

TALN et IHM : une approche transdisciplinaire pour la saisie de textes de personnes en situation de handicaps

Philippe Boissière¹ Nadine Vigouroux¹ Mustpha Mojahid¹ Damien Sauzin¹ Frédéric Vella¹
(1) CNRS, IRIT - Université Toulouse 3 Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, F-31062 TOULOUSE CEDEX 9,
France
Prénom.Nom@irit.fr

Résumé. Ce papier vise d'une part, à présenter une synthèse des méthodes d'optimisation pluridisciplinaires alliant le traitement automatique de la langue naturelle et celui l'interaction homme-machine et d'autre part à soulever les nouveaux verrous scientifiques posés par l'arrivée des nouvelles technologies et des nouveaux modes d'écriture pour la saisie de textes. Cette synthèse abordera les principes d'optimisation des agencements spatiaux des claviers virtuels et ceux de la prédiction de caractères et/ou des mots à afficher en tenant compte des nouveaux supports d'interaction et des nouvelles technologies.

Abstract.

Natural Language Processing and Human Computer Interaction: interdisciplinary approach for text input by persons with disabilities.

This paper aims to present, firstly a synthesis of multidisciplinary optimization methods combining automatic processing of natural language and the human computer interaction and secondly to discuss new scientific challenges raised by new technologies and new modes of writing for text input. This summary will address the principles of optimization of virtual keyboard layout and those of characters and word prediction towards the new technologies (device and interaction technique).

Mots-clés : Agencement spatial, techniques d'interaction, système de prédiction, liste de présentation

Keywords: Layout, interaction technique, prediction system, presentation list

1 Introduction

L'homme dans son histoire a toujours voulu laisser des traces concernant ses connaissances, et communiquer à distance. Pour cela, l'homme utilisait l'écriture manuscrite jusqu'au XIX^{ème} siècle. A cette date fut inventée la machine à écrire. Elle subit plusieurs modifications au niveau de l'agencement des touches. En effet lorsque l'utilisateur saisissait un message les barres de lettres s'entrechoquaient. Cela était dû à la proximité des barres de lettres. A partir de ce constat il la disposition des touches fut changé pour éloigner ces dernières, ce qui a aboutit à l'agencement des claviers physiques QWERTY ou AZERTY. A partir du XX^{ème} siècle, le premier ordinateur utilisé comme outil de travail comportait un clavier de type QWERTY chez les anglo-saxons, et de type AZERTY pour les pays francophones¹. Cependant, aujourd'hui nos claviers sont numériques et les barres de lettres n'existent plus.

Il existe deux façons pour accélérer cette saisie : le réagencement des touches du clavier pour optimiser les déplacements du curseur et/ou la prédiction des caractères ou des mots à afficher pour diminuer le nombre de frappes sur le clavier. Ce papier vise d'une part, à présenter une synthèse des méthodes d'optimisation pluridisciplinaires alliant le traitement automatique de la langue naturelle et celui l'interaction homme-machine et d'autre part à soulever les nouveaux verrous scientifiques posés par l'arrivée des nouvelles technologies et des nouveaux modes d'écriture. Cette synthèse s'appuiera sur l'art sur les systèmes d'assistance (Garay-Vitoria et Abascal 2006), (Antoine et Maurel 2007) et (Martin et Pecci 2007).

¹ <http://fr.wikipedia.org/wiki/AZERTY>

2 Contribution de la représentation spatiale à l'amélioration de la saisie

L'une des problématique dans la saisie de texte est d'améliorer/adapter leur agencement pour accélérer la vitesse de saisie de textes et réduire la fatigue motrice des scripteurs. De cette problématique ont émergé les questions scientifiques sur : la réduction du taux d'erreur de saisie, l'affichage des claviers virtuels sur des petits écrans et la conception des claviers sur les écrans tactiles. Sur ce dernier aspect ont été posées les questions sur la taille des touches par rapport à la taille des doigts et sur la présentation visuelle des touches du clavier qui sont cachées par les doigts et les mains lors de l'interaction. Ces différentes questions seront abordées ci-après.

2.1 Intérêt de l'agencement spatial

La saisie sur le clavier physique AZERTY peut s'effectuer avec 10 doigts et pour un clavier virtuel avec un dispositif de pointage. L'étude expérimentale de (Zhai & al, 2000) a montré que la vitesse de saisie est plus rapide sur un clavier physique AZERTY (75 mots par minute contre 25 mots par minute) que sur un clavier virtuel AZERTY pour des utilisateurs valides. De ce constat de nombreuses études se sont intéressées à l'agencement de claviers virtuels afin d'accélérer la vitesse de la saisie de texte. Deux types d'agencement existent : ambigu et non ambigu. L'agencement ambigu consiste à mettre un nombre de lettres supérieur à un sur une même touche alors que l'agencement non ambigu contient une seule lettre par touche. Ces agencements ont pour but d'optimiser les distances entre les caractères à saisir dans une langue donnée.

2.1.1 Clavier ambigu

Il existe peu de travaux consacrés à l'optimisation des claviers ambigus. Nous mentionnons le clavier ambigu UKO II (Harbusch et al, 2003) (FIGURE 1) — chaque touche de celui-ci correspond à dix caractères—l'agencement général est le résultat d'un algorithme génétique.

Le clavier ambigu de type téléphone (Vigouroux et al. 2004) dispose de 10 touches (FIGURE 2). A chaque touche sont associés trois caractères. Le principe de la sélection d'un caractère est d'effectuer des clics gauches successifs (avec une souris ou un trackball) afin de faire défiler de manière circulaire la liste des caractères. Le premier clic sélectionne le premier caractère de la touche, le second clic sélectionne le deuxième caractère de la touche, et ainsi de suite. Ce principe de sélection est repris par le clavier K-Hermès (Guerrier et al, 2011) (FIGURE 4). L'agencement des touches de ce clavier suit l'ordre alphabétique afin que l'utilisateur mémorise facilement l'emplacement des lettres. La vitesse de saisie de ces deux claviers ambigus a été comparée avec celle du clavier AZERTY. Deux résultats contradictoires ont été montrés. Le résultat de (Vigouroux et al. 2004) montre que la saisie de texte est plus rapide avec le clavier AZERTY que sur le clavier téléphone. Par contre, le résultat de (Guerrier et al, 2011) montre le contraire. La raison de cette différence est double ; a) cela peut-être dû aux dispositifs de pointages utilisés (un trackball dans les travaux de (Vigouroux et al. 2004) et un joystick dans les travaux de (Guerrier et al, 2011)), b) cela peut-être dû à l'agencement des touches et c) à la diversité des troubles moteurs.

Le principe de saisie du clavier K-Thot (Baas et al, 2010) est de sélectionner d'abord en cliquant (non maintenu) n'importe où dans la touche contenant la lettre que l'utilisateur veut afficher, puis sortir le pointeur de la souris, du côté où se trouve la lettre (FIGURE 3). Dans le cas, où l'utilisateur a cliqué sur une touche ne contenant pas la lettre voulue, il peut cliquer à nouveau sur cette touche pour annuler son erreur.

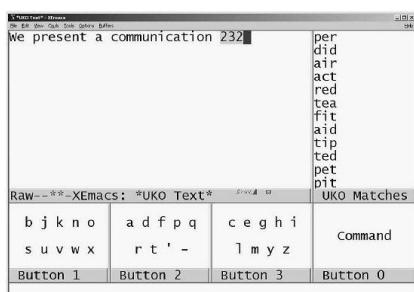


FIGURE 1: Clavier UKO II

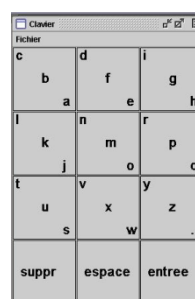


FIGURE 2: Clavier téléphone

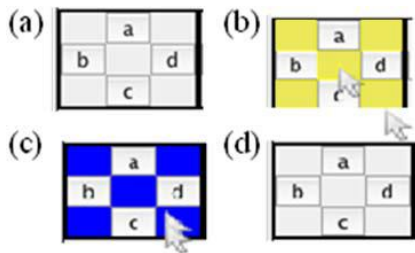


FIGURE 3: Clavier K-THOT

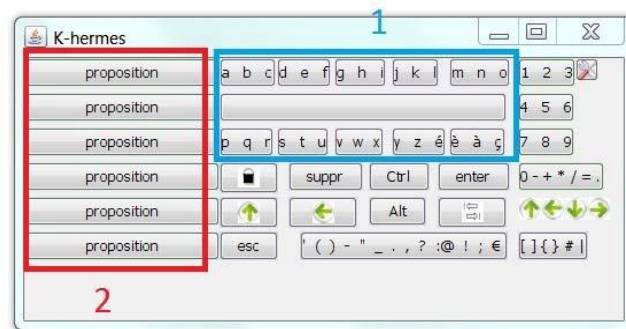


FIGURE 4: Clavier K-Hermès : 1) touches du clavier et 2) liste de prédications des mots

2.1.2 Clavier non ambigu

La majorité des travaux sur l'agencement spatial des touches ont été réalisés sur la langue anglaise. Ils visent à optimiser la position des caractères afin de rapprocher au mieux ceux qui ont le plus de chance d'être saisis consécutivement. Ces approches sont algorithmiques —algorithme glouton (Getschow et Rosen, 1986), (Lewis, 1992) appliqué à la génération du clavier Metropolis (Zhai et al, 2000) ; algorithme génétique (Raynal et Vigouroux, 2005)) appliqué à la génération du clavier GAG— ou sont basés sur les fréquences d'utilisation des caractères de la langue anglaise, comme par exemple FITALY (FIGURE 5), OPTI (FIGURE 6), (MacKenzie et Zhang, 1999).

Dans le cadre de la langue française, nous avons par exemple le clavier GAG (FIGURE 8) et le clavier Annie (Vigouroux et al, 2015) (FIGURE 9). Le clavier GAG (Raynal et Vigouroux, 2005) consiste en l'application d'un algorithme génétique à la langue française, à partir des connaissances extraites de BDLEX (Decalme et Perennou, 1998). Nous remarquons que, pour le français, le clavier GAG est meilleur de 60,27% en WPM (Word Per Minutes ou mots par minutes) que le clavier AZERTY. Le clavier Annie a été conçu par une personne handicapée atteinte d'une myopathie (amyotrophie spinale de degré 2). Suite à des entretiens, elle nous a commenté son principe d'agencement : elle a disposé au centre les caractères les plus fréquemment utilisés en essayant de respecter de manière cyclique l'ordre alphabétique. L'explication de cette disposition est due à sa difficulté de déplacement du curseur du dispositif de pointage.

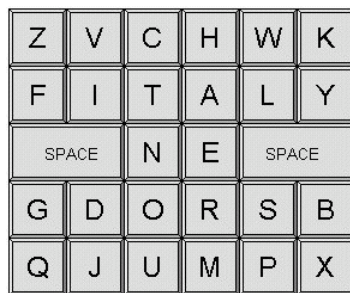


FIGURE 5: Clavier FITALY



FIGURE 6: Clavier OPTI

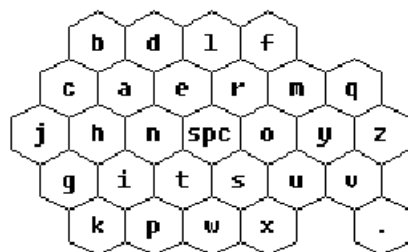


FIGURE 7: Clavier Metropolis

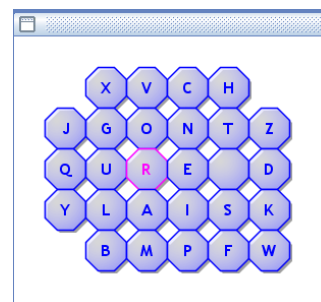


FIGURE 8: Clavier GAG

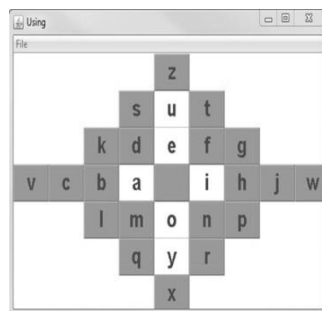


FIGURE 9: Clavier Annie

Ces claviers sont généralement utilisés avec une technique de pointage à base d'une souris, d'un trackball, etc. Cependant, la saisie avec ce type de pointage reste longue et demande une mémorisation des agencements des touches. Avec l'apparition de nouvelles technologies comme par exemple les Smartphones, de nouvelles techniques d'interaction et des modalités gestuelles sont explorées pour tenter d'améliorer la saisie de texte.

2.2 Techniques pour la saisie de texte

L'explosion du tactile questionne à nouveau l'agencement des claviers virtuels. La saisie de texte sur des supports tactiles (téléphone portable, tablette) est très inconfortable car l'utilisateur ne peut pas *sentir* les touches avec ses doigts ou les distinguer (Go et Endo, 2007). L'inconvénient du tactile peut être aussi la taille des touches à atteindre, surtout lorsque la taille des doigts est importante et le fait que ces derniers cachent les informations à l'écran (Go et Tsurumi, 2010). Pour pallier ces problèmes plusieurs études ont été conduites. (Go et Endo, 2007) ont redéfini le centre de la touche et la forme de la touche (par exemple, le clavier CATKey FIGURE 14) en fonction de la position des impacts des doigts sur ces dernières. Quant à (Go et Tsurumi, 2010), ils ont ajouté la technique d'interaction du « Pie Menu » (FIGURE 15) qui propose des caractères en fonction de la position du doigt sur le clavier.

2.3 Entrée de textes par saisie gestuelle

Une modalité de saisie concerne la saisie de texte par la reconnaissance de mouvements sur des petits écrans. Cette modalité a été très explorée en situation de saisie en mobilité. Il existe deux sous-types de saisie : analogique et non analogique. La première (FIGURE 10) est basée sur la reconnaissance d'un caractère ou d'une représentation squelettique d'un caractère (EdgeWrite (Wobbrock et Myers, 2006)). La deuxième est basée sur le pointage de cibles par un stylet. Celles-ci peuvent être les touches du clavier virtuel qui constituent les caractères à saisir (par exemple DASHER (Ward et al, 2000), (FIGURE 11)). Elles peuvent aussi constituer un ensemble de primitives qui définissent un caractère (par exemple UniGlyph, FIGURE 12 (Poirier et Belatar, 2007)) ou des cibles à sélectionner (par exemple, Seven Segment Input (7SI) FIGURE 13 (Al Faraj et al, 2008)). Néanmoins, ces deux modes de saisie gestuelle engendrent des contraintes à la fois cognitives, qui sont dus à la mémorisation des tracés des lettres, et motrices qui demandent beaucoup de déplacements du pointeur pour réaliser une lettre. Ces deux contraintes peuvent provoquer de la fatigue visuelle et motrice.



FIGURE 10: Tracé de la lettre « y » sur le système EdgeWrite

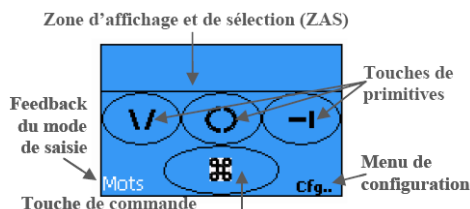


FIGURE 12: Clavier UniGlyph

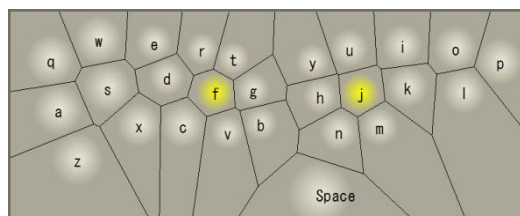


FIGURE 14: Clavier CATKey

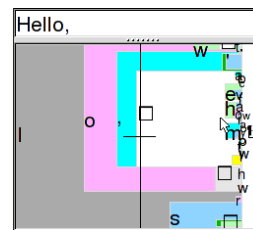


FIGURE 11: Clavier Dasher

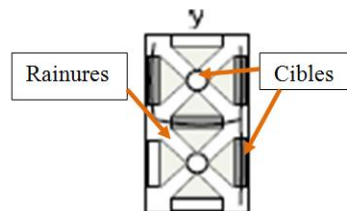


FIGURE 13: Clavier 7SI

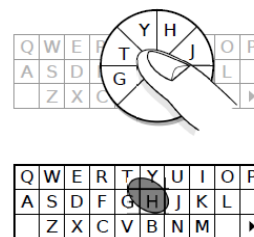


FIGURE 15: Clavier avec Pie Menu

3 Apport de la linguistique à la saisie de textes

Nous venons de voir ce que l'agencement spatial et les techniques d'interaction des claviers virtuels peuvent apporter à l'utilisateur en termes d'ergonomie, et de vitesse de saisie. Est-ce que la vitesse de saisie serait augmentée si nous pouvions également anticiper, voire prédire, ce que l'utilisateur veut dire ou écrire. Or, la pensée de l'utilisateur est par nature riche et complexe, et n'est en rien déterministe. Prédire ou anticiper sa pensée est toute une problématique (voire une gageure) à laquelle se sont heurtés, et se heurtent encore les chercheurs. La linguistique est une aide fondamentale, mais comment mettre en œuvre les analyseurs (morphologique, syntaxique, sémantique et pragmatique) et les connaissances linguistiques associées pour prédire ou anticiper l'écriture de l'auteur? Comment dans cette optique, ces différents outils, peuvent-ils s'articuler entre eux pour apporter les informations nécessaires à cet objectif? Les études statistiques peuvent être aussi utiles pour l'apprentissage des modèles de langage. Sur quels corpus d'apprentissage allons-nous faire tourner nos modèles pour que les systèmes d'aide à la saisie soient performants ?

Les systèmes d'aide à la saisie se divisent en deux classes selon qu'ils font de la prédiction ou de la complétion. Dans un système de complétion, le système ne propose pas de liste de mots, mais complète un mot ou une partie de mot dès qu'il n'y a plus d'ambiguïté (comme le système VITIPI (Boissière et al. 2012)). Un système d'assistance est composé de deux parties: un moteur linguistique qui vise à générer une liste de mots à partir de connaissances linguistiques et/ou statistiques et une interface de présentation des listes de mots. Pour plus de détails, nous renvoyons les lecteurs à deux états de l'art sur les systèmes d'assistance (Garay-Vitoria et Abascal 2006) et (Antoine et Maurel 2007).

3.1 Moteur linguistique

Un moteur linguistique est la partie du système qui prend en charge la prédiction des mots et éventuellement leur correction.

La typologie des moteurs linguistiques se divise en trois approches :

- Une approche purement syntaxique dans laquelle on décrit explicitement toutes les règles (morphologiques, syntaxiques, sémantiques, pragmatiques) ;

- Une approche purement statistique ou probabiliste qui se base sur les probabilités de quoi d'apparition d'un mot en fonction de ceux qui précèdent en utilisant les différentes méthodes en cours dans ce domaine.
- Une approche mixte qui combine approche syntaxique et approche statistique.

La première approche syntaxique consiste à prévoir toutes les règles de grammaire qui représentent la structure syntaxique de la phrase. En programmant les règles d'accords entre le déterminant et le nom, le nom et son adjectif, on peut comme le proposaient les projets Kombe ((Godbert et al. 1992), (Milhaud et al. 1992)) et Illico ((Pasero et Sabatier 1998 a), (Pasero et Sabatier 1998 b)) générer automatiquement les accords. Cette approche se prête bien à la correction automatique de fautes d'orthographe qui fait partie des fonctionnalités du moteur linguistique. Le projet VITIPI (Boissière et Dours 2001), (Boissière et al. 2012) utilise des règles de réécriture des Groupes Phonétiques Orthographiques (GPO) (Perennou et al. 1986) qui, à un phonème donné, associe les différentes graphies. Cela permet la correction de fautes d'orthographe usuelles (Boissière et Dours 1996) des personnes dyslexiques. Le passage d'une langue à une autre nécessite la reprogrammation des règles orthographiques et de syntaxe. De même, le changement de registre de langages implique que certaines règles peuvent être en usage dans certains registres et pas dans d'autres.

La deuxième approche probabiliste repose sur l'apprentissage des modèles de langages (au niveau mot et phrase) à partir de corpus avec une bonne couverture lexicale et syntaxique. Les tous premiers systèmes d'assistance à l'écriture (Hunnicut 1985)] se contentaient de calculer la fréquence des mots. La plupart des systèmes actuels utilisent des n-grams (fréquence de suite de n lettres ou de n mots) comme dans le module SybiLettre du projet Sybille (Schadle 2003), dans le système de (Trnka et McCoy 2007), ou plus récemment dans le projet Eugénio (Garcia et al. 2014). Le système Dasher (Ward 2001) utilise la méthode de Monte-Carlo. La limitation de cette approche statistique est qu'elle repose entièrement sur la représentativité et la couverture lexicale des corpus : si le corpus n'est pas assez représentatif du langage de l'utilisateur, l'apprentissage du modèle sera insuffisant et par conséquent les performances du système seront moindres (Trnka et McCoy 2007). Des études ont été réalisées pour essayer de déterminer le corpus optimal pour un système de Communication Assistée et Augmentée (CAA). Les études de Trnka (Trnka et McCoy 2007) ont démontré que pour construire un modèle n-gram performant, il fallait disposer d'une *grande* quantité de textes généraux, d'une quantité *raisonnable* de textes du même style et sur le même sujet, et d'une *petite* quantité de textes similaires à ce que va écrire l'utilisateur. Nous ne partageons pas cette opinion. Nous pensons qu'il faut un corpus parfaitement adapté au registre de l'utilisateur (Boissière et al. 2012). Plus le taux de mots hors vocabulaire est faible et plus le lexique est petit, meilleur est le rendement du système. Il ne sert à rien de mettre dans la base de connaissances des mots que l'utilisateur n'utilisera jamais. L'étude de (Kristensson et Vertanen 2012) rapporte que le corpus de MacKenzie et Soukoreff (MacKenzie et Soukoreff 2003) est efficace pour l'évaluation des systèmes de prédiction.

L'approche mixte consiste à combiner les avantages des deux premières approches tout en minimisant leurs inconvénients respectifs. On conserve la problématique de l'apprentissage des modèles statistiques sur des corpus les plus "*représentatifs*" possibles, tout en rajoutant des informations linguistiques, comme des attributs syntaxiques qui ne figurent pas dans l'approche purement statistique. On pondère ensuite ces informations linguistiques pour déterminer, en fonction des attributs syntaxiques attachés aux mots précédents, le ou les attributs les plus probables du mot qui suit (système HandiAs (Le Pévédic 1997), (Maurel et al. 2001) et FASTY (Wester 2003)). Les informations linguistiques ne se réduisent pas aux seules informations syntaxiques ; les informations de niveau sémantiques commencent à entrer en ligne de compte. Ainsi, le système SybiSem (Wandmacher et al. 2007 a) a été créé pour améliorer les performances de Sybille en introduisant des informations sémantiques par la méthode de l'Analyse Sémantique Latente (ASL). Le principe est issu de la recherche documentaire : à un document, on associe un vecteur de mots clés. Pour l'ASL, le document est remplacé par un mot auquel est associé un vecteur de mots clés. Après une décomposition en valeurs singulières, l'espace se réduit à 200 ou 300 dimensions. On prend ensuite les 100 derniers mots écrits, (qui constituent le champ sémantique du discours), et on projette ce champ sémantique sur le vecteur d'un mot pour trouver les mots les plus probables. Le plus gros problème est de pouvoir extraire les informations sémantiques à partir d'un corpus.

Nous proposons de catégoriser les utilisateurs des systèmes d'aide à la saisie en trois populations :

- les personnes handicapées physiques (atteintes des membres supérieurs) qui les utilisent pour accélérer leurs saisies de textes et réduire leur fatigabilité ;
- les personnes qui ont des troubles linguistiques (dyslexiques, dysorthographiques), qui les utilisent pour trouver la bonne orthographe ;
- les personnes en situation de mobilité qui se servent de téléphones portables, smartphones et autres tablettes pour écrire des textos et des Short Message Service (SMS) avec des abréviations plus ou moins codifiées.

Il va de soi que ces trois catégories d'utilisateurs n'ont pas toutes les mêmes besoins en termes d'assistance à l'entrée de textes. Comment alors un moteur linguistique peut-il répondre à des objectifs aussi divers voire parfois antagonistes — Trouver la bonne orthographe versus écrire en SMS (Beaufort et al. 2010) ? Des logiciels conçus pour des personnes

dyslexiques existent comme WordQ² et Médialexie³, mais sont-ils vraiment utiles et efficaces pour cette population pour laquelle ils ont été conçus?

Faut-il créer un moteur générique, capable de faire une prédiction de mots relativement performante, sur lequel viendraient se greffer des modules satellites qui adapteraient les prédictions aux usages des différentes populations ou faut-il créer dynamiquement son moteur de prédiction en fonction de sa saisie comme le démontre (Sakkos al. 2015).

3.2 Compromis entre performance du système d'assistance et charge cognitive du scripteur

L'autre challenge dans les systèmes de saisie de texte réside dans la recherche d'un compromis entre la performance du système de prédiction et la minimisation des attentions visuelles et cognitives. La performance d'un système d'aide à la saisie de texte se mesure avec le KSR (Keystroke Saving Rate) (Zagler et Seisenbacher 2000). Le KSR est dépendant du nombre de mots dans la liste de prédiction: plus la liste de mots prédits est longue, plus le KSR augmente et par conséquent, plus le temps de recherche d'un mot dans la liste augmente (Pouplin et al 2015). La problématique réside donc dans la recherche d'un compromis entre la maximisation du KSR et la minimisation de la charge visuelle et cognitive de recherche de la bonne prédiction : le bénéfice apporté par de bonne performance peut être annulée par l'augmentation des charges.

Trop peu de recherches se sont intéressées à l'ergonomie des listes de prédiction. (Wester 2003) rapporte les résultats d'un questionnaire sur l'utilisabilité du système FASTY : 3 utilisateurs handicapés sur 6 étaient d'accord avec les paramètres de présentation de la liste de prédiction (position de la liste dans l'écran, taille, fonte, couleur, police des caractères de la liste de mots) alors que les trois autres étaient en total désaccord. L'étude de (Pouech et al. 2009) a montré que les personnes "valides" étaient moins attentives —non perception du mot correct— aux prédictions affichées par la liste de mots que les personnes avec un handicap moteur. Les résultats trop partiels de ces deux études nous suggèrent que des études complémentaires, intégrant des systèmes de suivi de regard pour comprendre le choix de la prédiction doivent être conduites sur des populations plus élargies.

L'enquête récente de (Poulain et al. 2015) confirme que le paramètre de configuration le plus important dans les systèmes de prédiction selon les professionnels de la rééducation (près 50 % d'entre eux) est la gestion de la liste de mots. Les autres paramètres des systèmes d'assistance à la saisie sont souvent utilisés avec les valeurs par défaut, peu adaptés à l'utilisateur. Les mots les plus probables devraient être mis en saillance.

Dans les systèmes de complétion, cette question de la surcharge cognitive n'existe plus puisqu'il n'y a plus de listes de prédiction. (Dubus 1996) a comparé le système de complétion VITIPI avec le système de prédiction HandiWORD dans un Centre Spécialisé d'Enseignement Secondaire. Les élèves qui appréciaient le plus VITIPI étaient ceux qui maîtrisaient le mieux le Français et son orthographe. Pour les plus jeunes (jusqu'à la 4ème), la présence d'une liste de prédiction les rassurait sur l'orthographe des mots. Dans une étude, (Anson et al. 05) a montré que pour des utilisateurs exempts de troubles physiques : 1) la saisie avec un clavier virtuel et sans complétion de mot est plus lente qu'avec un système de complétion (en faisant la moyenne des 10 participants, on obtient une moyenne de 9.79 mots par minute pour la complétion contre 10.03 pour la prédiction) ; 2), la saisie de textes avec un système de complétion est globalement plus lente qu'avec un système de prédiction de mots. (Boissière et al. 2006) ont observé que le KSR d'un système de complétion est inférieur à un KSR d'un système de complétion lors de comparaison du système de prédiction Sybille (Schadle 2003) et du système VITIPI (Boissière et Dours, 1996).

Conclusion

Dans leur étude avec une population de tétraplégiques (Pouplin et al. 2014) ont démontré que la vitesse de saisie par un clavier dynamique est réduite de 37 % en comparaison avec un clavier standard et que l'ajout d'un système de prédiction n'a aucun effet sur la vitesse. Cela pose la question de savoir pourquoi nous n'arrivons toujours pas à nous habituer à d'autres agencements que ceux de AZERTY ou QWERTY ?

Les résultats des études respectivement de (Raynal 2005), (Pouech et al. 2009) et (Pouplin et al. 2014) démontrent clairement la nécessité de concevoir des claviers dynamiques plus ergonomiques et de définir le nombre et la position des mots prédits. L'évaluation des systèmes de prédiction ne pourra se faire que par l'introduction de systèmes de suivi du regard pour mesurer les stratégies visuelles mises en place dans le processus de sélection du mot. Les performances

² <http://www.cleomonde.com/collections/wordq-et-speakq>

³ <http://www.medialexie.com/?langue=fr>

moindres en termes de vitesse de saisie mais également en KSR posent la question de l'utilisation des systèmes de complétion versus des systèmes de prédiction de mots ? Faut-il un système performant versus un système moins fatigant ?

Références

GARAY-VITORIA N, ABASCAL J. (2006) Text prediction systems: a survey. *Univ Access Inf Soc* (2006) 4: 188–203 DOI 10.1007/s10209-005-0005-9.

ANTOINE J-Y, MAUREL D. (2007) Aide à la communication pour personnes handicapées et prédiction de texte Problématique, état des lieux et retour sur trente ans de recherche en communication augmentée. *Revue TAL*. Volume 48 – n° 2, 9 - 46.

MARTIN, B., PECCI, I. (2007). État de l'art des claviers physiques et logiciels pour la saisie de texte. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, vol. 8, n°2, 147-205.

ZHAI, S., HUNTER, M., SMITH, B.A. (2000). The Metropolis Keyboard - an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. In *Proceedings of The 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*. SAN DIEGO, CALIFORNIA: ACM., 119-218.

HARBUSCH K., HASAN S., HOFFMANN H., KÜHN M., SCHÜER B. (2003). Topic and Author-Specific Suggestion Lists for Typing with Ambiguous Keyboards. *Proceedings of the Recent Advances in Natural Language Processing (RANLP 2003)*, Borovets, Bulgaria.

VIGOUROUX N, VELLA F, TRUILLET PH., RAYNAL M. (2004). Evaluation of AAC for text input by two populations: normal versus handicapped motor persons. *8th ERCIM UI4All, Adjunct Proceedings*, Vienna (Österreich).

GUERRIER Y., BAAS M., KOLSKI CH., POIRIER F. (2011). Étude comparative entre un clavier virtuel AZERTY et un clavier multitap pour des utilisateurs souffrant d'une Infirmité Motrice Cérébrale de type tétraplégie athétosique. *Conférence Internationale sur l'accessibilité et les systèmes de suppléance aux personnes en situations de handicaps (ASSISTH 2011)*. Paris, Vigouroux, Vella, Lepicard (Eds.), IRIT Press, 164-177.

BAAS M., GUERRIER Y., KOLSKI C., POIRIER F. (2010). Système de saisie de texte visant à réduire l'effort des utilisateurs à handicap moteur. *Conférence Ergo IA 2010*.

GETSCHOW C. O., ROSEN M. J. (1986). Goodenough-Trepagnier: A systematic approach to design a minimum distance alphabetical keyboard. *RESNA (Rehabilitation Engineering Society of North America) 9th Annual Conference*. 396-398.

ZHAI S., HUNTER M., SMITH B.A. (2000) The Metropolis Keyboard - an exploration of quantitative techniques for virtual keyboard design. *Proceedings of The 13th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)*, San Diego, California, 119-218.

MACKENZIE I. S., ZHANG S. Z. (1999) The design and evaluation of a high performance soft keyboard. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '99*, New York, 25-31.

DE CALMES M, PERENNOU G. (1998). BDLEX : a Lexicon for Spoken and Written French. *1st International Conference on Language Resources & Evaluation*. Grenade, A. Rubio, N. Gallardo, R. Castro, A. Tejada (Eds.), ELRA, Paris, 1129-1136.

RAYNAL M., VIGOUROUX N. (2005). Genetic Algorithm to Generate Optimized Soft Keyboard. *1st Int. Conf. for Human-Computer Interaction (CHI 2005)*, ACM Press, (support électronique), Portland, Oregon, USA.

VIGOUROUX N., BOISSIERE PH., VELLA F., BOURAOUI J-L., MOJAHID M. (2015). Information communication technology and (psycho) linguistic sciences : a nice alliance for the design of alternative and augmentative communication for speech and motor impairment, *Routledge*.

WOBBROCK J.O., MYERS B.A. (2006). Trackball text entry for people with motor impairments. *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '06)*. Montréal, Québec, 479-488.

WARD D. J., BLACKWELL A. F., MACKAY D. J. C. (2000). Dasher - a data entry interface using continuous gestures and language models. *UIST 2000*, 129-137.

POIRIER F., ANTOINE J.-Y., BARHOUMI Z. (2007). Sibylle : améliorations de l'interface à partir de critères ergonomiques et des besoins des utilisateurs. *1ère Conférence Internationale Sur l'accessibilité et les systèmes de suppléance aux personnes en situations de handicaps (ASSISTH'2007)* "Pour une meilleure insertion dans la société", Toulouse, France, Ed Cépadués, 241-247.

AL FARAJ K., MOJAHID M., VIGOUROUX N. (2008). GrooveWrite: A Multi-Purpose Stylus-Based Text Entry Method. *International Conference on Computers Helping People with Special Needs (ICCHP 2008)*, Linz, Austria.

GO, K., AND ENDO, Y. (2007). CATKey: customizable and adaptable touchscreen keyboard with bubble cursor-like visual feedback. *Proc. HCII*, 493-496

GO, K., & TSURUMI, L. (2010). Arranging touch screen software keyboard split-keys based on contact surface. In E. Mynatt, D. Schoner, G. Fitzpatrick, S. Hudson, K. Edwards, & T. Rodden (Eds.), *Proceedings of the 28th international conference on human factors in computing systems*. New York, 3805-3810.

BOISSIÈRE PH, VIGOUROUX N, MOJAHID M, VELLA F. (2012) Adaptation of AAC to the context communication: a real improvement for the user Illustration through the VITIPI word completion, In Miesenberger, K., Karshmer A., Penaz P. Zagler, W: (Eds) *Computers Helping People with Special Needs, Proceedings of the 13th International Conference, ICCHP'2012, Linz, Austria, July 2012. Lecture Notes in Computer Science (LNCS 7383, Part II)*, 451-458.

GODBERT E, PASERO R, SABATIER P. (1992) Composition de phrases assistée : Interaction des connaissances linguistiques et conceptuelles. *4ème journée sur l'ingénierie des interfaces homme-machine IHM'92*, 197-202.

MILHAUD G, PASERO R, SABATIER P. (1992) Partial synthesis of sentences by coroutining Constraints on different levels of well-formedness. *Proceedings of COLING*, Nantes, 926-929.

PASERO R, SABATIER P. (1998a) Linguistic games for language Learning and tests, an ILLICO application. *Computer-Assisted Language Learning (CALL)*.

PASERO R, SABATIER P. (1998b) Concurrent Processing for Sentences Analysis, Synthesis and Guided Composition. *Natural Language Understanding and computational Logic, Lecture Notes in Computer Science*, Springer.

BOISSIERE PH, DOURS D. (2001) VITIPI : Comment un système d'assistance à l'écriture pour les personnes handicapées peut offrir des propriétés intéressantes pour le TALN ? *TALN 2001 Tours*, 183-192.

PERENNOU G, DAUBEZE P. LAHENS F. (1986) La vérification et la correction automatique de textes : le système VORTEX. *T.S.I Vol 5 n°4*, 285-305.

BOISSIÈRE PH., DOURS D. (1996) VITIPI : Versatile Interpretation of Text Input by Persons with Impairments. In 5th *ICCHP (International Conference on Computers for Handicapped Persons)*. Linz, 165-172.

HUNNICUT S. (1986) A lexical prediction for a text-to-speech system. *Rapport of department of speech communication Stockholm STL-QSPR 2-1/1985*.

SCHADLE I. (2003) Sibylle : Système linguistique d'aide à la communication pour les personnes handicapées. *Thèse d'informatique, Laboratoire VALORIA*.

TRNKA K, MCCOY K. (2007) Corpus Studies in Word Prediction. *Proceedings of ASSETS'07, Tempe, Arizona, (USA)*, 195-202.

GARCIA L. DE OLIVEIRA L. AND DE MATOS D. (2014) Word and Sentence Prediction: Using the best of the two worlds to assist AAC users. *Technology and disability, Volume 26, Numbers 2,3*, 79-92.

WARD D.J. (2001) Adaptative Computer Interfaces. *Thèse de Doctorat de Philosophie Université de Cambridge*.

KRISTENSSON P.O. VERTANEN K. (2012) Performance Comparisons of Phrase Sets and Presentation Styles for Text Entry Evaluations. *Proceedings of IUI'12, Lisbon, (Portugal)*, 29-32.

MACKENZIE, I. S. SOUKOREFF, R. W. (2003) Phrase sets for evaluating text entry techniques. In *Ext. Abstracts CHI 2003*, ACM Press, 754-755.

LE PEVEDIC B. (1997) Prédiction Morphosyntaxique évolutive dans un système d'aide à la saisie de textes pour des personnes handicapées physiques. *Thèse de Doctorat IRIN* (N° ED-82-269)

MAUREL D. ROSSI N. THIBAUT R. (2001) Handias : un système multilingue pour l'aide à la communication de personnes handicapées. *Atelier Thématique TALN 2001, Tours*, 203-212.

WESTER M. (2003) User Evaluation of a Word Prediction System. *Thèse, Université Uppsala (Suède)*.

WANDMACHER T. BECHET N. BAEHOUMI Z. POIRIER F. ANTOINE J-Y. (2007) Système Sibylle d'aide à la communication pour personnes handicapées : modèle linguistique et interface utilisateur. *Atelier Thématique TALN 2007, Volume 2*, 539-548.

BEAUFORT R, ROEKHAUT S, COUGNON L-A, FAIRON C. (2010) [Une approche hybride traduction/correction pour la normalisation des SMS](#). Actes de la 17e conférence sur le traitement automatique des langues naturelles (TALN'10), actes électroniques, Montréal, Canada.

POUECH N., BOISSIERE PH., VELLA F., VIGOUROUX N. (2009) Influence des modes de présentation et de sélection des listes de prédiction : Étude sur trois systèmes d'aide à la saisie de textes. Dans *5^{ème} Journée d'Ergothérapie de Garches (ARFEHGA)*, Garches, 84-86

ZAGLER W.L. SEISENBACHER G. (2000) German language predictive typing : Results from a feasibility investigation. *Proceedings of the ICCHP'2000, Karlsruhe*, 771-779

POUPLIN S. ROCHE N. HUGERON C. VAUGIER I. BENSMAIL D. (2015) Recommendations and settings of word prediction software by health-related professionals for people with spinal cord injury: a prospective observational study. *European journal of physical and rehabilitation medicine (sous presse)*.

BOISSIÈRE PH, SCHADLE I, ANTOINE J-Y. (2006) A methodological framework for writing assistance systems: applications to Sibylle and VITIPI systems, In *Modelling, Measurement & Control, Série C, (bioengineering)*. Edited by Association for the Advancement of Modelling & Simulation Techniques in Enterprise, AMSE-journals (Barcelona Spain), *Modelling C, Vol 67 (Supp Handicap 2006)*, 167-176.

DUBUS N (1996) Evaluation de l'interface intelligente d'aide à la saisie informatique, VITIPI au lycée "Le Parc Saint-Agne". *Journal d'Ergothérapie Mars 1996 MASSON*, 95-100

ANSON, D. K., MOIST, P., PRZYWARA, M., WELLS, H., SAYLOR, H., AND MAXINE, H. (2005). The effects of word completion and word prediction on typing rates using on-screen keyboards. In *Proceedings of RESNA '05*. RESNA, Arlington, VA, no pages, on proceedings CD.

POUPLIN S., ROBERTSON J., ANTOINE J-Y., BLANCHET A., KAHLOUN J-L., VOLLE PH., BOUTEILLE J., LOFASO F., BENSMAIL D. (2014) Effect of dynamic keyboard and word-prediction systems on text input speed in persons with functional tetraplegia, *Journal of Rehabilitation Research & Development (JRRD)*, Volume 51 Number 3, 467-480