et du poignet ne permettent pas une stabilisation efficace de ces articulations dans l'espace. Par conséquent, le contrôle du geste n'est pas parfait et occasionne peut – être plus d'erreurs de saisie. Le logiciel de prédiction semble apporter une aide qualitative à la population de

personnes tétraplégiques basses en diminuant ce nombre d'erreurs. Ce résultat est en accord avec une étude menée par Antoine qui a trouvé une réduction du nombre d'erreurs chez une population de 10 personnes atteintes de paralysie cérébrale (Antoine and Maurel, 2007). En effet, utiliser les mots proposés par la liste de prédiction évite de sélectionner les autres lettres du mot souhaité et donc de multiplier le risque d'erreurs de saisie. Et ce d'autant plus si le logiciel s'adapte au vocabulaire de l'utilisateur et, par conséquent, propose des mots plus pertinents.

De même, en clinique, l'usage d'une tablette tactile pour les personnes tétraplégiques basses occasionne un nombre d'erreurs important lors de la saisie de texte. **Néanmoins, il n'a jamais été vérifié dans la littérature, à notre connaissance, si ce nombre d'erreurs était plus important qu'avec un clavier standard. Cet aspect mériterait d'être vérifié en étude clinique,** ce qui permettrait de valider si ce nouvel outil, équipé de clavier virtuel et de prédiction de mots, permettrait d'avoir des bénéfices sur le nombre d'erreurs et/ou la vitesse de saisie de texte.

Sur la fatigue.

Aucun des paramétrages étudiés n'a eu d'influence sur la fatigue. Ce résultat est en contradiction avec la littérature où Antoine a observé une action des logiciels de prédiction sur la fatigue chez des personnes atteintes de paralysie cérébrale (Antoine and Maurel, 2007). L'explication la plus rationnelle semble être dans les différences des pathologies. Les personnes tétraplégiques sont peut-être moins fatigables car ce sont les muscles préservés par la lésion médullaire qui permet de contrôler et de stabiliser le mouvement. Par contre, dans la paralysie cérébrale, du fait de l'atteinte cérébrale, le contrôle moteur est difficile et plus coûteux. Ces difficultés entrainent sûrement plus de fatigue.

Sur le confort.

Enfin, au niveau du confort, les résultats sont disparates. Les personnes tétraplégiques hautes se sentent plus confortables lorsque le logiciel de prédiction présente 8 mots, mais ne sentent pas de bénéfice lorsque le paramétrage d'adaptations au vocabulaire de l'utilisateur est activé. Les personnes tétraplégiques basses sont plus confortables avec trois mots affichés et lorsque ce paramétrage d'adaptation est activé. Ces sensations de confort ne sont pas retrouvées dans la littérature. Néanmoins, l'explication la plus probable semble être en lien avec la problématique de la recherche visuelle. En effet, pour les personnes tétraplégiques hautes, l'espace de recherche visuelle est réduit. Par conséquent, la présence de 8 mots n'est pas délétère au niveau du confort visuel et permet d'avoir un nombre important de choix de mots, ce qui peut faciliter la saisie de texte. Par contre, pour les personnes tétraplégiques basses qui doivent réaliser des va-et-vient incessants entre le clavier et l'écran, n'avoir que trois mots permet de se concentrer uniquement sur le début de la liste de prédiction et ainsi de réduire l'espace de recherche visuelle.

Au vu de ces différents résultats, nous pouvons nous interroger sur plusieurs points.

Tout d'abord, en regardant les résultats des études chez les personnes tétraplégiques hautes, nous pouvons nous interroger sur la pertinence de proposer des nouveaux outils d'accès à Internet comme les tablettes tactiles. En effet, comme ces dernières disposent d'un clavier virtuel équipé d'une prédiction de mots sur l'écran, le temps de recherche visuelle est réduit. Par conséquent, **nous pouvons supposer que la vitesse de saisie de texte et le confort des utilisateurs soient améliorés, sous réserve de ne pas voir augmenter le nombre d'erreurs. Des études cliniques seront à mener afin de valider ces hypothèses.**

Ensuite, dans ce travail de thèse, deux paramètres des logiciels de prédiction de mots ont été étudiés. Ils ont été choisis suite à la revue de littérature et aux résultats de l'étude 3. Néanmoins, il est possible que d'autres paramètres des logiciels de prédiction, voire leur combinaison, influencent la vitesse de saisie de texte**. La localisation de la fenêtre de prédiction peut avoir une influence sur la vitesse de saisie de texte pour les personnes tétraplégiques basses en diminuant le temps de recherche visuelle.** Deux positions semblent intéressantes en clinique même si ces hypothèses ont été très peu étudiées dans la littérature : **liste suivant la position du curseur** (Swiffin et al., 1987) et **liste en position basse sur l'écran proche du clavier standard** (Tam, 2001).

De même, **paramétrer les logiciels de prédictions de mots pour qu'ils ne présentent les propositions qu'à partir de quatre ou cinq caractères saisis peut avoir une influence sur la vitesse de saisie de texte.** Cette fonctionnalité s'apparente aux études qu'a menées KOESTER sur les différentes stratégies d'utilisation des logiciels de prédiction de mots (Koester and Levine, 1996) (Heidi H Koester, 1997). Même si aucune stratégie idéale n'a été mise en évidence, il peut être intéressant d'étudier ce paramétrage sur un échantillon de personnes tétraplégiques plus important.

Enfin, chaque logiciel de prédiction de mots a son propre algorithme de prédiction. Il est possible qu'en fonction de la performance de ces derniers, nous obtenions des influences différentes sur la vitesse de saisie de texte (Mubaid and Chen, 2008). Nous avons utilisé le logiciel de prédiction de mots le plus utilisé en France, mais **il est possible qu'en expérimentant sur un autre logiciel possédant un algorithme plus performant (avec un KSR théorique plus important), les résultats soient différents.** Par conséquent, il semble intéressant d'effectuer des études cliniques afin de **vérifier cette hypothèse et si cette dernière s'avère vraie, de travailler sur l'amélioration des algorithmes de prédiction.**

Une exploration complémentaire de l'influence des autres paramètres (localisation de la fenêtre de prédiction et la possibilité de ne présenter les mots qu'à partir d'un nombre de caractères définis) des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte, à travers des études cliniques, semble nécessaire afin de valider l'intérêt de ces logiciels.

De même, au vu des résultats, nous pouvons nous poser la question sur la pertinence du critère d'évaluation des logiciels de prédiction de mots : la vitesse de saisie de texte. Cette mesure de vitesse de saisie de texte est présente dans l'ensemble des études évaluant l'intérêt de ces logiciels (Koester, 2000) (Koester and Levine, 1997) (Tam, 2001) (Mackenzie et al., 1999) (Laffont et al., 2007) (Vigouroux et al., 2004). Nous avons montré dans les études 2, 4 et 5 que la vitesse de saisie de texte était augmentée dans de rares cas : chez les personnes tétraplégiques hautes et en activant le paramètre d'adaptation du logiciel de prédiction de mots au vocabulaire de l'utilisateur. Or, dans l'ensemble des études, nous retrouvons un taux de satisfaction honorable envers ces logiciels de la part des personnes tétraplégiques. **Par conséquent, nous pouvons émettre l'hypothèse que les personnes tétraplégiques trouvent ou recherchent des bénéfices autres qu'une augmentation de la vitesse de saisie de texte à l'utilisation des logiciels de prédiction de mots**, à savoir une diminution du nombre d'erreurs, ou une augmentation du confort d'utilisation de l'outil informatique. **Néanmoins, à notre connaissance, il n'existe aucune étude, dans la littérature, recensant les besoins et attentes des personnes tétraplégiques envers les logiciels de prédiction de mots.** Par conséquent, il est peut-être possible qu'il existe un décalage entre les attentes des utilisateurs et l'apport des logiciels de prédictions de mots. **En conclusion, il semble primordial, désormais d'identifier à travers une étude clinique, les besoins et attentes des personnes tétraplégiques envers les logiciels de prédiction de mots. De plus, au vu des résultats différents obtenus en fonction du niveau lésionnel (haut et bas), il semble primordial de différencier ces deux populations lors de l'analyse de ces besoins. Ce recensement permettra d'identifier le ou les critères d'évaluation de ces logiciels en adéquation avec les vrais besoins utilisateurs et par conséquent, les axes de développement et d'amélioration à explorer.**

Au vu de ces différents résultats, les bénéfices des logiciels de prédiction de mots sont variables en fonction des paramétrages activés, mais aussi en fonction de l'aide technique d'accès à l'outil informatique au sein d'une population de personnes tétraplégiques.

De même que, pour les aides techniques d'accès à l'outil informatique, des séances d'entraînement sur ce type de logiciel semblent être une voie d'optimisation de la vitesse de saisie de texte.

IV. INFLUENCE DE L'ENTRAINEMENT.

Comme nous l'avons déjà évoqué ci-dessus, les entraînements sur les aides techniques sont consensuels au niveau des professionnels, mais aussi auprès des personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs. Sur une étude menée par notre équipe et non publiée, ce manque d'entraînement ou d'accompagnement par un professionnel était la première raison mise en avant par les

personnes tétraplégiques afin d'expliquer l'abandon de leur aide technique. De plus, en fonction des différents résultats constatés dans la littérature, il semble qu'un entraînement sur ces aides techniques d'accès à l'outil informatique ou sur les logiciels de prédiction de mots peut améliorer leur appropriation et de même augmenter leur efficacité. Néanmoins, les résultats de l'étude 2 associés aux résultats préliminaires de l'étude 6 ont posé une problématique sur la nature et les modalités de l'accompagnement ou de l'entraînement proposé. En effet, nous trouvons une influence de l'entraînement dirigé par un ergothérapeute sur la vitesse de saisie de texte qui augmente au fil du temps. Nous notons en parallèle une augmentation de la vitesse de sélection, du taux d'utilisation de la prédiction de mots, et des sensations de rapidité et de performance, avec une baisse de la charge attentionnelle. Ces résultats vont dans le sens de certaines données de la littérature qui ont montré l'influence positive de l'entraînement lors de l'utilisation de claviers optimisés ou dynamiques, ou de logiciels de prédiction de mots (MacKenzie and Zhang, 1999) (Ward et al., 2000) (Koester and Levine, 1996)(Handley-More et al., 2003). De plus, dans le groupe en auto-entraînement, nous notons un effet réduit de cet auto-entraînement sur la vitesse de saisie de texte. Par conséquent, nous notons une différence d'influence des entraînements en fonction de leurs modalités sur cette vitesse de saisie de texte. Néanmoins, les résultats préliminaires de l'étude 6 montrent que, dans les trois groupes, les participants écrivent plus vite sans logiciel de prédiction de mots qu'avec le logiciel, et ce, malgré l'influence de l'entraînement dirigé par l'ergothérapeute sur la vitesse de saisie de texte.

Une autre hypothèse pouvant expliquer ces résultats préliminaires serait un temps trop limité d'entraînement dispensé auprès des personnes tétraplégiques ne permettant pas une appropriation « suffisante » du logiciel de prédiction de mots. Néanmoins, en regard des durées d'entraînement supervisé par un professionnel, proposées dans la littérature auprès de personnes tétraplégiques ou en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs (Heidi Horstmann Koester and Levine, 1994) (Koester and Levine, 1996) (Laffont et al., 2007), l'étude 6 que nous avons mise en place a été menée sur la durée la plus longue et avec un nombre de séances conséquent (1 mois avec une fréquence de 3 séances d'une heure par semaine) et l'étude 1 prévoyait un temps de deux mois au domicile. Malgré ces durées d'entraînement relativement conséquentes, les résultats obtenus ne sont pas différents de ceux recensés dans la littérature. Par conséquent, plus qu'une question de durée, il est possible que la nature ou le contenu des séances de rééducation proposées ne soient pas en adéquation avec un apprentissage et une appropriation des logiciels de prédictions de mots. Malheureusement, dans la littérature, nous n'avons pas retrouvé de scénarii d'entraînement spécifié, ayant fait consensus, pour l'appropriation de ces logiciels de prédiction de mots. Par conséquent, il serait intéressant de travailler sur ces scénarii avec un groupe de professionnels et évaluer différents types d'entraînements afin de déterminer le plus approprié.

V. INTERET CLINIQUE.

Les résultats des différentes études mettent en avant une influence des paramétrages des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisies de texte, mais aussi sur le nombre d'erreurs. Néanmoins, à travers le questionnaire d'usage de l'étude 3, a été mis en évidence un manque de connaissance de la part des professionnels sur cette problématique. Même si l'importance de paramétrer les logiciels de prédictions de mots est avérée et reconnue par les professionnels préconisateurs de ces outils, en pratique, ces logiciels sont peu paramétrés. Comme le souligne l'étude 3, les réglages par défaut ne sont pas identiques d'un logiciel à l'autre et peuvent ne pas correspondre à certaines attentes des professionnels. Ces derniers ont tendance à être trop confiants dans ces réglages alors que certains peuvent ne pas être activés telle l'adaptation au vocabulaire de l'utilisateur, par exemple. Ce paramétrage a été mis en évidence comme essentiel à l'amélioration de la performance que ce soit sur la vitesse de saisie de texte ou sur le nombre d'erreurs dans l'étude 5. Un manque d'information est rapporté par les professionnels concernant l'influence de ces paramétrages. Ce manque d'information a déjà été mis en évidence dans un rapport ministériel (Mason et al., 2007) à la fois chez les professionnels, mais aussi chez les personnes en situation de handicap ce qui pose un problème à la fois dans le dépistage du besoin, l'orientation vers les ressources compétentes et l'accompagnement des personnes au quotidien. De même, nous avons mis en évidence l'intérêt d'un entraînement dirigé par un professionnel, sur l'étude 6. Reste à déterminer et définir la compétence de ce professionnel qui a parfois du mal à trouver les bonnes réponses à ces questions et avoir accès aux informations pertinentes. De plus, un manque de temps à consacrer à l'accompagnement ou aux paramétrages a été mis en avant lors des résultats de l'étude 3. Il est clair qu'il y a une différence entre les différents lieux d'hospitalisation ou de lieux de vie des personnes en situation de handicap. Dans certains lieux, l'accès à des professionnels formés à ce type de matériel et ayant du temps consacré à ce type d'accompagnement facilite l'accès à ce type de technologie. Il est nécessaire d'harmoniser la pratique et de structurer l'information afin de favoriser l'émergence de pratique et d'éventuelle hiérarchisation de priorités dans la prise en charge thérapeutique si ce besoin en prédiction de mots, par exemple, est identifié.

Les résultats obtenus orientent les futures préconisations des professionnels sur les logiciels de prédictions de mots selon plusieurs axes. Tout d'abord, il est important de diffuser l'information concernant les résultats obtenus lors de ces différentes études à travers des publications nationales, internationales, conférences, mais aussi sur les réseaux professionnels. Ensuite, pour chaque professionnel, une information claire et précise sur les bénéfices de ces logiciels sur la saisie de texte doit être dispensée auprès de la personne tétraplégique afin que celle-ci puisse faire un choix éclairé, en lien avec ses besoins

et attentes, sur une éventuelle réduction du nombre d'erreurs (aspect qualitatif) ou une augmentation de la vitesse de saisie de texte (aspect quantitatif). Ensuite, une vérification des paramétrages doit être effectuée par le professionnel afin que les logiciels de prédiction soient efficaces ou proposent du confort à l'utilisation lors de la saisie de texte. Enfin, un entraînement dirigé par un professionnel semble indispensable afin de favoriser l'appropriation même si le contenu de cet entraînement reste à définir. En effet, pour l'instant, l'entraînement dispensé n'est pas idéal en termes de rapport coût/efficacité. Il semble important, par conséquent, de définir de nouvelles techniques d'entraînement.

VI. LIMITES

L'ensemble de ce travail de thèse comporte plusieurs limites en plus de celles qui ont déjà été relevées, étude par étude.

Tout d'abord, nous avons utilisé un seul logiciel de prédiction de mots, le plus utilisé en France pour l'ensemble de nos expérimentations, hormis pour l'étude 2. Mais il est possible qu'en expérimentant sur un autre logiciel possédant un algorithme plus performant (avec un KSR théorique plus important), les résultats aient été différents. Par conséquent, il semble intéressant d'effectuer des études cliniques avec d'autres logiciels de prédiction de mots afin de vérifier cette hypothèse et ainsi valider les résultats.

Pour l'étude 6, un ordinateur différent était utilisé pour les séances d'entraînement et d'évaluation. Par conséquent, il est possible qu'un entraînement dispensé sur un ordinateur ait permis de donner certains repères de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. Et, le jour de l'évaluation, en utilisant un ordinateur différent, les participants aux études, perdent leurs repères et donc sont moins performants dans leur saisie de texte.

De même, un seul évaluateur a recueilli les données à partir des vidéos et a traité les résultats. Par conséquent, le recueil de ces données est dépendant de cet évaluateur ce qui a pu entrainer un biais. Idéalement, deux évaluateurs auraient été nécessaires et un croisement de leurs analyses aurait dû être effectué.

Enfin, pour les deux études comprenant de l'entraînement sur les logiciels de prédiction de mots (étude 2 et 6), les temps d'entraînement ne sont pas égaux entre les différents groupes ce qui peut occasionner un biais dans l'interprétation des résultats.

CHAPITRE V.
CONCLUSION GENERALE

I. BILAN DES PRINCIPAUX RESULTATS.

Au cours de ce travail de thèse, nous avons pu étudier l'influence des paramétrages des logiciels de prédiction de mots et d'un programme d'entraînement ciblé sur la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques. De même, nous avons pu investiguer les habitudes des professionnels préconisateurs de ces logiciels sur leurs paramétrages.

L'étude 1 nous a permis de mettre en évidence des vitesses de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques hautes et basses. Les résultats montrent que seule l'aide technique d'accès à l'outil informatique influence la vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques alors que, chez les personnes valides, l'utilisation importante du traitement de texte a de même une influence sur cette vitesse. Ces résultats nous indiquent que les logiciels de reconnaissance vocale permettent une vitesse de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques équivalentes à celle des personnes valides. De plus, il s'avère que la population tétraplégique a un comportement différent que la population valide lors de la saisie de texte sur l'outil informatique. **Par conséquent, lors de développement de nouveaux outils d'accès à l'outil informatique ou d'optimisation de la vitesse de saisie de texte, les phases de test semblent largement plus pertinentes lorsqu'elles sont effectuées sur la population initialement visée. De plus, le développement de nouveaux moyens d'accès à l'outil informatique et notamment les logiciels de reconnaissance vocale comme moyen d'optimisation de la vitesse de saisie de texte semblent une voie de recherche intéressante.**

L'étude 2 nous a permis de mettre en avant l'hétérogénéité des résultats sur la vitesse de saisie de texte avec un logiciel de prédiction sur une population hétérogène et sans paramétrage. De même, l'intérêt d'un clavier dynamique pour des personnes utilisant des dispositifs de pointage pour saisir le texte est délétère. **Néanmoins, en vue des fonctionnements et des designs très différents de ces claviers dynamiques entre eux, une évaluation de chaque logiciel serait indispensable.** Enfin, cette étude a permis de mettre en évidence le faible intérêt d'un entraînement libre au domicile sans supervision et sans recommandations. **Ces conclusions montrent aux cliniciens qu'il est nécessaire d'avoir une réflexion sur la préconisation des logiciels de prédictions de mots et sur les modalités des entraînements dispensés. Sans cette réflexion, les cliniciens peuvent aller à l'encontre des effets souhaités avec l'outil préconisé.**

L'étude 3 a mis en évidence une différence entre l'importance donnée aux paramétrages des logiciels de prédiction de mots par les professionnels préconisateurs et les paramétrages effectivement réglés. Cette différence pouvait s'expliquer par une confiance dans les réglages par défaut des logiciels, mais qui ne sont

pas forcément identiques et effectifs, un manque d'information et de temps des professionnels. Ces résultats sont renforcés par le manque de connaissance de l'influence de certains paramétrages sur la vitesse de saisie de texte. **Ces différents constats, mis en relation avec les résultats de l'étude 1, indiquent qu'une attention particulière doit être portée sur les modalités de préconisation des logiciels de prédiction de mots. De plus, il semble important de diffuser l'information de recherches sur le sujet à travers les réseaux d'information existants ou de mettre en place ces réseaux afin d'assurer une propagation importante des informations susceptibles d'améliorer la prise en charge clinique des personnes tétraplégiques.**

Les études 4 et 5 nous indiquent que les paramétrages (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur) ont une influence sur la saisie de texte que ce soit au niveau de la vitesse de saisie de texte, du nombre d'erreurs ou du confort. Mais ces influences sont différentes en fonction du niveau lésionnel haut ou bas des personnes tétraplégiques. Chez les personnes tétraplégiques basses, le nombre de mots affichés n'influence pas la vitesse de saisie de texte, mais les personnes se sentent plus confortables avec trois mots. L'activation du paramétrage d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur n'influence pas la vitesse de saisie de texte, mais réduit le nombre d'erreurs. Chez les personnes tétraplégiques hautes, nous ne retrouvons de même aucune influence du nombre de mots affichés, mais ils se sentent plus confortables avec huit mots affichés. Par contre, l'activation du paramétrage d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur augmente leur vitesse de saisie de texte. Ces résultats montrent pour les cliniciens l'importance des réglages des logiciels de prédiction et surtout leur influence différente sur la saisie de texte. **Par conséquent, il est apparait nécessaire de paramétrer les logiciels de prédictions de mots, mais aussi de connaitre l'influence des différents réglages. De plus, des études complémentaires seraient nécessaires afin d'évaluer l'influence des autres paramétrages (localisation de la fenêtre de prédiction et la possibilité de ne présenter les mots qu'à partir d'un nombre de caractères définis) des logiciels de prédictions de mots sur la vitesse de saisie de texte.**

Enfin, l'étude 6 semble avoir mis en évidence l'influence d'un entraînement dirigé sur la vitesse de saisie de texte, d'après les premiers résultats préliminaires. Néanmoins, les personnes tétraplégiques basses écrivaient plus vite sans logiciel de prédiction qu'avec, et ce, même après l'entraînement dirigé. **Une réflexion concernant le temps, la nature et le contenu de l'entraînement sera à mener si les résultats définitifs confirment les résultats préliminaires.**

II. PERSPECTIVES

Les perspectives de ce travail de recherche se situent à deux niveaux : à la fois, à un niveau clinique en vue d'améliorer nos préconisations et notre accompagnement et à la fois, à un niveau de recherche afin de pouvoir répondre aux interrogations supplémentaires qui ont été soulevées à la suite de ce travail.

Au niveau clinique, compte tenu du manque d'information soulignée par les professionnels, **il semble important de favoriser la diffusion des résultats de la recherche non seulement à travers les publications scientifiques internationales, mais aussi à travers des publications nationales plus abordables et peut-être aussi plus proches de préoccupations de terrain.** De même, cette diffusion doit être effectuée lors de conférence afin de favoriser les échanges, à travers les forums d'information et de discussion des différents corps de métiers et en formation continue et initiale.

Il semble important de changer certaines habitudes d'accompagnement des personnes tétraplégiques et **d'avoir à l'esprit l'importance des paramétrages des logiciels de prédiction de mots et leur influence sur la saisie de texte que ce soit au niveau de la vitesse de saisie ou du nombre d'erreurs**. Ces différents bénéfices doivent être expliqués à la personne tétraplégique qui pourra choisir en toute connaissance de cause. **Ce choix passe aussi par la connaissance des besoins et des attentes des personnes tétraplégiques concernant les logiciels de prédiction de mots.**

En effet, il semble primordial, désormais d'identifier à travers une étude clinique, les besoins et attentes des personnes tétraplégiques envers les logiciels de prédiction de mots. Au vu de la différence des résultats obtenus lors des études, en fonction du niveau lésionnel, il semble primordial d'effectuer cette analyse de besoins dans les deux populations (niveau lésionnel haut et bas). Ce recueil est important, car il permettra à la fois de mieux orienter nos préconisations pour les personnes tétraplégiques, en lien avec les bienfaits identifiés des logiciels et d'autre part d'orienter des développements futurs sur ce type de logiciels. De plus, consacrer du temps aux paramétrages des logiciels en connaissant leur influence puis à l'entraînement sur ces outils semble important dans l'appropriation de ces logiciels par les personnes tétraplégiques.

Systématiser les entraînements dirigés sur les logiciels de prédiction de mots nécessite une réflexion et une validation sur les modalités et la nature de ces accompagnements. La création d'un groupe de travail de professionnels afin de réfléchir à cette thématique semble intéressante. Le développement de plans d'intervention consensuels à l'aide d'une méthode Delphi, par exemple, et leur évaluation sont essentiels dans l'harmonisation des pratiques professionnelles et dans le bénéfice apporté aux personnes tétraplégiques.

Sur le plan de la recherche, différentes voies d'exploration sont à étudier :

Concernant les aides techniques d'accès à l'outil informatique, **de nouvelles pistes sont à explorer afin de développer de nouveaux outils** qui pourraient favoriser et augmenter la vitesse de saisie de texte.

Concernant les logiciels de reconnaissance vocale, au vu du potentiel de ces outils, **un travail de recherche visant à diminuer leurs défauts (difficultés de reconnaissance de voix dysarthriques, bruits de fond perturbateurs, nuisance sonore) serait intéressant.**

Concernant les claviers dynamiques, **au vu des fonctionnements et des designs très différents de ces claviers entre eux, une évaluation de chaque logiciel serait indispensable afin de valider leur intérêt auprès des personnes tétraplégiques.**

Concernant les logiciels de prédiction de mots, nous notons un apport du paramétrage d'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur pour les personnes tétraplégiques hautes sur la vitesse de saisie de texte. Pour les personnes tétraplégiques basses, cette influence n'est pas effective, mais elles se sentent plus confortables avec trois mots affichés. En effet, cela permet de réduire en partie le champ visuel exploratoire. **Il est possible qu'en améliorant l'algorithme de prédiction en le focalisant sur les trois premiers mots avec une meilleure adaptation au contexte d'utilisation et au vocabulaire utilisateur, une amélioration de la vitesse de saisie de texte soit possible pour les personnes tétraplégiques basses.**

De même, si la réduction du champ exploratoire permet d'augmenter la vitesse de saisie de texte **généraliser les tablettes tactiles équipées de clavier virtuel et d'une prédiction de mots, pour les personnes tétraplégiques basses serait intéressant pour augmenter cette vitesse de saisie de texte.** En effet, utiliser le clavier virtuel à l'écran permettra de réduire ce champ de recherche visuelle. Néanmoins, **des études cliniques évaluant cette situation seraient nécessaires afin de vérifier cette hypothèse.**

De plus, il est possible que les logiciels de prédictions de mots soient plus adaptés à des personnes ayant une saisie de texte très lente. Des études complémentaires sur des populations de personnes en situation de déficiences sensitivomotrices des membres supérieurs ayant accès à l'outil informatique en défilement peuvent être intéressantes afin d'apporter des connaissances supplémentaires. **De même, si cette hypothèse se justifie, il peut être intéressant d'étudier à quelle vitesse de saisie de texte, le bénéfice d'augmentation de cette même vitesse de saisie de texte apparait.**

De plus, **une connaissance de l'influence des autres paramétrages des logiciels de prédiction sur la vitesse de saisie de texte peut être investiguée même s'ils ont été jugés moins importants par les professionnels.**

Dans tous les cas, **il semble intéressant de systématiser des études cliniques afin d'évaluer l'intérêt de nouvelles aides techniques développées pour une population de personnes tétraplégiques. Enfin, au vu**

des résultats, il semble primordial, de différencier chez les personnes tétraplégiques, deux populations en fonction de leur niveau lésionnel (haut et bas) et de leur moyen d'accès à l'outil informatique, pour de futures études cliniques ou lors de préconisations d'aides techniques.

L'ensemble de ce travail de thèse associé aux perspectives décrites ci-dessus permettra, je l'espère, d'améliorer l'appropriation des logiciels de prédiction par les personnes tétraplégiques et au final, répondre à un réel besoin d'efficacité sur l'outil informatique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Aghakhani, N., Vighe, B., M., T., 1999. Traumatismes de la moelle épinière. Encycl. Médico-Chirurgicale, Neurol. 17-685-A-1.

Albert, T., 2011. Personnes blessées médullaires : principes et pratiques de la prise en charge médicale, in: Pouplin, S. (Ed.), Accompagnement de La Personne Blessée Médullaire En Ergothérapie. Marseille, pp. 13–34.

Albert, T., Ravaud, J.-F., 2005. Rehabilitation of spinal cord injury in France: a nationwide multicentre study of incidence and regional disparities. Spinal Cord 43, 357–65. doi:10.1038/sj.sc.3101717

American Spinal Injury Association, 2011. ASIA International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury. J. Spinal Cord Med. doi:10.1007/978-0-387-79948-3_5034

Ammi, C., 2003. La population dépendante, les aides techniques, analyse des besoins des utilisateurs, le marché, évaluation et expérimentations, in: Pruski, A. (Ed.), Assistance Technique Au Handicap, IC2, Systèmes Automatisés. Paris, pp. 21–29.

Anderson, A.M., Mirka, G.A., Joines, S.M.B., Kaber, D.B., 2009. Analysis of alternative keyboards using learning curves. Hum. Factors 51, 35–45.

André, J., De barmon, H., 1993. Evaluation des aides techniques, in: Editions Arnette (Ed.), L'évaluation et La Rééducation, Sport, Exercice Physique et Handicap - Actes Des 6èmes Entretiens de l'Institut Garches. Garches, Paris, pp. 51–57.

André, J., Paysant, J., Dorey, H., Dossmann, Keller, C., 2004. Assessment of assistive technology in physical medicine and rehabilitation, in: Barat, M., Franchignoni, F. (Eds.), Assessment in Physical Medicine and Rehabilitation. pp. 195–203.

Angelo, C., Gastout, D., Herman, S., Gastout, B., 2007. Des "TIC" pour Tous. http://www.anlh.be/?view=rubl&id=668&id2=386

Anson, D., 1993. The effect of word prediction on typing speed. Am. J. Occup. Ther. 47, 1039–1042.

Anson, D., Moist, P., Przywara, M., Wells, H., Saylor, H., Maxime, H., 2006. The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. Assist. Technol. 18, 146–54. doi:10.1080/10400435.2006.10131913

Antoine, J., Maurel, D., 2007. Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte Problématique , état des lieux et retour sur trente ans. TAL 48, 9–46.

Audibert, M.P., 2011. Evaluation et accompagnement de la personne blessée médullaire dans les activités de vie quotidienne telles que la toilette, l'habillage et le repas., in: Pouplin, S. (Ed.), Accompagnement de La Personne Blessée Médullaire En Ergothérapie. Marseille, pp. 171–193.

B

Bally-Sevestre, D., Chaumeil, M., D'Erceville, D., 2003. Démarches d'évaluation en ergothérapie. ErgOthérapies 12, 23–36.

Bauer, S.M., Elsaesser, L.-J., Arthanat, S., 2011. Assistive technology device classification based upon the World Health Organization's, International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Disabil. Rehabil. Assist. Technol. 6, 243–59. doi:10.3109/17483107.2010.529631

Bellman, T., Mackenzie, I.S., 1998. A Probabilistic Character Layout Strategy for Mobile Text Entry, in: Proceedings of Graphics Interface'98. pp. 168–176.

Bellurot, N., Debiesse, G., Raymond, M., Chain, P., Renaudin, N., 2012. Rapport sur les modalités d'application des règles d'accessibilité du cadre bâti pour les personnes handicapées.

Bérard, C., Niemeijer, D., 2004. Evaluating effort reduction through different word prediction systems, in: Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. doi:10.1109/ICSMC.2004.1400732

Betke, M., Gips, J., Fleming, P., 2002. The camera mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 10, 1–10. doi:10.1109/TNSRE.2002.1021581

Bhattacharya, S., Samanta, D., Basu, A., 2008. Performance models for automatic evaluation of virtual scanning keyboards. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 16, 510–9. doi:10.1109/TNSRE.2008.2003377

Biard, N., Bouteille, J., Pouplin, S., 2011. Accès aux Technologies de l ' Information et de la Communication pour les personnes blessées médullaires, in: Solal (Ed.), Accompagnement de La Personne Blessée Médullaire En Ergothérapie. Marseille, pp. 195–208.

Bigot, R., Croutte, P., 2014. La Diffusion Des Technologies De L'Information Et De La Communication Dans La Societe Française. http://www.credoc.fr/pdf/Rapp/R317.pdf

Boissière, P., Vigouroux, N., Vella, F., Mojahid, M., 2002. Adaptation of AAC to the context communication : a real improvement for the user Illustration through the VITIPI word completion State of the art, in: Proceeding of the 13th International Conference ICCHP 2012.

Boonzaier, 2003. The impact of assistive technologies on the lives of disabled people, in: Independent Living for Persons with Disabilities and Edelderly People.

Brangier, E., Bobilier Chaumon, M., Gaillard, J., 2003. Techniques, méthodes et démarches d'évaluation, in: Pruski, A. (Ed.), Assistance Technique Au Handicap. Paris, pp. 49–97.

Brochard, S., Pedelucq, J.-P., Cormerais, a, Thiebaut, M., Rémy-Néris, O., 2007. Satisfaction with technological equipment in individuals with tetraplegia following spinal cord injury. Ann. Readapt. Med. Phys. 50, 78–84. doi:10.1016/j.annrmp.2006.09.004

Burton, M., Nieuwenhuijsen, E.R., Epstein, M.J., 2008. Computer-related assistive technology: satisfaction and experiences among users with disabilities. Assist. Technol. 20, 99–106; quiz 84–5. doi:10.1080/10400435.2008.10131936

Butts, L., Cockburn, A., 2001. An Evaluation of Mobile Phone Text Input Methods, in: Proceedings of 3rd Australasian User Interface Conference - AUIC'2002. Melbourne, Australia.

C

Cantegrit, B., Toulotte, J., 2001. Réflexions sur l ’ aide à la communication des personnes présentant un handicap moteur, in: Conference Proceeding of TALN. Tours, pp. 2–5.

Capa-arnao, R., Manresa-yee, C., Mas-sansó, R., Larrea, M., 2012. Assessment of Writing Text in Mobile Devices, in: Proceeding of the 18th CACIC.

Castelein, P., 2004. Le modèle du processus de production du handicap : support méthodologique pour l’élaboration d'un plan d'intervention individualisé, in: Izard, M., Nespoulos, R. (Eds.), Expériences En Ergothérapie, Rencontres En Médecine Physique et de Réadaptation. Montpellier, pp. 19–33.

Chen, Y.-L., Chen, S.-C., Chen, W.-L., Luh, J.-J., Lai, J.-S., 2003. Application of SEMG in computer mouse access for the disabilities. Disabil. Rehabil. 25, 218–223. doi:10.1080/0963828021000030909

Chen, Y.-L., Chen, W.-L., Kuo, T.-S., Lai, J.-S., 2003. A head movement image (HMI)-controlled computer mouse for people with disabilitiesAnalysis of a time-out protocol and its applications in a single server environment. Disabil. Rehabil. 25, 163–167. doi:10.1080/0963828021000024960

Clawson, J., Lyons, K., Clarkson, E., Starner, T., 2006. Mobile Text Entry : An empirical study and analysis of mini – QWERTY keyboards. ACM Trans. Comput. Interact. V, 1–19.

Cockburn, A., Siresena, A., 2003. Evaluating mobile text entry with the Fastap Keypad, in: British Computer Society Conference on Human Computer Interaction. Bath, England, pp. 77–80.

Cook, A., Polgar, J., 2015. Assistive technologies. Principles and practice. 4th Edition. Elsevier. 496 p.

Cornes, P., Bochel, H.M., 1987. Fitness for work : medicolegal assessment of residual disability and employment handicap. Int. J. Rehabil. Res. 10, 309–317.

Cup, E.H.C., Scholte op Reimer, W.J.M., Thijssen, M.C.E., van Kuyk-Minis, M. a H., 2003. Reliability and validity of the Canadian Occupational Performance Measure in stroke patients., Clinical rehabilitation. doi:10.1191/0269215503cr635oa

D

Dalton, J.R., Peterson, C.Q., 1997. The use of voice recognition as a control interface for word processing. Occup. Ther. Heal. care 11, 75–81. doi:10.1080/J003v11n01_05

Dauphin, A., Ravaud, J.F., Thevenon, A., 2000. Indépendance fonctionnelle à long terme des personnes tétraplégiques. Enquête Tetrafigap auprès de 1 668 blessés médullaires cervicaux. Ann. Réadaptation Médecine Phys. doi:10.1016/S0168-6054(00)89085-6

Demers, L., Monette, M., Descent, M., Jutai, J., Wolfson, C., 2002. The Psychosocial Impact of Assistive Devices Scale (PIADS): translation and preliminary psychometric evaluation of a Canadian-French version. Qual. Life Res. 11, 583–92. doi:10.1023/A:1016397412708

Demers, L., Monette, M., Lapierre, Y., Arnold, D.L., Wolfson, C., 2002. Reliability, validity, and applicability of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (QUEST 2.0) for adults with multiple sclerosis. Disabil. Rehabil. 24, 21–30. doi:10.1080/09638280110066352

Demers, L., Weiss-Lambrou, R., Ska, B., 2000. Item analysis of the Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST). Assist. Technol. doi:10.1080/10400435.2000.10132015

Derosier, R., Farber, R.S., 2005. Speech recognition software as an assistive device: a pilot study of user satisfaction and psychosocial impact. Work 25, 125–34.

Detraz, M., 2008. Le processus d'intervention en ergothérapie, in: Caire, J. (Ed.), Nouveau Guide de Pratique En Ergothérapie : Entre Concepts et Réalités. Marseille, pp. 136–142.

DeVivo, M.J., Krause, J.S., Lammertse, D.P., 1999. Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. Arch. Phys. Med. Rehabil. 80, 1411–1419. doi:10.1016/S0003-9993(99)90252-6

DeVries, R.C., Deitz, J., Anson, D., 1998. A Comparison of Two Computer Access Systems for Functional Text Entry. Am. J. Occup. Ther. doi:10.5014/ajot.52.8.656

Dollfus, P., 2001. Niveau métamérique et incidence fonctionnelle. Essais de classification, in: Bussel, B., Maury, M., Ravaud, J. (Eds.), Les Tétraplégies Par Lésion Médullaire - Actes Des 14èmes Entretiens de l'Institut Garches. Editions Frison-Roche, Paris, pp. 13–19.

Dumas, C., 2002. Evaluation des aides techniques et ergothérapie, in: Izard, M., Nespoulos, R. (Eds.), Expériences En Ergothérapie, Rencontres En Médecine Physique et de Réadaptation. Sauramps Médical, Montpellier, pp. 120–130.

Durfee, J.L., Billingsley, F.R., 1999. A comparison of two computer input devices for uppercase letter matching. Am. J. Occup. Ther. doi:10.5014/ajot.53.2.214

E

Even-Schneider, A., Denys, P., Chartier-Kastler, E., Ruffion, A., 2007. Chapitre A - Troubles vésico-sphinctériens et traumatismes médullaires. Progrès en Urol. doi:10.1016/S1166-7087(07)92328-3

F

Fleetwood, M.D., Byrne, M.D., Centgraf, P., Dudziak, K., Lin, B., Mogilev, D., 2002. An Evaluation of Text-Entry in Palm OS - Graffiti and the Virtual Keyboard. Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet. 46, 617–621. doi:10.1177/154193120204600504

Folan, A., Barclay, L., Cooper, C., Robinson, M., 2015. Exploring the experience of clients with tetraplegia utilizing assistive technology for computer access. Disabil. Rehabil. Assist. Technol. 10, 46–52. doi:10.3109/17483107.2013.836686

Fougeyrollas, P., 2010. La funambule, le fil et la toile : transformations réciproques du sens du handicap, Les presse. ed. Québec.

Fougeyrollas, P., Noreau, L., Tremblay, S., 2005. La mesure de la qualité de l'environnement et le processus de production du handicap - fondements conceptuels, développement d'un outil et applications, in: Handicap et Environnement - Actes Des 18èmes Entretiens de La Fondation Garches. Paris, pp. 13–15.

Frankel, H.L., Coll, J.R., Charlifue, S.W., Whitneck, G.G., Gardner, B.P., Jamous, M.A., 1998. Long-term survival in spinal cord injury: a fifty year investigation. Spinal Cord 36, 266–274.

Fraval Lye, M., Boutard, C., 2004. Textzados, Ortho Edit. ed. Isbergues.

G

Garrett, J.T., 2007. Using Speech Recognition Software to Increase Writing Fluency for Individuals with Physical Disabilities. Educ. Psychol. Spec. Educ. Diss.

Giesbrecht, E., 2013. Application of the Human Activity Assistive Technology model for occupational therapy research. Aust. Occup. Ther. J. n/a–n/a. doi:10.1111/1440-1630.12054

Gresham, G.E., Labi, M.L., Dittmar, S.S., Hicks, J.T., Joyce, S.Z., Stehlik, M. a, 1986. The Quadriplegia Index of Function (QIF): sensitivity and reliability demonstrated in a study of thirty quadriplegic patients. Paraplegia 24, 38–44. doi:10.1038/sc.1986.7

Grillo, D., 2001. Application of the Canadian Occupational Performance Measure to evaluate an augmentative communication intervention program for deaf adolescents, in: Proceeding of the RESNA Annual Conference. pp. 263–267.

Guerreiro, T., Jorge, J., 2007. Assistive Technologies for Spinal Cord Injured Individuals : Electromyographic Mobile Accessibility, in: Proceedings of GW2007 - 7th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation. pp. 1–6.

Guttmann, L., 1973. Spinal Cord Injuries, Comprehensive Management and Research, 1ere éditi. ed. Blackwell Science Ltd.

H

Halverson, C.A., Horn, D.B., Karat, C., Karat, J., International, S.R.I., Ave, R., Park, M., Street, T., Arbor, A., Watson, I.B.M.T.J., Mill, S., Road, R., 1999. The Beauty of Errors : Patterns of Error Correction in Desktop Speech Systems, in: Proceedings of Human-Computer Interaction - INTERACT'99.

Hameau, S., Halfen, S., Latcher, C., Roman, F., Ucieda, C., Hugeron, C., 2015. Lésions médullaires acquises de l ' adulte : rééducation des paraplégies complètes, EMC, vol 0, 1–25, Masson. doi:10.1016/S1283-0887(15)56697-8

Handley-More, D., Deitz, J., Billingsley, F.F., Coggins, T.E., 2003. Facilitating written work using computer word processing and word prediction. Am. J. Occup. Ther. 57, 139–151. doi:10.5014/ajot.57.2.139

Harbusch, K., 2003. Towards an adaptive communication aid with text input from ambiguous keyboards, in: Proceedings of the Tenth Conference of the European Chapter of the ACL. Budapest, pp. 207–210. doi:10.3115/1067737.1067786

Harbusch, K., Michael, K., 2003. An Evaluation Study of Two – Button Scanning with Ambiguous Keyboards, in: 7th Conference for the Advancement of Assistive Technology in Europe, AATE'2003. Dublin, Ireland. pp. 1–6.

Heckathorne, C., Voda, J., Leibowitz, L., 1987. Design rationale and evaluation of the Portable Anticipatory Communication Aid—PACA. Augment. Altern. Commun. 3, 170–180. doi:10.1080/07434618712331274489

Higginbotham, D.J., 1992. Evaluation of keystroke savings across five assistive communication technologies. Augment. Altern. Commun. 8, 258–272. doi:10.1080/07434619212331276303

Higginbotham, D.J., Bisantz, A.M., Sunm, M., Adams, K., Yik, F., 2009. The effect of context priming and task type on augmentative communication performance. Augment. Altern. Commun. 25, 19–31. doi:10.1080/07434610802131869

Hird, K., Hennessey, N.W., 2007. Facilitating use of speech recognition software for people with disabilities: a comparison of three treatments. Clin. Linguist. Phon. 21, 211–26. doi:10.1080/02699200601100249

I

Isokoski, P., 2004. Performance of menu-augmented soft keyboards. Proc. 2004 Conf. Hum. factors Comput. Syst. - CHI '04 423–430. doi:10.1145/985692.985746

Itzkovich, M., Gelernter, I., Biering-Sorensen, F., Weeks, C., Laramee, M.T., Craven, B.C., Tonack, M., Hitzig, S.L., Glaser, E., Zeilig, G., Aito, S., Scivoletto, G., Mecci, M., Chadwick, R.J., El Masry, W.S., Osman, a, Glass, C. a, Silva, P., Soni, B.M., Gardner, B.P., Savic, G., Bergström, E.M., Bluvshtein, V., Ronen, J., Catz, a, 2007. The Spinal Cord Independence Measure (SCIM) version III: reliability and validity in a multi-center international study. Disabil. Rehabil. 29, 1926–1933. doi:10.1080/09638280601046302

Ivanoff, S.D., Iwarsson, S., Sonn, U., 2006. Occupational therapy research on assistive technology and physical environmental issues: A literature review. Can. J. Occup. Ther. 73, 11. doi:10.1177/000841740607300203

J

Jackson, A.B., Dijkers, M., Devivo, M.J., Poczatek, R.B., 2004. A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: Change and stability over 30 years. Arch. Phys. Med. Rehabil. 85, 1740–1748. doi:10.1016/j.apmr.2004.04.035

Jenko, M., Zupan, A., 2010. Models and Instruments for Selection of Assistive Technology for Computer Access. Inform. medica Slov. 15, 31–36.

K

Karat, C.M., Halverson, C., Horn, D., Karat, J., 1999. Patterns of entry and correction in large vocabulary continuous speech recognition systems, in: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: The CHI Is the Limit. pp. 568–575. doi:10.1145/302979.303160

Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a new tool for rehabilitation. Adv Clin Rehabil. 1987; 1:6-18.

Kim, D.G., Lee, B.S., Lim, S.E., Kim, D.A., Hwang, S. Il, Yim, Y.L., Park, J.M., 2013. The selection of the appropriate computer interface device for patients with high cervical cord injury. Ann. Rehabil. Med. 37, 443–448. doi:10.5535/arm.2013.37.3.443

Koester, H.H., 1992. Learning and performance in scanning systems with and without word prediction - report on a pilot study, in: Proceedings of RESNA 1992 -.

Koester, H.H., 1997. The effect of a user's search strategy on performance with word prediction, in: Conference Proceeding of RESNA.

Koester, H.H., 2000. Effect of system configuration on user performance with word prediction result for users with disabilities, in: Proceedings of the RESNA 2000: June 28 - July 2.

Koester, H.H., 2004. Usage, performance, and satisfaction outcomes for experienced users of automatic speech recognition. J. Rehabil. Res. Dev. 41, 739. doi:10.1682/JRRD.2003.07.0106

Koester, H.H., 2006. Factors that influence the performance of experienced speech recognition users. Assist. Technol. 18, 56–76. doi:10.1080/10400435.2006.10131907

Koester, H.H., Levine, S., 1997. Keystroke-level models for user performance with word prediction. Augment. Altern. Commun. 13, 239–257. doi:10.1080/07434619712331278068

Koester, H.H., Levine, S.P., 1994. Learning and performance of able-bodied individuals using scanning systems with and without word prediction. Assist. Technol. 6, 42–53. doi:10.1080/10400435.1994.10132226

Koester, H.H., Levine, S.P., 1994. Quantitative indicators of cognitive load during use of word prediction system, in: Proceeding of the RESNA Annual Conference.

Koester, H.H., Levine, S.P., 1996. Effect of a Word Prediction Feature on User Performance. Augment. Altern. Commun. 12, 155–168. doi:10.1080/07434619612331277608

Koester, H.H., Lopresti, E., Simpson, R.C., 2007. Toward automatic adjustment of keyboard settings for people with physical impairments. Disabil. Rehabil. Assist. Technol. 2, 261–274. doi:10.1080/17483100701284265

Költringer, T., Grechenig, T., 2004. Comparing the immediate usability of graffiti 2 and virtual keyboard. Ext. Abstr. 2004 Conf. Hum. factors Comput. Syst. - CHI ’04 1175. doi:10.1145/985921.986017

Költringer, T., Isokoski, P., Grechenig, T., 2007. TwoStick, in: Proceedings of Graphics Interface 2007 on - GI ’07. doi:10.1145/1268517.1268536

Krause, J.S., Terza, J. V, 2006. Injury and demographic factors predictive of disparities in earnings after spinal cord injury. Arch. Phys. Med. Rehabil. 87, 1318–26. doi:10.1016/j.apmr.2006.07.254

Kristiansen, A.H., Larsen, F., 2010. A new Technique for Text Entry on Small Mobile Devices - Summary, in: Proceedings of Human Factors in Computing Systems CHI 2010.

Kronegg, J., 2005. Analysis of bit-rate definitions for Brain-Computer Interfaces, in: Conference of Proceeding of Human Computer Interaction, HCI’05.

Krueger H., Nonaan V.K., Trenaman L.M., Joshi P., Rivers C.S., 2013. Fardeau économique lié aux traumatismes de la moelle épinière au Canada. Mal. chroniques blessures au Canada 33, 131–140.

Kushler, C., 1998. AAC using a reduced kyboard, in: Proc. CSUN Conference on Technology for Persons with Disabilities. CSUN’98. California State University, Nortridge CA.

L

Laffont, I., Dumas, C., Pozzi, D., Ruquet, M., Tissier, A.C., Lofaso, F., Dizien, O., 2007. Home trials of a speech synthesizer in severe dysarthria: patterns of use, satisfaction and utility of word prediction. J. Rehabil. Med. 39, 399–404. doi:10.2340/16501977-0056

Lau, C., Leary, S.O., 1993. Comparison of computer interface devices for persons with severe physical disabilities. Am. J. Occup. Ther. 47.

Law, M., Baum, C., Dunn, W., 2005. Measuring occupational performance supporting best practice in occupational therapy, 2nde éditi. ed.

Le Maitour, I., 2011. Cadre théorique et conceptuel de la prise en charge de la personne blessée médullaire, in: Pouplin, S. (Ed.), Accompagnement de La Personne Blessée Médullaire En Ergothérapie. Marseille, pp. 35–45.

Le Pévédic, B., 1997. Prédiction Morphosyntaxique Évolutive HandiAS. Thèse de doctorat spécialité Informatique. Nantes.

Lee, B.B., Cripps, R. a, Fitzharris, M., Wing, P.C., 2013. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. Spinal Cord 1–7. doi:10.1038/sc.2012.158

Lesher, G., Moulton, B., Higginbotham, D.J., 1998. Techniques for augmenting scanning communication. Augment. Altern. Commun. 14, 81–101. doi:10.1080/07434619812331278236

Lewis, J.R., 1999a. Input Rates and User Preference for Three Small-Screen Input Methods: Standard Keyboard, Predictive Keyboard, and Handwriting. Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet. doi:10.1177/154193129904300507

Lewis, J.R., 1999b. Effect of Error Correction Strategy on Speech Dictation Throughput. Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet. doi:10.1177/154193129904300514

Lidal, I.B., Huynh, T.K., Biering-Sørensen, F., 2007a. Return to work following spinal cord injury: a review. Disabil. Rehabil. 29, 1341–1375. doi:10.1080/09638280701320839

Lidal, I.B., Snekkevik, H., Aamodt, G., Hjeltnes, N., Stanghelle, J.K., Biering-Sørensen, F., 2007b. Mortality after spinal cord injury in Norway. J. Rehabil. Med. 39, 145–151. doi:10.2340/16501977-0017

Lopresti, E.F., 2006. Measuring Keyboard Performance for People with Disabilities, in: Proceedings of RESNA 2006.

LoPresti, E.F., Brienza, D.M., 2004. Adaptive software for head-operated computer controls. IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng. 12, 102–11. doi:10.1109/TNSRE.2003.822762

Lyons, K., Starner, T., Plaisted, D., Fusia, J., Lyons, A., Drew, A., Looney, E.W., 2004. Twiddler typing, in: Proceedings of the 2004 Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '04. doi:10.1145/985692.985777

M

Macarthur, C.A., 2012. Word processing with speech synthesis and word prediction : effects on the dialogue journal writting of students with learning disabilities. Learn. Disabil. Q. 21, 151–166.

Mackenzie, I.S., 2010. SAK : Scanning Ambiguous Keyboard for Efficient One-Key Text Entry. ACM Trans. Comput. Interact. 17, 1–39. doi:10.1145/1806923.1806925

MacKenzie, I.S., Zhang, S.X., 1999. The design and evaluation of a high-performance soft keyboard. Proc. SIGCHI Conf. Hum. factors Comput. Syst. CHI is limit - CHI '99 25–31. doi:10.1145/302979.302983

Mackenzie, I.S., Zhang, S.X., Soukoreff, R.W., 1999. Text entry using soft keyboards. Behav. Inf. Technol. 18, 235–244. doi:10.1080/014492999118995

Magnuson, T., Hunnicutt, S., 2002. Measuring the effectiveness of word prediction : The advantage of long-term use. Speech, Music Hear. 43.

Majaranta, P., Mackenzie, I.S., Aula, A., Räihä, K., 2003. Auditory and Visual Feedback During Eye Typing Auditory and Visual Feedback During Eye Typing. CHI EA 1, 1–3. doi:10.1145/765978.765979

Mankowski, R., Simpson, R.C., Koester, H.H., 2013. Validating a model of row – column scanning. Disabil. Rehabil. Assist. Technol. 8, 321–329. doi:10.3109/17483107.2012.721159

Margot-Cattin, I., 2008a. Les principes d'une démarche d'évaluation et les définitions, in: Caire, J. (Ed.), Nouveau Guide de Pratique En Ergothérapie : Entre Concepts et Réalités. Marseille, pp. 162–163.

Margot-Cattin, I., 2008b. Les modèles pour comprendre l'évaluation, in: Caire, J. (Ed.), Nouveau Guide de Pratique En Ergothérapie : Entre Concepts et Réalités. Marseille, pp. 159–161.

Marina, K., Drynan, D., Tiessen, E., 2012. Evaluation of methods for teaching electronic visual scanning to children with cerebral palsy: two series of case studies. Disabil. Rehabil. Assist. Technol. 7, 249–60. doi:10.3109/17483107.2011.635329

Marino, R.J., Barros, T., Biering-Sorensen, F., Burns, S.P., Donovan, W.H., Graves, D.E., Haak, M., Hudson, L.M., Priebe, M.M., 2003. International standards for neurological classification of spinal cord injury. J. Spinal Cord Med. 26 Suppl 1, S50–S56. doi:10.1179/107902611X13186000420242

Mason, B., Dumas, C., Hanneton, S., Raucaz, A., Berton, F., Forestier, E., André, J., Paysant, J., Hercberg, E., Mémin, B., Guimois, G., Biard, N., Danigo, T., Rémy-Néris, O., Mercier, J., Thiébault, J., Sanchez, J., Prodel, J., Nouvel, F., Simeant, A., Letourmy, A., Vallet, P., Valenti, S., Joubert, C., Alecki, M., Guillon, B., Tennesson, B., Descargues, B., Ravaud, J., Delcey, M., 2007. Acquisition d'une aide technique : quels acteurs, quel processus? - Audition publique-Programme-Recul des textes experts-Rapport bibliographique. Evry.

Merlin, B., Raynal, M., 2010b. Evaluation of SpreadKey system with motor impaired users, in: Computers Helping People with Special Needs. Vienna, Austria. doi:DOI: 10.1007/978-3-642-14100-3_18

Minaire, P., 1991. La mesure d'indépendance fonctionnelle (M.I.F.). Historique, présentation, perspectives. J. réadaptation médicale 11, 168–174.

Minaire, P., Castanier, M., Girard, R., Berard, E., Deidier, C., Bourret, J., 1978. Epidemiology of spinal cord injury in the Rhône-Alpes Region, France, 1970-75. Paraplegia 16, 76–87. doi:10.1038/sc.1978.13

Miniotas, D., Spakov, O., Evreinov, G., 2003. Symbol Creator : An Alternative Eye-based Text Entry Technique with Low Demand for Screen Space Department of Computer and Information Sciences, in: Proceedings of Human-Computer Interaction - INTERACT'03. pp. 137–143.

Mubaid, H. Al, Chen, P., 2008. Application of word prediction and disambiguation to improve text entry for people with physical disabilities (assistive technology). Int. J. Soc. Humanist. Comput. 1, 10. doi:10.1504/IJSHC.2008.020477

Myers, B.A., Wobbrock, J.O., 2005. Text Input to Handheld Devices for People with Physical Disabilities, in: 11th International Conference on Human-Computer Interaction. Las Vegas, NV.

N

Niemeijer, D., 2005. In memoriam of Christian Bérard : Striving for effort reduction through on-screen keyboard word prediction, in: Proceedings of 8th European Conference Fot the Advancement of Assistive Technology in Europe. Lille, France, pp. 6–9.

P

Parini, S., Maggi, L., Turconi, A.C., Andreoni, G., 2009. A robust and self-paced BCI system based on a four class SSVEP paradigm: algorithms and protocols for a high-transfer-rate direct brain communication. Comput. Intell. Neurosci. 2009, 864564. doi:10.1155/2009/864564

Pflaum, C., McCollister, G., Strauss, D.J., Shavelle, R.M., DeVivo, M.J., 2006. Worklife after traumatic spinal cord injury. J. Spinal Cord Med. 29, 377–86.

Picard, R., 2007. Usage des TIC par les patients et les citoyens en situation de fragilité dans leurs lieux de vie. Rapport. http://www.medetic.com/docs/06/Rapport%20Picard%202007.pdf

Pouplin, S., 2009. Informatique et évolutions en termes de compensation de handicap moteur ., in: Izard, M. (Ed.), Expériences En Ergothérapie, Rencontres En Médecine Physique et de Réadaptation.

Pouplin, S., Bouteille, J., 2009. Évaluation Et Aides Techniques Nouvelles Technologies : Nécessité D'Un Outil Spécifique Pour Évaluer La Compensation D'Une Situation De Handicap Moteur. Irbm 30, 240–243. doi:10.1016/j.irbm.2009.09.003

Pouplin, S., Robertson, J., Antoine, J., Blanchet, A., Kahloun, J.L., Engineer, D., Volle, P., Bouteille, J., 2014. Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia. J. Rehabil. Res. Dev. 51, 467–480. doi:10.1682/JRRD.2012.05.0094

Pouplin, S., Roche, N., Hugeron, C., Isabelle, V., Bensmail, D., 2015. Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury : a prospective observational study. Eur. J. Phys. Rehabil. Med. article in press.

R

Ravaud, J.F., Delcey, M., Yelnik, A., 1999. Construct validity of the functional independence measure (FIM): questioning the unidimensionality of the scale and the "value" of FIM scores. Scand. J. Rehabil. Med. 31, 31–41. doi:10.1080/003655099444704

Raynal, M., Vigouroux, N., 2005. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. CHI '05 Ext. Abstr. Hum. factors Comput. Syst. - CHI '05 1729. doi:10.1145/1056808.1057008

Reid, D., Rigby, P., Ryan, S., 1999. Functional impact of a rigid pelvic stabilizer on children with cerebral palsy who use wheelchairs: users' and caregivers' perceptions. Pediatr. Rehabil. 3, 101–118. doi:10.1080/136384999289513

Reid, D.T., 2002. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. Pediatr. Rehabil. 5, 141–8. doi:10.1080/1363849021000039344

Ressa, T., 2010. The effects of a word prediction program on the number of words written by a learner with disabilities. Thesis. Ohio State University.

S

Schadle, I., Antoine, J., Le Pévédic, B., 2002. SibyLettre Prédiction de lettre pour la communication assistée. Rev. d'Interaction Homme-Machine 1–19.

Scherer, M.J., 2004. The matching person and technology model., in: Connecting to Learn: Educational and Assistive Technology for People with Disabilities. American Psychological Association, Washington, DC, US, pp. 183–201. doi:10.1037/10629-011

Sears, A., Revis, D., Swatski, J., Crittenden, R., Shneiderman, B., 1993. Investigating touchscreen typing: the effect of keyboard size on typing speed. Behav. Inf. Technol. doi:10.1080/01449299308924362

Smith, L.E., Higginbotham, D.J., Lesher, G.W., Moulton, B., Mathy, P., 2006. The development of an automated method for analyzing communication rate in augmentative and alternative communication. Assist. Technol. 18, 107–21. doi:10.1080/10400435.2006.10131910

Smith, R.O., 1996. Measuring the outcomes of assistive technology: challenge and innovation. Assist. Technol. 8, 71–81. doi:10.1080/10400435.1996.10132277

Strauss, D.J., DeVivo, M.J., Paculdo, D.R., Shavelle, R.M., 2006. Trends in Life Expectancy After Spinal Cord Injury. Arch. Phys. Med. Rehabil. 87, 1079–1085. doi:10.1016/j.apmr.2006.04.022

Swiffin, A., Arnott, J., Pickering, J.A., Newell, A., 1987. Adaptive and predictive techniques in a communication prosthesis. Augment. Altern. Commun. 3, 181–191. doi:10.1080/07434618712331274499

T

Tam, C., 2001. Evaluating the effect of word prediction and location pf word prediction list on text entry with children with spina bifida and hydrocephalus. Thesis. University of Toronto

Tam, C., Archer, J., Mays, J., Skidmore, G., 2005. Measuring the outcomes of word cueing technology. Can. J. Occup. Ther. 72, 301–308. doi:10.1177/000841740507200507

Tam, C., Reid, D., Naumann, S., O' Keefe, B., 2002. Perceived benefits of word prediction intervention on written productivity in children with spina bifida and hydrocephalus., Occupational therapy international. doi:10.1080/07434610212331281241

Tam, C., Wells, D., 2009. Evaluating the benefits of displaying word prediction lists on a personal digital assistant at the keyboard level. Assist. Technol. 21, 105–14. doi:10.1080/10400430903175473

Tanaka-Ishii, K., Inutsuka, Y., Takeichi, M., 2002. Entering text with a four-button device, in: Proceedings of the 19th International Conference on Computational Linguistics -. Association for Computational Linguistics, Morristown, NJ, USA, pp. 1–7. doi:10.3115/1072228.1072377

Trnka, K., Yarrington, D., Mccoy, K., 2005. The Keystroke Savings Limit in Word Prediction for AAC.Technical report.

V

Vella, F., Vigouroux, N., Sabatier, U.P., 2006. Disposition spatiale des touches / caractères des claviers logiciels et fatigue motrice : premiers résultats expérimentaux, in: Handicap 2006. Paris.

Vella, F., Vigouroux, N., Truillet, P., 2005. SOKEYTO : a design and simulation environment of software keyboards, in: Assistive Technology : From Virtuality to Reality - 8th European Conference for the Advancemnt of Assistive Technology in Europe (AAATE 2005).

Venkatagiri, H.S., 1994. Effect of Window Size on Rate of Communication in a Lexical Prediction AAC System. AAC Augment. Altern. Commun. 10, 105–112. doi:10.1080/07434619412331276810

Vigouroux, N., Vella, F., Truillet, P., Raynal, M., 2004. Evaluation of AAC for text input by two groups of subjects : able-bodied subjects and disabled Motor Subjects, in: 8th ERCIM UI4All, Vienne (Autriche).

Ville, I., Ravaud, J.F., 2001. Subjective well-being and severe motor impairments: The Tetrafigap survey on the long-term outcome of tetraplegic spinal cord injured persons. Soc. Sci. Med. 52, 369–384. doi:10.1016/S0277-9536(00)00140-4

W

Wandmacher, T., Antoine, J., Poirier, F., Départe, J.-P., 2008. Sibylle, An Assistive Communication System Adapting to the Context and Its User. ACM Trans. Access. Comput. doi:10.1145/1361203.1361209

Wang, R.Y., Yang, Y.R., Yen, L.L., Lieu, F.K., 2002. Functional ability, perceived exertion and employment of the individuals with spinal cord lesion in Taiwan. Spinal Cord 40, 69–76. doi:10.1038/sj.sc.3101257

Ward, D.J., Blackwell, A.F., MacKay, D.J.C., 2000. Dasher---a data entry interface using continuous gestures and language models. Proc. 13th Annu. ACM Symp. User interface Softw. Technol. - UIST ’00 129–137. doi:10.1145/354401.354427

Wigdor, D., Balakrishnan, R., 2003. TiltText, in: Proceedings of the 16th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST ’03. pp. 81–90. doi:10.1145/964696.964705

Wilson, A.D., Agrawala, M., 2006. Text entry using a dual joystick game controller. Proc. SIGCHI Conf. Hum. Factors Comput. Syst. - CHI ’06 475. doi:10.1145/1124772.1124844

Wobbrock, J.O., Myers, B.A., Chau, D.H., 2006. In-stroke word completion, in: Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology. doi:10.1145/1166253.1166305

Wyndaele, M., Wyndaele, J.-J., 2006. Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey? Spinal Cord 44, 523–9. doi:10.1038/sj.sc.3101893

Y

Yelnik, A., Resch, C., Even-Schneider, A., Dizien, O., 2006. Paraplegie. EMC Neurol. [17-005-B-. doi:10.1016/S0246-0378(06)40586-8

ANNEXES

ANNEXE 1

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE AYANT SERVI DE SUPPORT A L'ETUDE 3

Bonjour,

Dans le cadre d'une recherche sur l'usage des logiciels de prédiction de mots, nous souhaiterions faire un état des lieux des usages et des habitudes des professionnels préconisant ces logiciels.

Merci pour le temps que vous prendrez à remplir ce questionnaire.

Vous pouvez le retournez par email à l'adresse suivante : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr ou l'adresse postale suivante :

Plate-Forme Nouvelles Technologies
Pavillon Widal
Hôpital Raymond Poincaré
104 boulevard Raymond Poincaré
92380 Garches

N'hésitez pas à entrer en contact avec nous pour tous renseignements complémentaires.

Partie A : Usage du logiciel de complétion et de prédiction de mots (intégré ou non au clavier virtuel).

Question n°1 : Préconisez – vous des logiciels de complétion et/ou de prédiction de mots intégrés ou non à un clavier virtuel ?

☐Oui ☐Non

Si Non, Pourquoi ? ……..

Si vous avez répondu ***Oui***, merci de poursuivre le questionnaire. Si vous avez répondu ***Non***, le questionnaire est terminé. Merci de votre participation.

Question n°2 : Pouvez – vous noter le(s) nom(s) du (des) logiciel(s) que vous préconisez :

……

Si vous avez spécifié plusieurs logiciels de prédiction de mots, la suite du questionnaire est à remplir pour chaque logiciel.

Question n°3 : Avez-vous effectué des paramétrages du (des) logiciel(s) de complétion et de prédiction de mot ?

☐Oui ☐Non

Pourquoi ? ……..

Si vous avez répondu ***Oui***, merci de poursuivre le questionnaire. Si vous avez répondu ***Non***, merci de passer directement à la partie B du questionnaire.

Question n°4 : Avez – vous réglé la fenêtre de prédiction en :

☐Horizontal ☐Vertical ☐ Non paramétré ☐Autre. Précisez :……

Pourquoi ? ……..

Question n°5 : Avez – vous positionné la fenêtre de prédiction en :

☐ Haut du clavier virtuel ☐ Bas du clavier virtuel ☐ Gauche du clavier virtuel

☐ Droite du clavier virtuel ☐Suivant le curseur de la souris ☐ Non paramétré

☐Autre. Précisez : ……

Pourquoi ? ……..

Question n°6 : Avez-vous réglé le nombre de mots présentés dans la fenêtre de prédiction ?

☐ Non paramétré.

☐ Paramétré. Merci d'inscrire le nombre de mots : …… ;

Pourquoi ? ……..

Question n°7 : Avez réglé la fonction d'apprentissage des mots nouveaux ?

☐ Non paramétré.

☐ Paramétré.

Pourquoi ? ……..

Question n°8 : Avez- vous réglé le nombre de caractères saisis avant une proposition du logiciel de prédiction ?

☐ Non paramétré.

☐ Paramétré.

Pourquoi ? ……..

Question n°9 : Avez-vous réglé la fonction qui permet de classer les mots affichés par leur fréquence d'utilisation ?

☐ Non paramétré.

☐ Paramétré.

Pourquoi ? ……..

Question n°10 : Avez – vous réglé d'autres fonctionnalités ? Merci de préciser :

……

Pourquoi ? ……..

Partie B. Quelle importance donnez-vous aux différents paramétrages des logiciels de complétion et de prédiction de mots.

Pouvez-vous nous renseigner sur chacun des items suivants, l'importance que vous leur accordez ? Merci d'attribuer une note entre 1 et 10 (1 = pas du tout important / 10 = très important)

Paramétrages	**Note attribuée**
1. Possibilité de faire des paramétrages soi-même	
2. Réglage de la forme de la fenêtre de prédiction (horizontal, vertical,…..)	
3. Réglage de la position de la fenêtre de prédiction (haut, bas, droite, gauche, etc.)	
4. Réglage du nombre de mots présentés dans la fenêtre de prédiction	
5. Réglage de la fonction d'apprentissage des mots nouveaux.	
6. Réglage de la longueur des mots présentés par la prédiction	
7. Réglage de la fonction permettant de classer les mots affichés par leur fréquence d'utilisation	
8. Réglage d'autres fonctionnalités. Précisez : ……	

Pouvez-vous expliquer vos choix :

……
……..

……
……..

Commentaires libres :

……
……..

……

Merci de votre participation.

ANNEXE 2

QUEST : QUEBEC USER EVALUATION OF SATISFACTION WITH ASSISTIVE TECHNOLOGY OU ESAT ECHELLE DE SATISFACTION ENVERS UNE AIDE TECHNIQUE (ESAT)

Évaluation de la Satisfaction envers une Aide Technique

ÉSAT (Version 2.0)

Aide technique: _____

Nom de l'utilisateur: _____

Date :_____

Le questionnaire ÉSAT a pour but d'évaluer votre satisfaction envers votre aide technique et les services qui y sont rattachés. Le questionnaire comprend 12 énoncés de satisfaction.

- Pour chacun des 12 énoncés, nous vous demandons d'indiquer votre degré de satisfaction sur une échelle de 1 à 5.

1	2	3	4	5
pas satisfait(e) du tout	peu satisfait(e)	plus ou moins satisfait(e)	assez satisfait(e)	très satisfait(e)

- Encerclez le chiffre qui décrit le mieux votre degré de satisfaction pour chacune des 12 énoncés.
- S'il-vous-plait, répondez à toutes les questions.
- Si vous n'êtes pas très satisfait(e) de certains aspects mentionnés dans les questions, inscrivez vos commentaires dans l'espace prévu.

Merci.

© L. Demers, R. Weiss-Lambrou & B. Ska, 2000

1	2	3	4	5
pas satisfait(e) du tout	peu satisfait(e)	plus ou moins satisfait(e)	assez satisfait(e)	très satisfait(e)

TECHNOLOGIE ***Dans quelle mesure êtes-vous satisfait(e),***	
1. des **dimensions** (grandeur, hauteur, longueur, largeur) de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
2. du **poids** de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
3. de la **facilité d'ajustement** (fixation, réglage) des différentes parties de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
4. de l'aspect **sécuritaire** de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
5. de la **solidité** (durabilité, résistance à l'usure) de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
6. de la **facilité d'utilisation** de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5

© L. Demers. R. Weiss-Lambrou & B. Ska. 2000

7. du **confort** de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
8. de l'**efficacité** de votre aide technique pour répondre à vos besoins? *Commentaires*:	1 2 3 4 5

© L. Demers. R. Weiss-Lambrou & B. Ska. 2000

1	2	3	4	5
pas satisfait(e) du tout	peu satisfait(e)	plus ou moins satisfait(e)	assez satisfait(e)	très satisfait(e)

SERVICES ***Dans quelle mesure êtes-vous satisfait(e),***	
9. des **procédures** (programme d'attribution, procédure, durée d'attente) par lesquelles vous avez obtenu votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
10. du **service de réparation et d'entretien** de votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
11. de la qualité des **services professionnels** (information, attention) accordés pour pouvoir utiliser votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5
12. des **services de suivi** que vous avez reçus pour votre aide technique? *Commentaires*:	1 2 3 4 5

- Vous avez ci-dessous la liste des 12 énoncés de satisfaction auxquels vous venez de répondre. CHOISISSEZ LES TROIS ÉNONCÉS qui sont les plus importants pour vous. Inscrivez un X dans les **trois cases** qui correspondent à votre choix.

☐ 1. Dimensions
☐ 2. Poids
☐ 3. Ajustements
☐ 4. Sécurité
☐ 7. Confort
☐ 8. Efficacité
☐ 9. Procédure d'attribution
☐ 10. Services de réparation et d'entretien

© L. Demers, R. Weiss-Lambrou & B. Ska, 2000

- ☐ 5. Solidité
- ☐ 6. Facilité d'utilisation
- ☐ 11. Service professionnel
- ☐ 12. Services de suivi

ÉSAT
Feuille de cotation

Cette page est réservée pour calculer le pointage de vos réponses.
NE PAS ÉCRIRE SUR CETTE PAGE.

- Nombre de réponses non valides _____ [ ]

- Total de la sous-échelle **Technologie** _____ [ ]
  Additionnez les points des énoncés 1 à 8 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Total de la sous-échelle **Services** _____ [ ]
  Additionnez les points des énoncés 9 à 12 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Pointage ÉSAT total _____ [ ]
  Additionnez les points des énoncés 1 à 12 et divisez cette somme par le nombre d'énoncés valides.

- Les trois plus importants énoncés de satisfaction sont:

  _____
  _____
  _____

© L. Demers, R. Weiss-Lambrou & B. Ska, 2000

ANNEXE 3

CANADIAN OCCUPATIONAL PERFORMANCE MEASURE (COPM) OU MESURE CANADIENNE DU RENDEMENT OCCUPATIONNEL (MRCO)

La mesure canadienne du rendement occupationnel (MCRO)

Auteures : Mary Law, Sue Baptiste, Anne Carswell, Mary Ann McColl, Helene Polatajko, Nancy Pollock

Nom du client :		
Répondant (si autre que le client) :		
Date de naissance :	Numéro d'identification :	Sexe :
Date de l'évaluation :	Date prévue de la réévaluation :	Date de réévaluation :

Thérapeute :
Établissement/organisme :
Programme :

ÉTAPE 1: DÉTERMINATION DES PROBLÈMES DE RENDEMENT OCCUPATIONNEL	ÉTAPE 2 : ÉVALUATION DE L' IMPORTANCE
Pour déterminer les problèmes de rendement occupationnel, demandez au client d'identifier les activités quotidiennes **qu'il veut réaliser**, celles **qu'il doit réaliser** ou **qu'il devrait réaliser**, mais qu'il n'arrive pas à réaliser ou qu'il ne réalise pas à sa propre satisfaction.	À l'aide des fiches de cotation fournies, demandez au client de coter, sur une échelle de 1 à 10, l'importance qu'il accorde à chaque activité.
ÉTAPE 1A : Soins personnels	IMPORTANCE
Soins personnels (p. ex., habillage, bain, alimentation, hygiène)	
Mobilité fonctionnelle (p. ex., à l'intérieur, à l'extérieur, transferts)	
Vie communautaire (p. ex., transport, emplettes, finances)	
ÉTAPE 1B : Productivité	IMPORTANCE
Travail rémunéré/non rémunéré (p. ex., trouver ou garder un emploi, bénévolat)	
Gestion domestique (p. ex., ménage, lessive, préparation des repas)	
Jeu/travail scolaire (p. ex., habiletés de jeu, devoirs scolaires)	

Le formulaire de la MCRO est protégé par la loi sur le droit d'auteur. Il est strictement interdit de le photocopier.

© M. Law, S. Baptiste, A. Carswell, M.A. McColl, H. Polatajko, N. Pollock, 2008
Publié par CAOT Publications ACE

Date de naissance :

Numéro d'identification :

1C : Loisirs

IMPORTANCE

Loisirs tranquilles
(p. ex., passe-temps, artisanat, lecture)

Loisirs actifs
(p. ex., sports, sorties, voyages)

Socialisation
(p. ex., visites, appels téléphoniques, soirées, correspondance)

ÉTAPE 3 : COTATION

Confirmez avec le client les cinq problèmes les plus importants et inscrivez-les ci-dessous. À l'aide des fiches de cotation, demandez au client de coter chaque problème en fonction de son rendement et de sa satisfaction. Calculez ensuite le total des cotes. Les totaux sont calculés en additionnant les cotes de rendement et/ou de satisfaction de tous les problèmes, puis ils sont divisés par le nombre de problèmes.

ÉTAPE 4 : RÉÉVALUATION

Au moment de la réévaluation, le client cote à nouveau chaque problème en fonction du rendement et de la satisfaction.

Évaluation initiale : Problèmes de rendement occupationnel :	RENDEMENT 1	SATISFACTION 1	Réévaluation : RENDEMENT 2	SATISFACTION 2
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

COTATION :	RENDEMENT COTE 1	SATISFACTION COTE 1	RENDEMENT COTE 2	SATISFACTION COTE 2
CoteTotal = Total des cotes de rendement ou de satisfaction / nb de problèmes (1-5)	/ =	/ =	/ =	/ =

ÉTAPE 5 : CALCUL DES COTES DE CHANGEMENT

CHANGEMENT DANS LE RENDEMENT = Cote de rendement 2 – Cote de rendement 1 =

CHANGEMENT DANS LA SATISFACTION = Cote de satisfaction 2 – Cote de satisfaction 1 =

NOTES SUPPLÉMENTAIRES ET OBSERVATIONS
Évaluation initiale :

Réévaluation :

Le formulaire de la MCRO est protégé par la loi sur le droit d'auteur. Il est strictement interdit de le photocopier.

© M. Law, S. Baptiste, A. Carswell, M.A. McColl, H. Polatajko, N. Pollock, 2008
Publié par CAOT Publications ACE

ANNEXE 4

LIVRET POUR L'AUTO-ENTRAINEMENT SUR UN LOGICIEL DE PREDICTION DE MOTS.

Livret pour l'auto-entraînement
Sur un logiciel de prédiction de mots.

Samuel Pouplin

Ergothérapeute – Plate-Forme Nouvelles Technologies

Téléphone : 01.47.10.79.00 poste 50.25 ou 01.47.10.70.61

Email : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

Groupe de Recherche Clinique et Technologiques sur le Handicap

Plate-Forme Nouvelles Technologies

Hôpital Raymond Poincaré, Garches.

Ce qui vous attend !

Ce livret va vous accompagner durant un mois afin de vous aider à vous approprier un logiciel de prédiction de mots.

Tout d'abord, vous avez participé à une série d'évaluations avec votre ergothérapeute. A la fin de la série d'évaluations, ce dernier vous a remis un CD d'installation du logiciel de prédiction de mots (version de démonstration) et ce livret. Ce livret va vous préciser étape par étape les actions que vous aurez à mener afin de vous approprier le logiciel.

Avant tout chose, vous aurez à installer deux logiciels. Le premier, TeamViewer, permettra à votre ergothérapeute de prendre la main à distance sur votre ordinateur si jamais vous avez un problème lors du mois d'apprentissage. Un identifiant et un code d'accès sont fournis par le logiciel à chaque connexion afin de protéger vos données personnelles. Les étapes vous sont précisées dans les pages suivantes (page 4 à 7). Le deuxième logiciel est une version de démonstration du logiciel de prédiction de mots qui se fait à partir du CD d'installation que vous avez reçu. Les étapes d'installation vous sont précisées dans les pages suivantes (page 8 à 13). Il est possible de ne pas installer le logiciel de prise en main à distance si vous le souhaitez. Par contre, en cas de problème, il sera difficile d'intervenir à domicile.

Une fois ces deux logiciels installés, il ne sera pas nécessaire de refaire cette procédure. Seul le logiciel de prédiction de mots aura besoin d'être paramétré de manière différente en début de chaque semaine. Ces étapes vous seront précisées au fur et à mesure.

Par la suite, il vous suffit de suivre semaine après semaine les différentes étapes pour l'auto-entraînement du logiciel. Attention, les exercices se ressemblent semaine après semaine. Néanmoins, les consignes d'utilisation sont différentes : soyez attentifs ! En pratique, cet entraînement durera environ 15 minutes par jour de manière quotidienne avec deux jours de repos par semaine, et ce pendant un mois.

A la fin de chaque semaine, vous serez amenés à remplir un tableau récapitulatif en précisant les exercices réalisés et le temps passé.

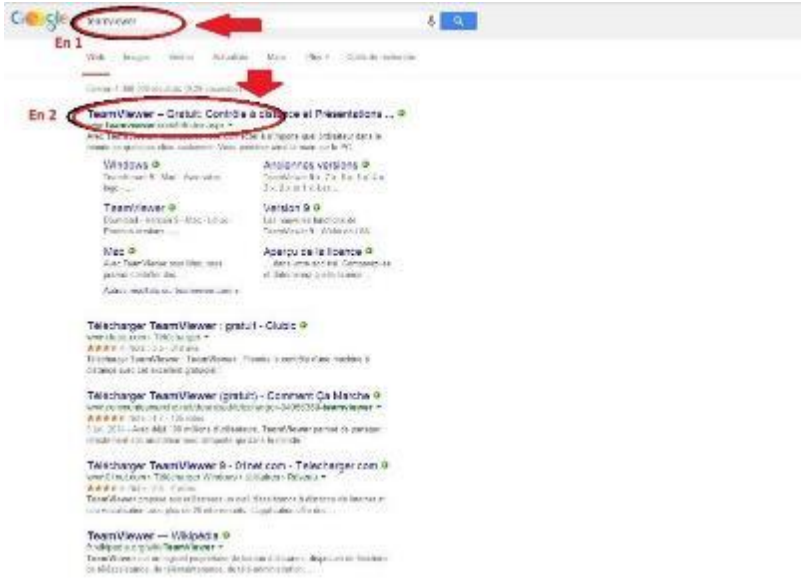
Enfin vous serez convoqués au bout de deux semaines puis d'un mois après le début de l'étude afin de participer à de nouvelles séries d'évaluation.

III. Installation de TeamViewer

IV. Etape 1 :

En 1: Taper « Teamviewer » dans votre moteur de recherche préféré (Google, Yahoo, Bing, etc.)

En 2 : Cliquer sur le lien que vous obtenez dans les résultats de recherche.



V. Etape 2 :

Vous arrivez sur la page d'accueil de TeamViewer. Cliquez sur le bouton de couleur vert « Version complète gratuite » afin de procéder au téléchargement du logiciel.

VI. Etape 3 :

Une fois le logiciel téléchargé, cliquez sur l'icône d'installation que propose votre navigateur.

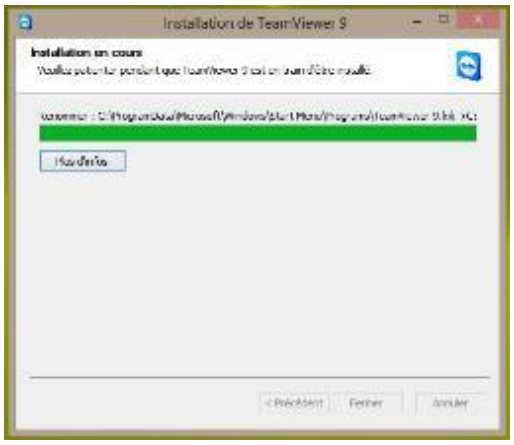
Par exemple, ci-dessous le fichier d'installation sous le navigateur Chrome, localisé en bas à gauche.

VII. Etape 4 :

Cocher la case « Installer » puis cocher la case « personnellement / non commercialement ». Ensuite cliquez sur la case « J'accepte-Terminer »

VIII. Etape 5 :

Le logiciel s'installe.

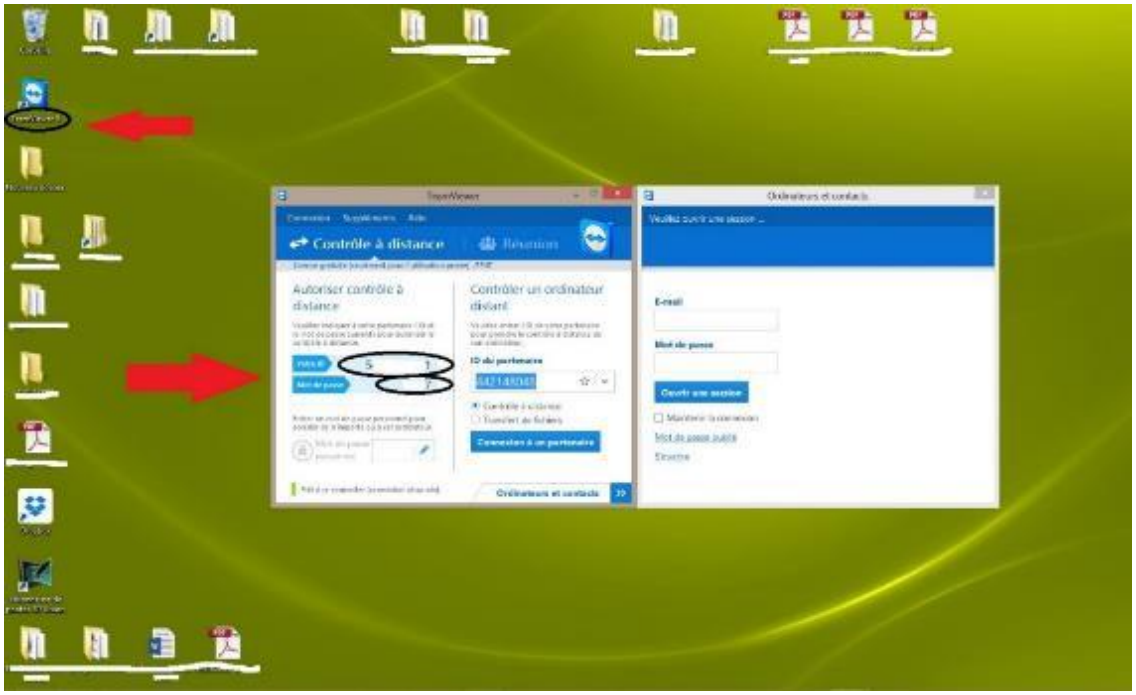


IX. Etape 6 :

A la fin de l'installation, la fenêtre du logiciel apparait. Notez précieusement les numéros qui apparaissent en face de :

1. Votre ID
2. Votre mot de passe

Ces deux numéros seront à communiquer à l'ergothérapeute qui vous suit dans le cadre de ce projet si jamais vous avez un souci dans l'auto-entraînement sur le logiciel. Vous pouvez maintenant fermer cette fenêtre.



Si vous rencontrez un problème lors de l'utilisation du logiciel et que l'ergothérapeute doit se connecter à votre ordinateur, vous serez invité à lancer « Teamviewer » en double – cliquant sur l'icône Teamviewer

présente sur le bureau de votre ordinateur. Vous serez ensuite invité à communiquer à l'ergothérapeute votre ID et votre mot de passe.

NB : L'accès à votre ordinateur se fait uniquement en cas de besoin et seulement à votre demande. Le mot de passe nécessaire à la prise en main de votre ordinateur est regénéré à chaque fois et, de même, doit être communiqué à chaque fois. Par conséquent, vos données personnelles restent protégées.

X. Installation du logiciel de prédiction de mots Skippy.

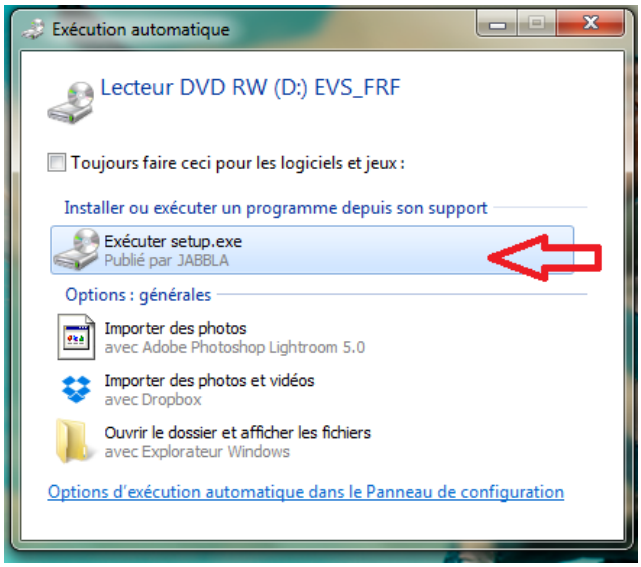
XI. Etape 1 :

Insérer le CD d'installation que vous a fourni votre ergothérapeute.

XII. Etape 2 :

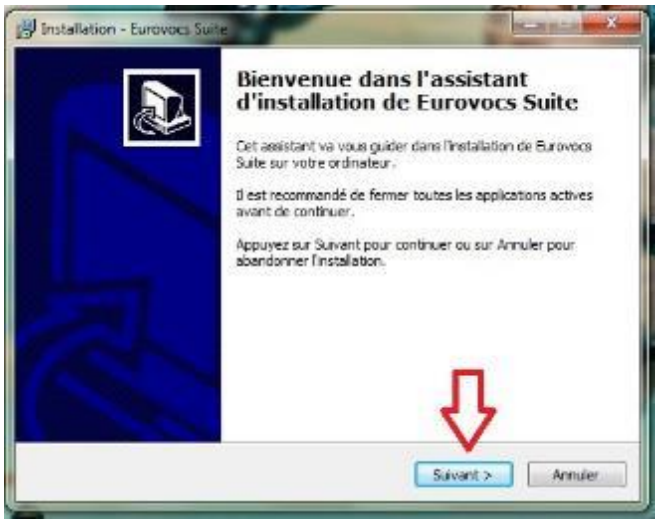
Une fenêtre (voir ci-dessous) apparait. Cliquer sur « Exécuter setup.exe ».

Si cette fenêtre n'apparait pas, allez dans le menu démarrer / puis ordinateur / puis lecteur dvd (cliquez dessus) / puis cliquez sur setup.exe



XIII. Etape 3 :

La fenêtre d'installation du logiciel Skippy se lance. Cliquez sur « Suivant »

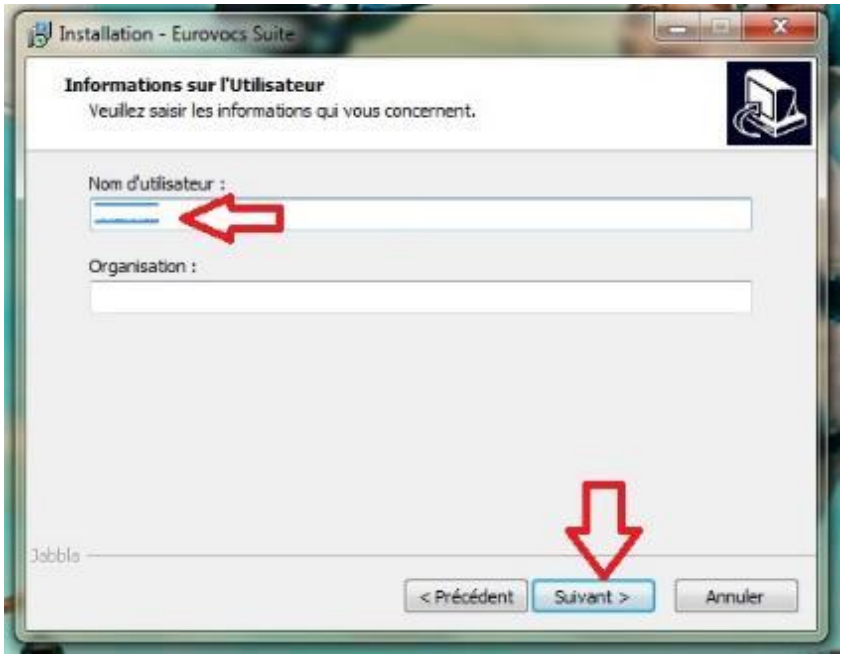


XIV. Etape 4 :

Cocher la case « je comprends et j'accepte les termes du contrat de licence » puis cliquez sur la case « Suivant »

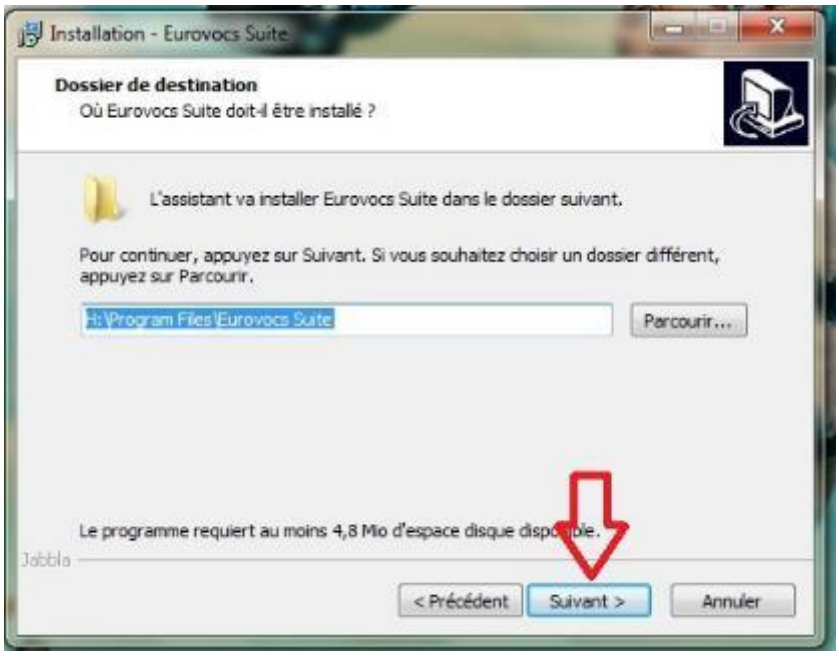
XV. Etape 5 :

Entrez votre nom et cliquez sur la case « Suivant »



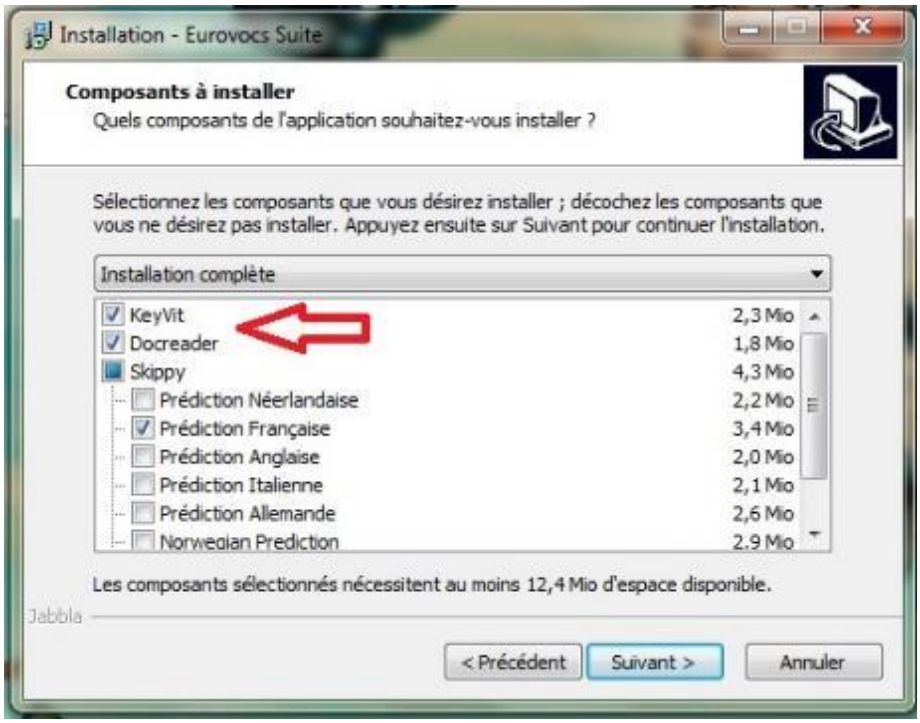
XVI. Etape 6 :

Cliquez sur la case : « Suivant »



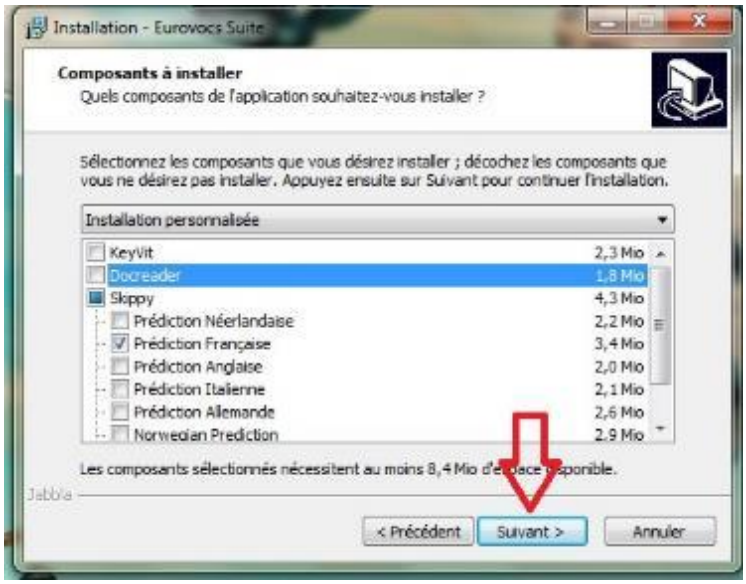
XVII. Etape 7 :

Vous arrivez sur une fenêtre vous demandant les composants à installer. Les modules Keyvit, Docreader et Skippy sont activés. Décochez-les.



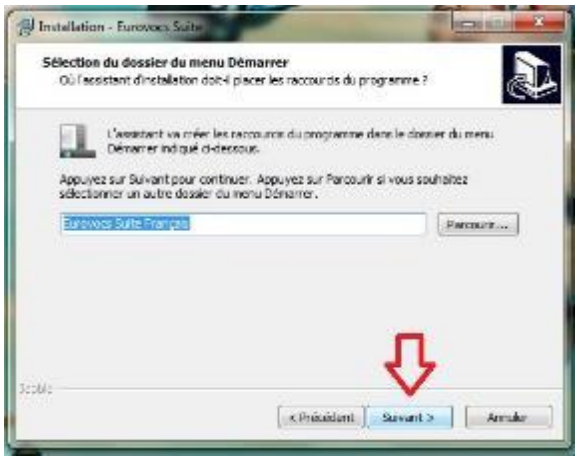
XVIII. Etape 7 :

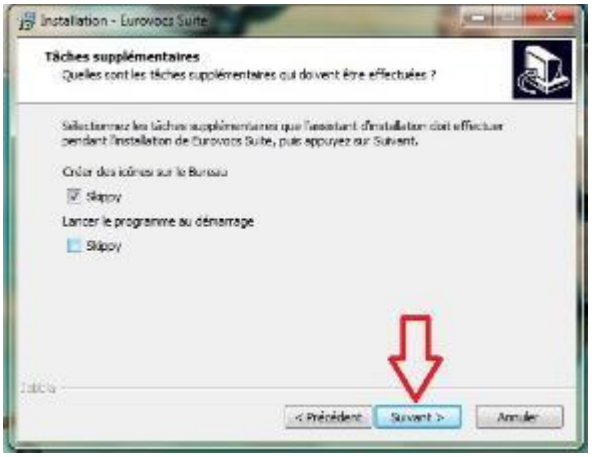
Les modules Keyvit et Docreader sont désactivés. Cliquez sur la case »Suivant »

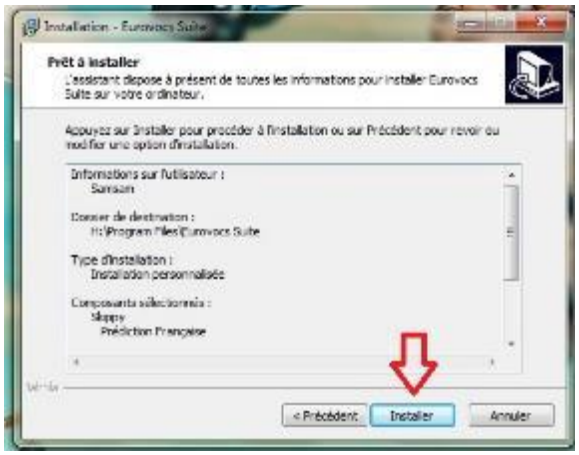


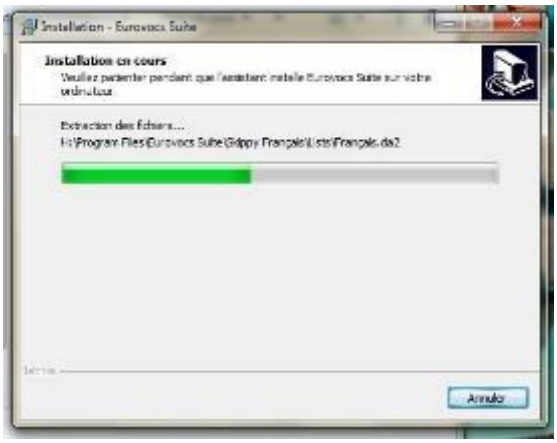
XIX. Etape 8 :

Sur les deux étapes suivantes, cliquez à chaque fois sur la case « Suivant » puis sur la case « Installer ». Le logiciel s'installe.



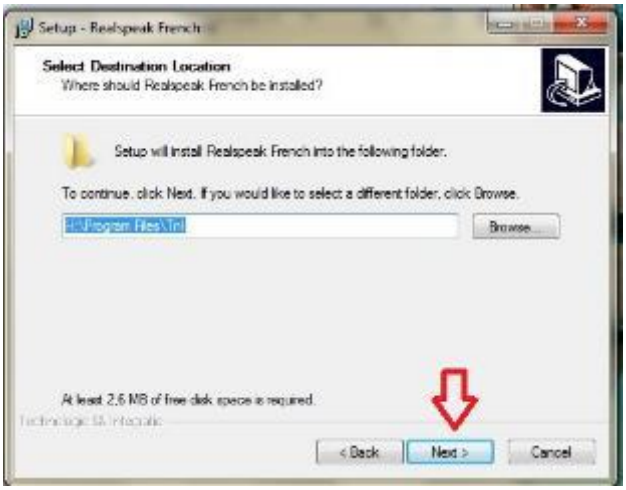


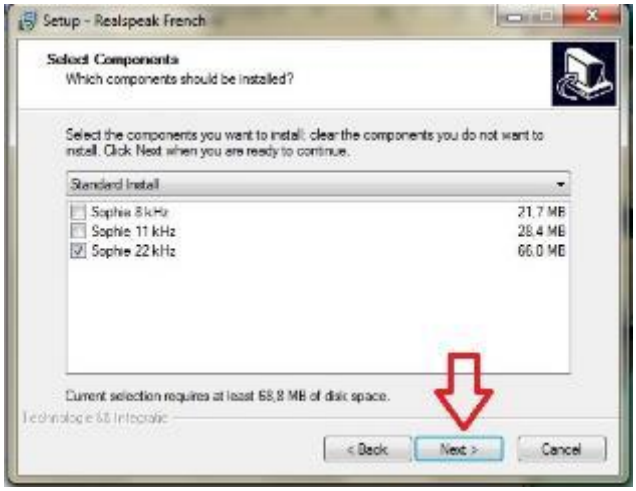


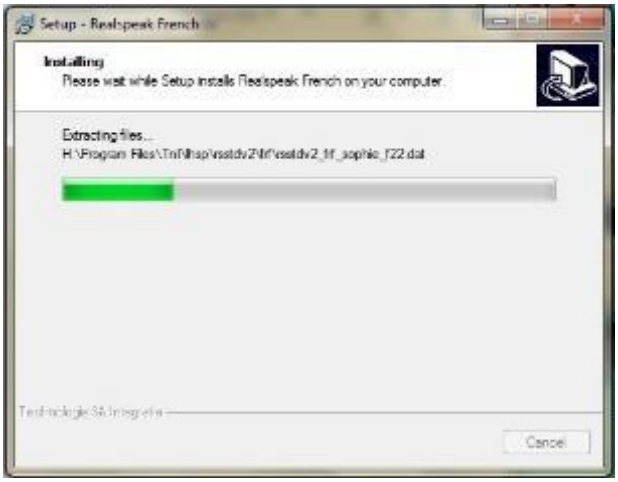


XX. Etape 9 :

L'installation se poursuit avec Realspeak French Setup Wizard. Pour les prochaines étapes, cliquez sur les cases « Next » puis sur la case « Install ». Le logiciel s'installe. Puis cliquez sur la case « Finish ».







XXI. Etape 10 :

Cliquer sur la case « Terminer ». Cette action redémarrera votre ordinateur afin de finaliser l'installation.

XXII. Etape 11 :

Ça y est, le logiciel de prédiction de mots est installé. Une icône a dû apparaitre sur votre bureau. C'est à partir de cette icône, en double cliquant dessus que vous lancerez le logiciel de prédiction de mots. L'icône est celle-ci :

XXIII. Semaine 1

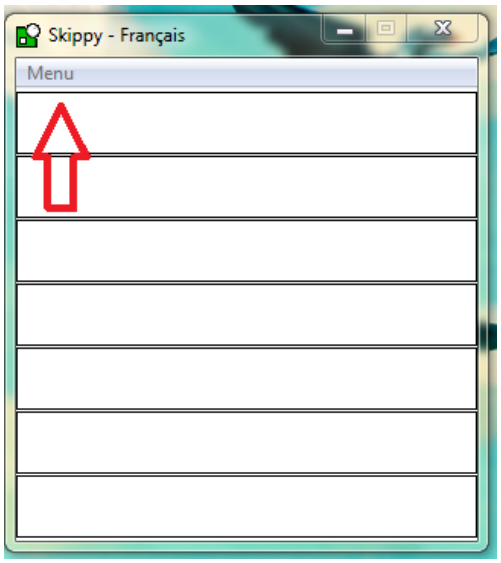
XXIV. Etape 1 : Paramétrage du logiciel de prédiction de mots.

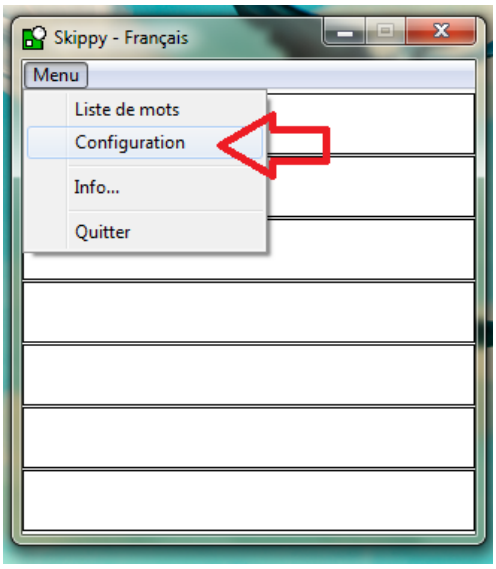
Avant de commencer les séances d'apprentissage pour la première semaine, nous allons passer 5 minutes afin de paramétrer le logiciel de prédiction de mots. Ce paramétrage sera effectué en début de chaque semaine.

Tout d'abord, double-cliquez sur l'icône du logiciel de prédiction de mot « Skippy »

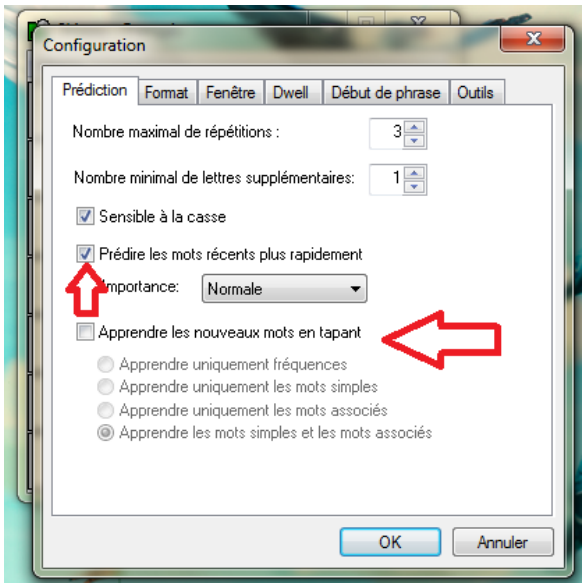
La fenêtre du logiciel apparait. Cliquez sur la case « Démarrer »

La fenêtre du logiciel de prédiction de mots apparait. Cliquez sur « Menu » puis sur Configuration.

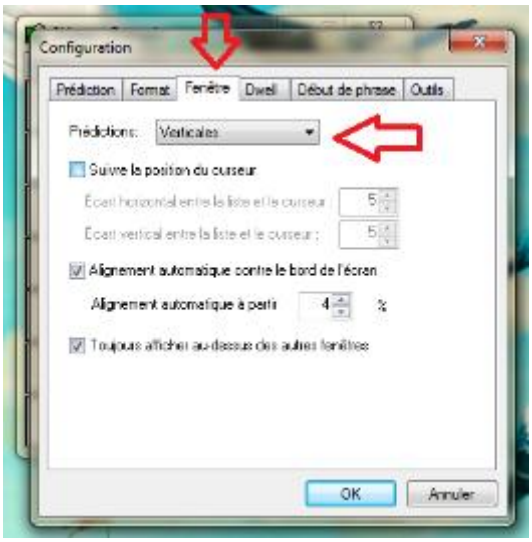


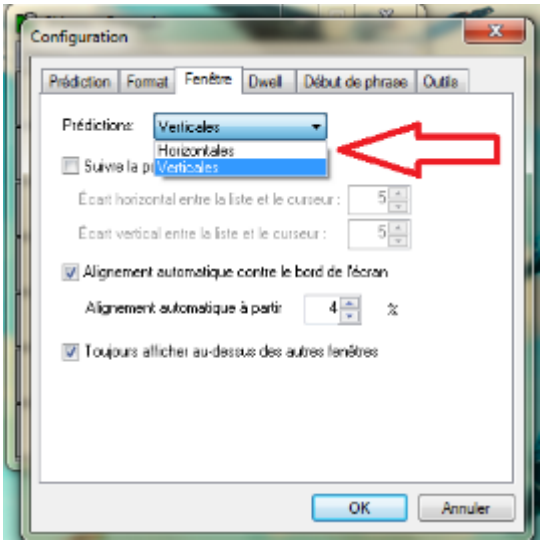


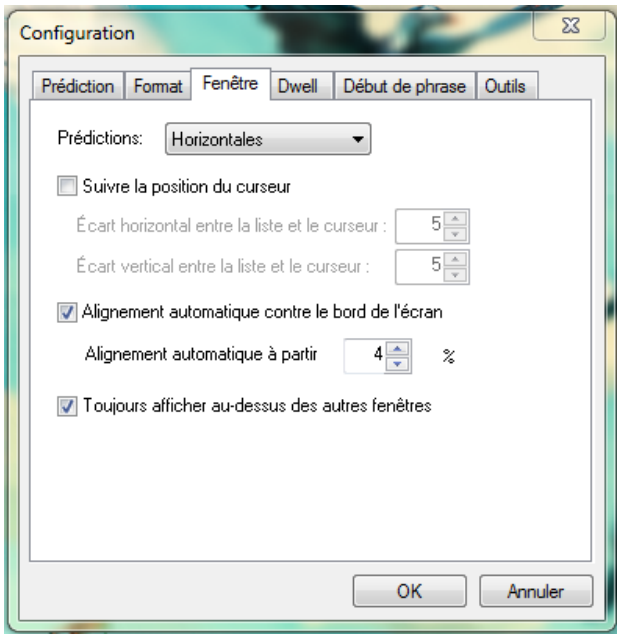
Dans l'onglet « Prédiction », cochez la case « Prédire les mots récents plus rapidement » puis la case « Apprendre les nouveaux mots en tapant »



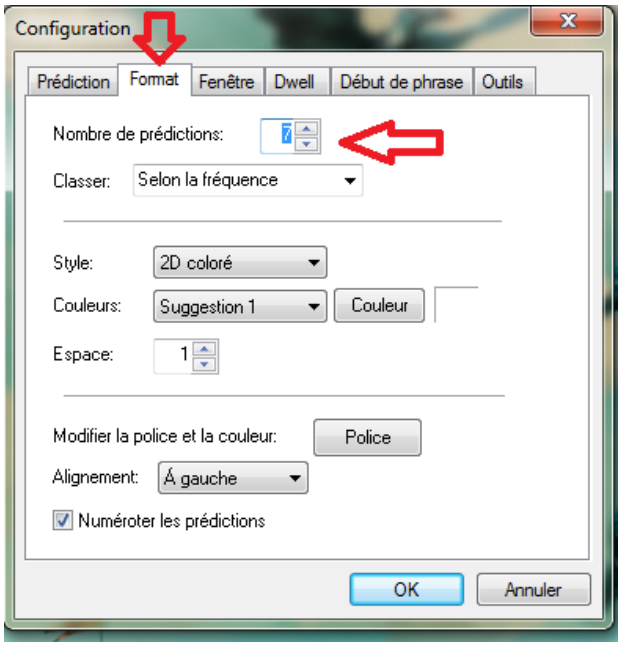
Cliquez sur l'onglet «Fenêtre » puis sur le menu déroulant « verticales ». Sélectionnez « Horizontales ». Placez la fenêtre de prédiction en haut de l'écran.

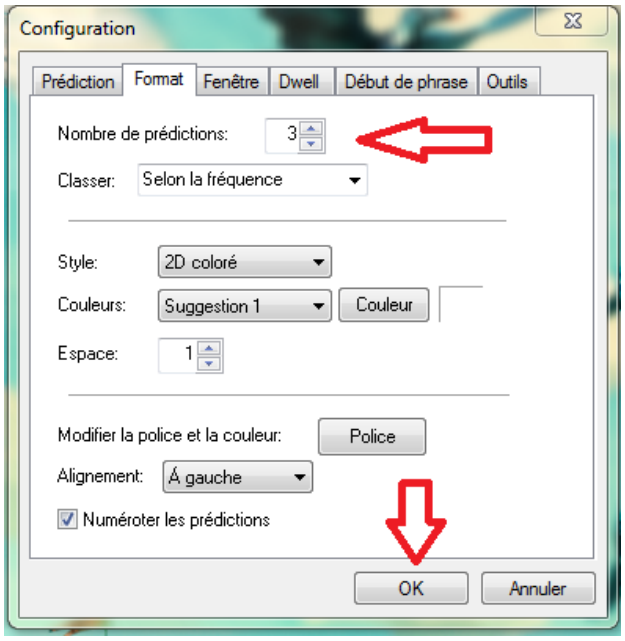






Cliquez sur « Format ». Dans la case « Nombre de prédictions », mettez le chiffre 3. Puis cliquez sur « Ok ».





La configuration est maintenant terminée. Nous sommes prêts pour commencer ! Il n'est plus nécessaire de paramétrer le logiciel de prédiction de mots avant la semaine 2.

XXV. Etape 2 : Entraînement quotidien pendant 15 minutes.

XXVI. Jour 1 et 2.

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper tout d'abord les deux premières lettres de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper les deux premières lettres de chaque mot puis d'aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. **Le mail doit comporter au moins 3 phrases.**

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XXVII. Jour 3 et 4

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper uniquement la première lettre de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve.

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XXVIII. Jour 5

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper autant de lettres que vous voulez et de chercher, quand vous le souhaitez, dans la liste de prédiction que le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Mais n'oubliez pas qu'il est nécessaire d'utiliser le logiciel de prédiction de mots.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à votre ergothérapeute en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper autant de lettres que vous souhaitez de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. Le mail de votre ergothérapeute est celui-ci : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

La première semaine est maintenant terminée

Merci de compléter le tableau ci-dessous. Ce tableau nous permet de savoir les difficultés que vous avez rencontrées lors de votre entraînement. Notez le temps supplémentaire pendant lequel vous utilisez le logiciel de prédiction de mots en dehors des exercices, si vous l'avez fait.

Semaine 1	Exercice	Réalisé (oui/non)	Durée effectuée	Difficultés rencontrées
Jour 1	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 2	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 3	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 4	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 5	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			

Remarques supplémentaires :

XXIX. Semaine 2

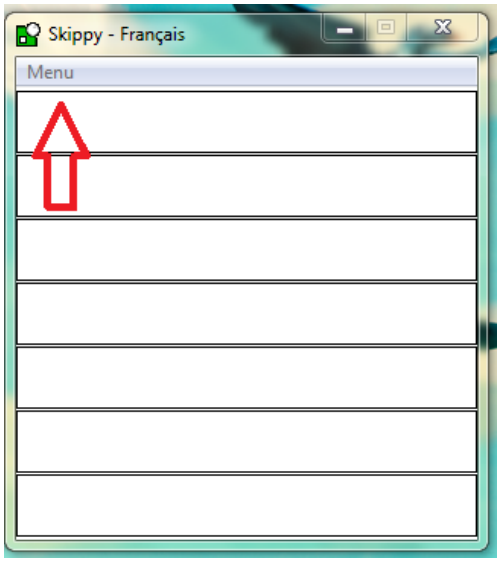
XXX. Etape 1 : Paramétrage du logiciel de prédiction de mots.

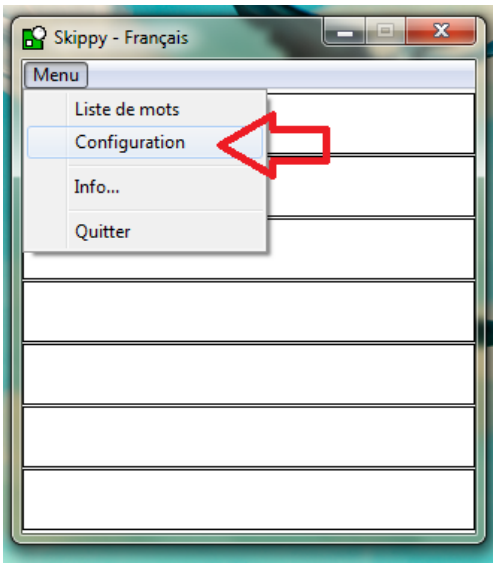
Avant de commencer les séances d'apprentissage pour la deuxième semaine, nous allons passer 5 minutes afin de reparamétrer le logiciel de prédiction de mots afin de changer le nombre de mots présentés.

Tout d'abord, double-cliquez sur l'icône du logiciel de prédiction de mot « Skippy »

La fenêtre du logiciel apparait. Cliquez sur la case « Démarrer »

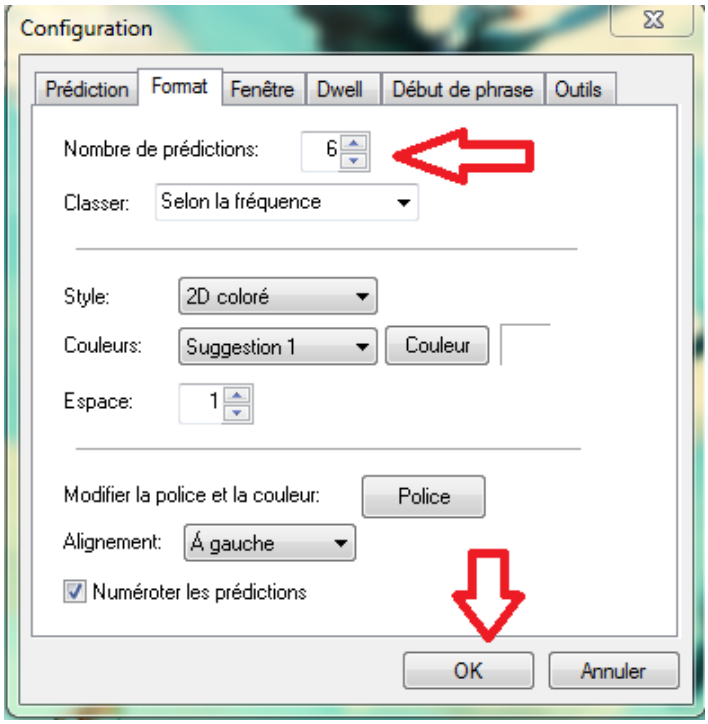
La fenêtre du logiciel de prédiction de mots apparait. Cliquez sur « Menu » puis sur Configuration.





Dans l'onglet « Prédiction », cochez la case « Prédire les mots récents plus rapidement » puis la case « Apprendre les nouveaux mots en tapant »

Cliquez sur « Format ». Dans la case « Nombre de prédictions », mettez le chiffre 6. Puis cliquez sur « Ok ».



La configuration est maintenant terminée. Nous sommes prêts pour commencer ! Il n'est plus nécessaire de paramétrer le logiciel de prédiction de mots avant la semaine 3.

XXXI. Etape 2 : Entraînement quotidien pendant 15 minutes.

XXXII. Jour 1 et 2.

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper tout d'abord les deux premières lettres de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper les deux premières lettres de chaque mot puis d'aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. **Le mail doit comporter au moins 3 phrases.**

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XXXIII. Jour 3 et 4

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper uniquement la première lettre de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve.

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XXXIV. Jour 5

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper autant de lettres que vous voulez et de chercher, quand vous le souhaitez, dans la liste de prédiction que le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Mais n'oubliez pas qu'il est nécessaire d'utiliser le logiciel de prédiction de mots.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à votre ergothérapeute en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper autant de lettres que vous souhaitez de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. Le mail de votre ergothérapeute est celui-ci : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

La deuxième semaine est maintenant terminée

Merci de compléter le tableau ci-dessous. Ce tableau nous permet de savoir les difficultés que vous avez rencontrées lors de votre entraînement. Notez le temps supplémentaire pendant lequel vous utilisez le logiciel de prédiction de mots en dehors des exercices, si vous

l'avez fait.

Semaine 2	**Exercice**	**Réalisé (oui/non)**	**Durée effectuée**	**Difficultés rencontrées**
Jour 1	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 2	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 3	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 4	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 5	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			

Remarques supplémentaires :

XXXV. Semaine 3

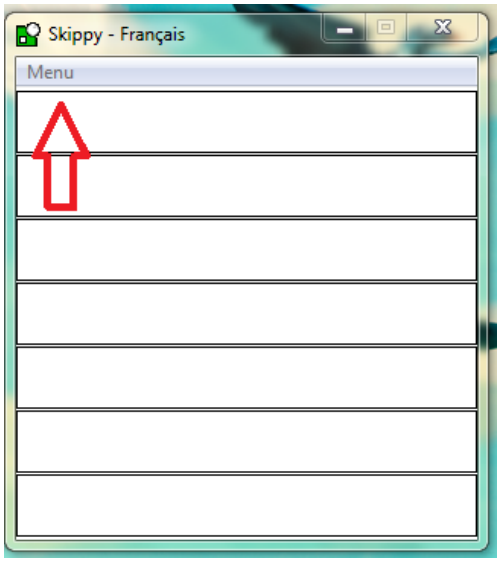
XXXVI. Etape 1 : Paramétrage du logiciel de prédiction de mots.

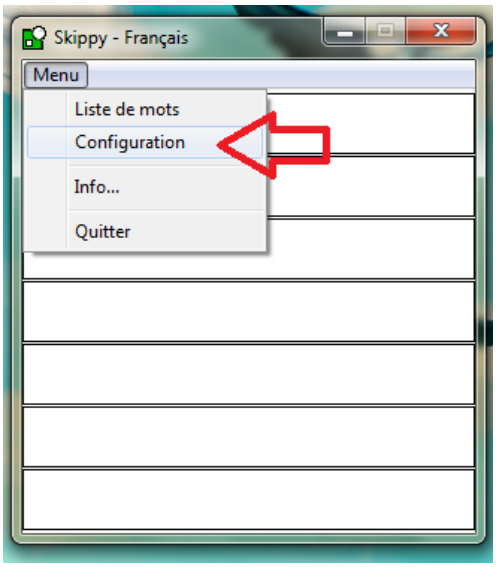
Avant de commencer les séances d'apprentissage pour la troisième semaine, nous allons passer 5 minutes afin de paramétrer le logiciel de prédiction de mots.

Tout d'abord, double-cliquez sur l'icône du logiciel de prédiction de mot « Skippy »

La fenêtre du logiciel apparait. Cliquez sur la case « Démarrer »

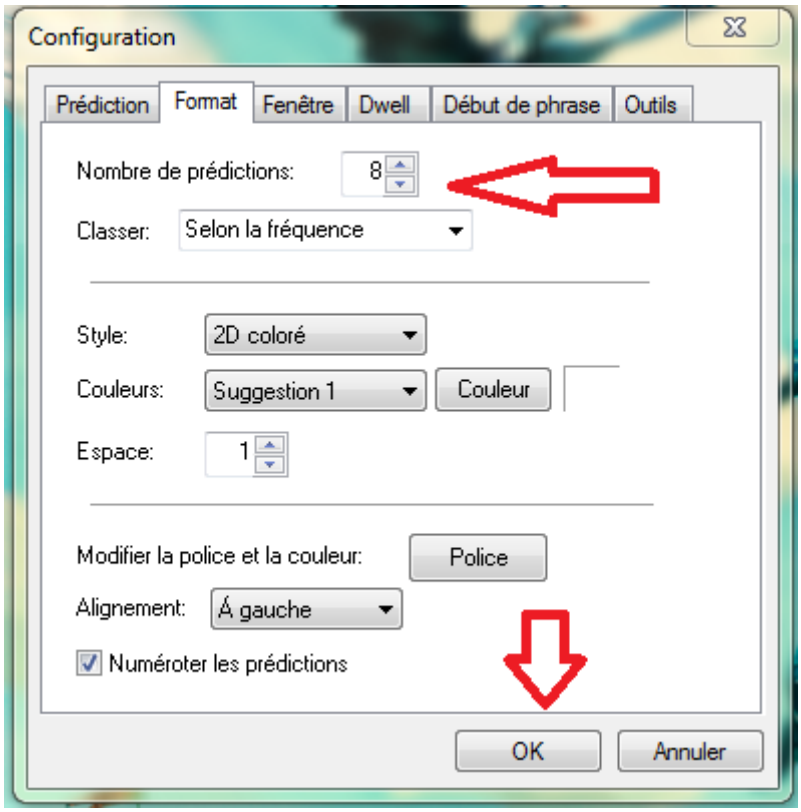
La fenêtre du logiciel de prédiction de mots apparait. Cliquez sur « Menu » puis sur Configuration.





Cliquez sur « Format ». Dans la case « Nombre de prédictions », mettez le chiffre 8. Puis cliquez sur « Ok ».

La configuration est maintenant terminée. Nous sommes prêts pour commencer ! Il n'est plus nécessaire de paramétrer le logiciel de prédiction de mots avant la semaine 2.



XXXVII. Etape 2 : Entraînement quotidien pendant 15 minutes.

XXXVIII. Jour 1 et 2.

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper tout d'abord les deux premières lettres de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper les deux premières lettres de chaque mot puis d'aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. **Le mail doit comporter au moins 3 phrases.**

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XXXIX. Jour 3 et 4

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper uniquement la première lettre de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve.

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XL. Jour 5

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous de taper autant de lettres que vous voulez et de chercher, quand vous le souhaitez, dans la liste de prédiction que le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Mais n'oubliez pas qu'il est nécessaire d'utiliser le logiciel de prédiction de mots.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à votre ergothérapeute en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. Le mail de votre ergothérapeute est celui-ci : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

La troisième semaine est maintenant terminée

Merci de compléter le tableau ci-dessous. Ce tableau nous permet de savoir les difficultés que vous avez rencontrées lors de votre entraînement. Notez le temps supplémentaire pendant lequel vous utilisez le logiciel de prédiction de mots en dehors des exercices, si vous

l'avez fait.

Semaine 3	Exercice	Réalisé (oui/non)	Durée effectuée	Difficultés rencontrées
Jour 1	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 2	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 3	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 4	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 5	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			

Remarques supplémentaires :

XLI. Semaine 4

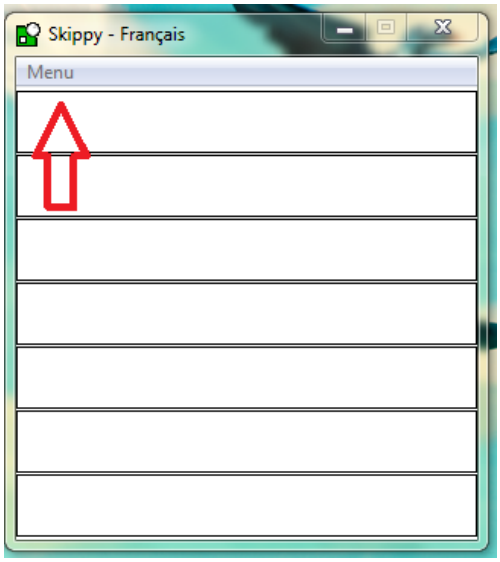
XLII. Etape 1 : Paramétrage du logiciel de prédiction de mots.

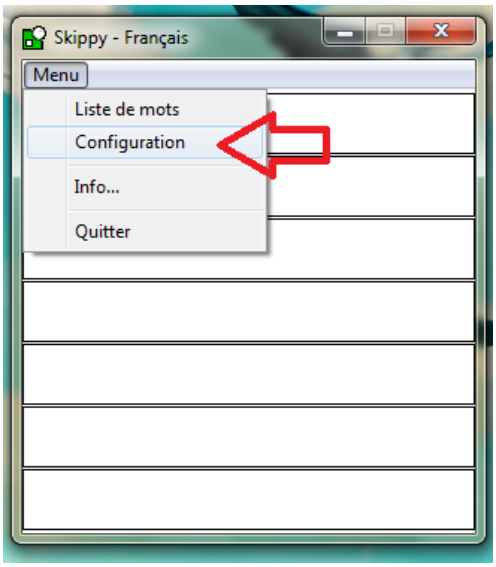
Avant de commencer les séances d'apprentissage pour la quatrième semaine, nous allons passer 5 minutes afin de paramétrer le logiciel de prédiction de mots.

Tout d'abord, double-cliquez sur l'icône du logiciel de prédiction de mot « Skippy »

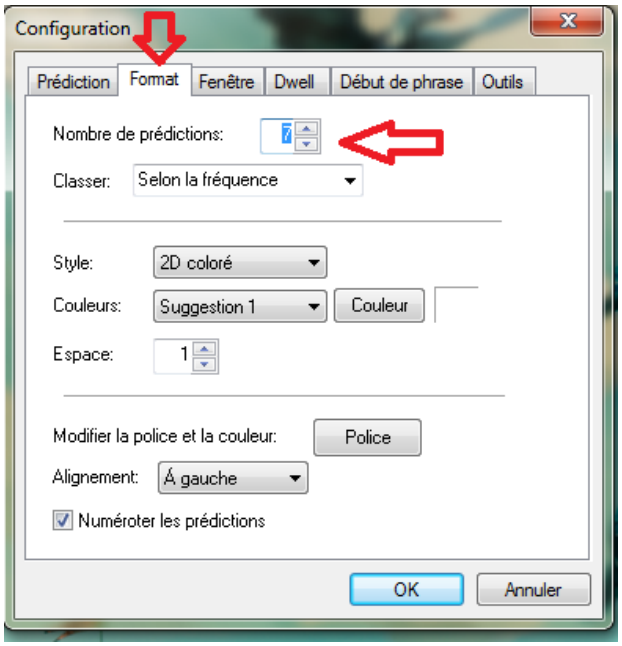
La fenêtre du logiciel apparait. Cliquez sur la case « Démarrer »

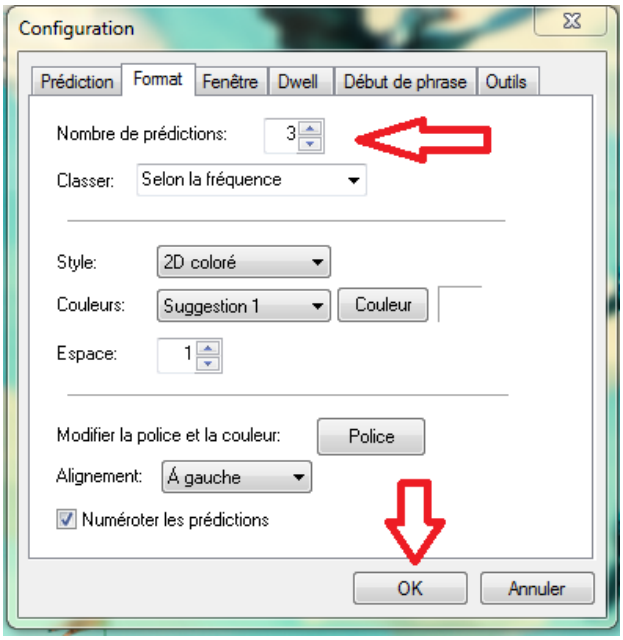
La fenêtre du logiciel de prédiction de mots apparait. Cliquez sur « Menu » puis sur Configuration.





Cliquez sur « Format ». Dans la case « Nombre de prédictions », mettez le chiffre que vous avez préféré ou celui que vous souhaitez. Puis cliquez sur « Ok ».





La configuration est maintenant terminée. Nous sommes prêts pour commencer !

XLIII. Etape 2 : Entraînement quotidien pendant 15 minutes.

XLIV. Jour 1 et 2.

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper tout d'abord les deux premières lettres de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper les deux premières lettres de chaque mot puis d'aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. **Le mail doit comporter au moins 3 phrases.**

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XLV. Jour 3 et 4

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper uniquement la première lettre de chaque mot puis de regarder, à chaque fois, dans la liste de prédiction si le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Si le mot n'est pas présent, vous pouvez continuer ensuite à taper les lettres tout en regardant si le mot souhaité est présent.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à un(e) ami(e) ou à un membre de votre famille en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve.

Après avoir réalisé les deux exercices, vous avez le choix soit de fermer le logiciel, soit de continuer à l'utiliser quand vous le souhaitez lors de vos tâches informatiques habituelles.

XLVI. Jour 5

Démarrez le logiciel de prédiction de mots en double-cliquant sur l'icône « Skippy » puis sur la case « Démarrer ».

Exercice 1 :

Dans un premier temps, vous allez recopier un texte que vous choisirez soit dans un livre ou dans une revue quelconque que vous possédez **pendant 10 minutes**.

Si vous ne possédez pas de livre, vous pouvez recopier un texte de journal que vous trouverez sur les sites suivants : www.lemonde.fr ; www.lefigaro.fr ; www.leparisien.fr ; www.la-croix.com ; ou le site de votre journal préféré.

L'objectif est d'utiliser le logiciel de prédiction de mots le plus souvent possible même si vous avez l'impression d'écrire beaucoup plus lentement ou si le mot souhaité ne se trouve pas dans la liste. **Pendant ces 10 minutes, nous vous demandons de taper autant de lettres que vous voulez et de chercher, quand vous le souhaitez, dans la liste de prédiction que le mot souhaité est présent afin de le sélectionner**. Mais n'oubliez pas qu'il est nécessaire d'utiliser le logiciel de prédiction de mots.

Exercice 2 :

Après avoir recopié le texte, nous vous demandons d'écrire un mail à votre ergothérapeute en utilisant le logiciel de prédiction de mots et en utilisant la même procédure décrite ci-dessus à savoir : taper uniquement la première lettre de chaque mot puis aller chercher, à chaque fois, dans la liste de prédiction que le mot souhaité s'y trouve. Le mail de votre ergothérapeute est celui-ci : samuel.pouplin@rpc.aphp.fr

La quatrième semaine est maintenant terminée

Merci de compléter le tableau ci-dessous. Ce tableau nous permet de savoir les difficultés que vous avez rencontrées lors de votre entraînement. Notez le temps supplémentaire pendant lequel vous utilisez le logiciel de prédiction de mots en dehors des exercices, si vous

l'avez fait.

Nombre de mots paramétrés et affichés pour la quatrième semaine :				
Semaine 1	**Exercice**	**Réalisé (oui/non)**	**Durée effectuée**	**Difficultés rencontrées**
Jour 1	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 2	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 3	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			
Jour 4	Copie de texte			
	Mail			
	En supplément			
Jour 5	Copie de texte			
	Mail			
	Temps supplémentaire			

Remarques supplémentaires :

L’étude est maintenant terminée !

Merci pour votre participation !

Pour votre dernier rendez-vous avec votre ergothérapeute, n’oubliez pas d’emporter avec vous ce livret complété par vos soins.

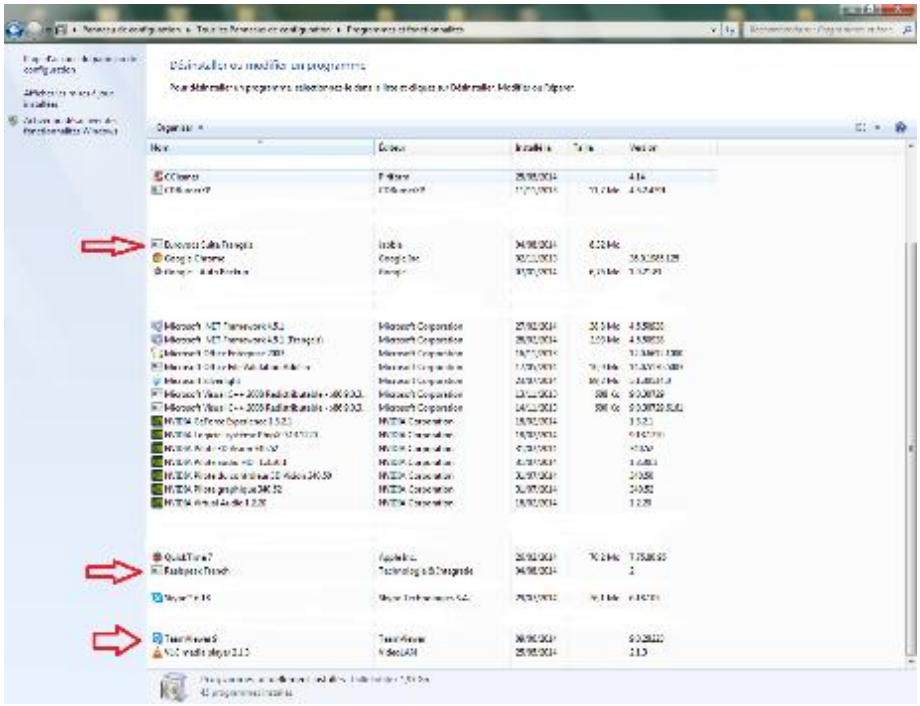
N’oubliez pas de désinstaller les deux programmes : Teamviewer et Eurovocs (Skippy). Vous pouvez suivre les étapes de désinstallation page suivante.

XLVII. Désinstallation des logiciels.

Pour désinstaller Team Viewer et le logiciel de prédiction de mots Skippy (version de démonstration), vous pouvez suivre les étapes suivantes.

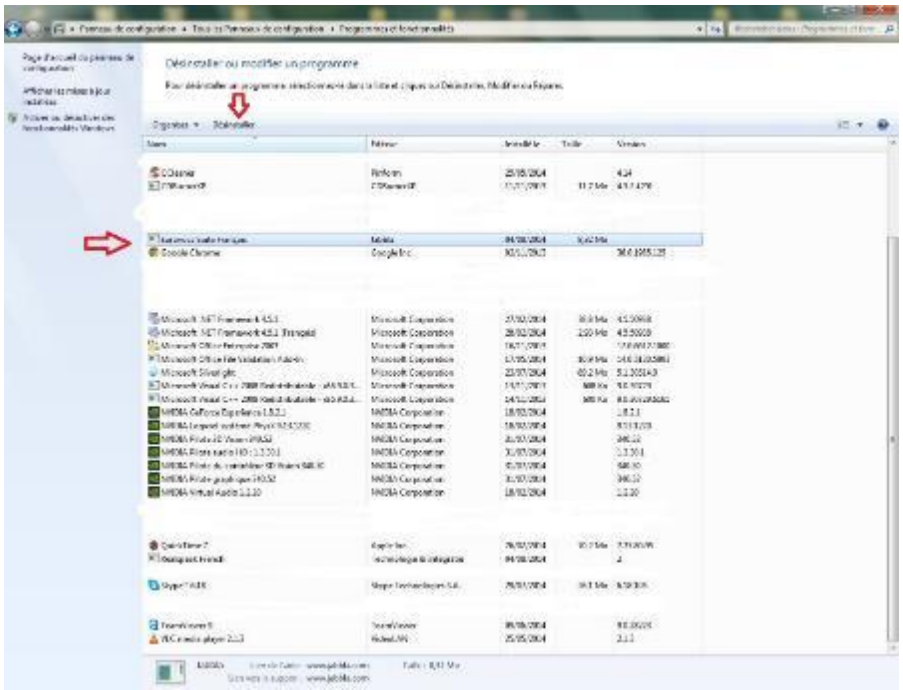
Allez dans le Panneau de configuration de votre système d'exploitation (Paramètres) ou faites Rechercher puis Panneau de configuration. Vous arrivez dans une fenêtre comme celle située ci-dessous. Cliquez sur la case « Programmes et fonctionnalités ».

Vous arrivez ensuite dans une fenêtre où sont listés les programmes qui sont installés sur votre ordinateur. Vous devez repérer trois programmes (par ordre alphabétique) : Eurovocs, Realspeak et Teamviewer.



Pour désinstaller les trois programmes, vous devez refaire la même procédure notée ci-dessous pour CHAQUE programme.

Procédure à suivre : Sélectionner tout d'abord le programme que vous voulez désinstaller. Une fois que le programme est surligné, cliquez sur la case « Désinstaller ».



Suivez ensuite la procédure, en cliquant sur les cases (en fonction de ce que le logiciel vous propose) « Suivant », « Oui », « Oui pour tout », « Yes », « Yes for all », « Terminé », « Finish ».

Une fois que le programme est désinstallé, recommencez la procédure pour les deux autres. Lorsque les trois programmes sont désinstallés, vous pouvez fermer la fenêtre.

Evaluation de l'efficacité des logiciels de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte sur outil informatique suite à un programme d'entraînement ciblé pour les personnes blessées médullaires cervicaux.

Résumé

Ce travail de thèse avait pour objectif principal d'étudier l'influence de certains paramétrages des logiciels de prédiction de mots et d'un programme d'entraînement ciblé sur la vitesse de saisie de texte chez des personnes tétraplégiques. Six études ont été menées. L'étude 1 nous a permis de mettre en évidence des vitesses de saisie de texte chez les personnes tétraplégiques et d'étudier l'influence de leurs aides techniques d'accès à l'outil informatique sur cette vitesse. L'étude 2 nous a permis de mettre en avant l'hétérogénéité des résultats d'un logiciel de prédiction de mots sur la vitesse de saisie de texte sur une population hétérogène et sans paramétrage de ces logiciels. L'étude 3 nous a permis d'étudier les habitudes de préconisations et de paramétrages des logiciels de prédictions de mots par les professionnels. Les études 4 et 5 nous ont permis d'évaluer l'influence des paramétrages (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur) sur cette saisie de texte. Enfin, l'étude 6 nous a permis d'étudier l'influence d'un entraînement dirigé par des professionnels sur les logiciels de prédictions de mots chez des personnes tétraplégiques, sur la vitesse de saisie de texte.

Les résultats montrent que seule l'aide technique d'accès à l'outil informatique influence la vitesse de saisie de texte. Les logiciels de reconnaissance vocale permettent une vitesse de saisie de texte équivalente à celle des personnes valides utilisant un clavier standard. Les paramétrages (nombre de mots affichés dans la liste de prédiction et l'adaptation du logiciel au vocabulaire de l'utilisateur) ont une influence différente en fonction du niveau lésionnel des personnes tétraplégiques sur la vitesse de saisie de texte, le nombre d'erreurs ou le confort. De plus, une différence entre l'importance donnée aux paramétrages par les professionnels préconisateurs et les paramétrages effectivement réglés a été mise en évidence. Enfin, l'influence d'un entraînement dirigé sur la vitesse de saisie de texte a été mise en évidence sur la vitesse de saisie de texte. Au regard de l'ensemble de ces résultats, il apparait nécessaire de paramétrer les logiciels de prédictions de mots, mais aussi de connaitre l'influence des différents réglages et de diffuser cette information au sein des réseaux professionnels. La recherche doit être poursuivie pour améliorer les logiciels de prédiction de mots, mais aussi pour favoriser de nouveaux outils tels les tablettes tactiles et les logiciels de reconnaissance vocale. Une systématisation des entraînements dirigés sur les logiciels de prédiction de mots nécessite une réflexion et une validation sur les modalités et la nature de ces accompagnements.

Mots-clés : Prédiction de mots, paramétrages, tétraplégie, entraînement, préconisations, vitesse de saisie de texte

Evaluation of the effectiveness of a targeted training program on the use of word prediction software on computer text input speed in persons with cervical spinal cord injury.

Abstract

The main objective of this work was to study the influence of key settings of word prediction software as well as a training program on the use of word prediction, on text input speed in persons with cervical spinal cord injury.

Study 1 determined text input speed in persons with cervical spinal cord injury and the influence of personal characteristics and type of computer device on text input speed. Study 2 evaluated the effect of a dynamic virtual keyboard coupled with word prediction software on text input speed in persons with functional tetraplegia. Study 3 analysed the word prediction software settings commonly prescribed by health-related professionals for people with cervical spinal cord injury. Studies 4 and 5 evaluated the influence of the number of words displayed in the prediction list and the frequency of use setting on text input speed. Finally, study 6 evaluated the influence of a training program on the use of word prediction software for persons with cervical spinal cord injury on text input speed.

The results showed that only the type of computer device influenced text input speed; voice recognition software increased the text input speed of persons with cervical spinal cord injury to that of able-bodied people using a standard keyboard. The influence of the different word prediction software settings (number of words displayed in the prediction list and the frequency of use) on text input speed, the number of errors or comfort of use, differed depending on the level of injury. We also found differences between the perception of the importance of some settings by health-professionals and data in the literature regarding the optimization of settings. Moreover, although some parameters were considered as very important, they were rarely configured. Finally, training persons with cervical spinal cord injury in the use of word prediction software increased text input speed.

The results of this work highlighted that word prediction software settings influence text input speed in persons with cervical spinal cord injury, however not all professionals are aware of this. Information should therefore be disseminated through professional networks. Further studies should aim to improve word prediction software and should also focus on new devices such as tablets and voice recognition software. Persons with cervical spinal cord injury training programs in the use of word prediction software need to be developed and validated.

Keywords: Word prediction software, settings, persons with cervical spinal cord injury, training, recommendations, text input speed.