



HAL
open science

Prise en charge des troubles de la communication : La Plateforme de Communication Alternative

Morgane Ader, Philippe Blache, Stéphane Rauzy

► **To cite this version:**

Morgane Ader, Philippe Blache, Stéphane Rauzy. Prise en charge des troubles de la communication : La Plateforme de Communication Alternative. *Interactions*, 2008, 1, pp.1-19. hal-00285644

HAL Id: hal-00285644

<https://hal.science/hal-00285644v1>

Submitted on 6 Jun 2008

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.

Prise en charge des troubles de la communication : La Plateforme de Communication Alternative

Morgane Ader, Philippe Blache, Stéphane Rauzy

Laboratoire Parole et Langage & Université de Provence

morgane.ader@lpl-aix.fr, philippe.blache@lpl-aix.fr, stephane.rauzy@lpl-aix.fr

Résumé

L'aide à la communication pour personnes handicapées doit prendre en compte les besoins des utilisateurs en général, mais également pouvoir s'adapter aux diverses situations de communication rencontrées au quotidien par l'utilisateur et à l'évolution (positive ou négative) de ses capacités. Le système PCA (Plateforme de Communication Alternative) est un logiciel d'aide à la communication verbale et non-verbale caractérisé par l'homogénéité de son utilisation quel que soit le moyen d'expression choisi. Le système est paramétrable en fonction des modalités de contrôle maîtrisées par l'utilisateur et permet l'utilisation simultanée de plusieurs de ces modalités. Le principe d'homogénéité de la PCA permet de plus un passage aisé d'un contrôle à un autre. Les ressources utilisées sont génériques : un lexique du français très couvrant donnant les fréquences et les caractéristiques morphosyntaxiques de chaque forme, mais également une base de pictogrammes permettant une communication élémentaire très efficace. La PCA est un système évolutif qui, grâce à son module d'apprentissage, construit au fur et à mesure de l'utilisation un modèle utilisateur. De plus, l'utilisation des pictogrammes est contrôlée à l'aide d'un éditeur permettant de personnaliser l'organisation de la base de pictogrammes ainsi que d'ajouter du matériel lexical propre à l'utilisateur. L'évolutivité de ce système lui confère un caractère réversible : il est en effet possible de concevoir son utilisation en termes d'aide à la rééducation.

Mots-clés : communication assistée, handicap, logiciel.

Abstract

We present in this paper an alternative communication system for handicapped persons. Alternative communication primarily relies on an alternative access to the computer and has to take into account the communication situation together with the user's characteristics. The PCA system (where PCA stands for Alternative Communication Platform) proposes various technics and accessibility methods devoted to assist the user in verbal and non-verbal communication. The homogeneity of the system warrants a comfortable switch between the different communication technics, both in terms of accessibility and messages style. PCA makes use of generic resources: a French lexicon of more than 300 000 forms with intrinsic frequency of occurrences and morphosyntactic informations and a pictograms basis of 750 icons allowing an efficient basic communication. The PCA system is moreover evolutive. Thanks to its training module, the system builds a user's model by learning the personal habits during each use of the system. PCA includes also a tool allowing to customize the organisation of the pictograms basis and to add new icons to the user's personal lexical material. The evolutivity of the system also suggests that PCA can be used as a reeducational tool. The platform has been developed by a consortium of laboratories and French associations for handicapped persons.

Keywords : augmented communication, handicap, software.

1. Introduction

La communication alternative désigne un ensemble d'outils d'aide à la communication pour des personnes handicapées atteintes dans leur motricité et leur capacité de production de parole. Il s'agit par exemple de patients atteints de pathologies neuro-dégénératives totalement paralysantes ou encore de personnes victimes d'accidents vasculaires cérébraux. Ces patients ne gardent le contrôle que de quelques muscles (comme la paupière) et ne peuvent plus parler. Pour d'autres pathologies, certains types d'aphasies par exemple, les capacités linguistiques et cognitives sont affectées et des stratégies alternatives comme la communication non verbale à base d'icônes doivent être utilisées. L'objectif de ce type de système est de permettre à l'utilisateur d'améliorer voire de rétablir la possibilité de communication avec son entourage en offrant la possibilité de composer des messages, de piloter un système de synthèse de parole ou encore de désigner des objets ou des actions. Il s'agit donc de prendre en compte les besoins effectifs des utilisateurs dans une situation réelle de communication, et d'intégrer des modalités multiples d'interaction pour le support de la communication et le contrôle de l'environnement (voir par exemple Vaillant 1997 et Brangier et al. 2000).

L'aide à la communication de personnes handicapées est un problème majeur, mais qui peut aujourd'hui bénéficier de la maturité technologique des travaux menés dans le domaine de la linguistique, la linguistique-informatique, l'ergonomie et la psychologie cognitive. Les réponses apportées à ce jour ne sont pas totalement satisfaisantes, notamment pour ce qui concerne les modalités d'interaction entre l'utilisateur handicapé et son environnement humain ou électronique (voir par exemple Maurel et al. 2000).

Quelques systèmes d'aide à la communication en langue française sont aujourd'hui proposés sur le marché. Citons par exemple pour le verbal : WiViK, clavier virtuel avec prédiction de mots et principe de défilement en option, permettant également le contrôle du système d'exploitation; Eurovocs Suite, claviers virtuels et prédiction de mots basée sur un dictionnaire contenant 35 000 formes.

Et pour la communication non verbale : Clicker 4, outil d'aide à la communication à base d'icônes; Mind Express, un système de communication non verbale à base d'icônes qui intègre une reformulation rudimentaire; Axelia, destiné aux jeunes enfants IMC (Infirme Moteur Cérébraux) et aphasiques, accessible via une interface graphique évoluée, qui base sa reformulation sur l'application du modèle de la grammaire applicative et cognitive (voir Abraham 2000 et Abraham 2006).

Il existe enfin un certain nombre d'applications expérimentales développées dans le milieu académique : par exemple, Vitipi (Boissière et al. 2000), HandiAS (Le Pévédic 1997) ou Kombe (Pasero et al. 1995), mais qui ne sont pas véritablement distribués au grand public. Signalons toutefois le système Sibylle (Schadle 2003, Wandmacher 2007), un clavier orthographique optimisé pour la modalité défilement et muni d'un moteur de prédiction de mots très efficace, qui sera prochainement disponible en libre accès.

La Plateforme de Communication Alternative (PCA), a été développée au Laboratoire Parole et Langage par une équipe pluridisciplinaire constituée de chercheurs en informatique et en linguistique, de psychologues cognitivistes et d'ergonomes, d'électroniciens, de médecins et rééducateurs ainsi que de centres d'accueil et d'associations de handicapés. Distribuée depuis début 2004, la PCA est

caractérisée par son homogénéité, sa généralité et son évolutivité, trois points clés pour tout système de communication assistée (Copestake 1997). Le logiciel PCA permet la composition assistée de messages selon deux modes principaux : le mode verbal et le mode non verbal (Blache et al. 2003, Bellengier et al. 2004). Ces deux types de composition sont accessibles par le clavier, la souris, ou une procédure de défilement contrôlée par un capteur binaire, selon le degré de motricité des utilisateurs (Blache et al. 2004) (une version de démonstration de la PCA est disponible sur le site www.aegys.com).

La composition en mode verbal s'effectue à l'aide d'un clavier virtuel orthographique statique complété par un clavier dynamique de proposition de mots. Le moteur de prédiction implanté dans PCA utilise un lexique très couvrant du français et propose une prédiction contextuelle incluant l'information sur les traits morphosyntaxiques associées aux entrées du lexique ainsi qu'un modèle utilisateur qui prend en compte les habitudes langagières de l'utilisateur par apprentissage.

La composition en mode non verbal s'effectue à l'aide d'un clavier d'icônes. La base d'icônes générale partagée par tous les utilisateurs regroupe environ 750 pictogrammes qui ont été dessinés à partir d'une chartre graphique et sémantique élaborée par le Laboratoire Parole et Langage. Elle couvre des besoins communicationnels variés. La base comprend environ 200 verbes (les verbes les plus courants et des verbes spécialisés utilisés par exemple dans le domaine médical), environ 200 noms communs (désignant des objets, des lieux, des personnes, etc.), une cinquantaine d'adjectifs, les pronoms, les adverbes, les déterminants, les prépositions les plus courantes, et les nombres. La base comprend de plus les icônes représentant les lettres et les phonèmes qui permettent de créer des claviers alphabétiques ou phonétiques. Chaque utilisateur pourra ensuite créer et ajouter, via une interface facile d'accès, ses propres icônes (à partir de photos numériques par exemple). Le système incorpore un module de reformulation iconique qui génère, à partir de la séquence d'icônes composée, une phrase en langage naturel syntaxiquement et sémantiquement correcte (Blache et al. 2007).

Nous décrivons dans cet article les propriétés du système de communication PCA. Dans la section 2, nous présentons les différentes modalités d'accessibilité permettant à l'utilisateur handicapé d'interagir avec le système. Dans la section 3, nous décrivons le principe de fonctionnement de la PCA Orthographique. La PCA Iconique, interface dédiée à la communication non verbale, est présentée section 4.

2. Modalités d'accessibilité et interaction avec le système

2.1. Les modalités d'accessibilité

La problématique sous-jacente au contrôle de l'environnement informatique par des personnes atteintes de déficiences motrices porte essentiellement sur la question suivante : comment des personnes dans l'incapacité physique de manipuler le clavier ou la souris de l'ordinateur peuvent-elles accéder aux divers services et applications distribués par les éditeurs de logiciels ? La solution que nous avons développée met en perspective de façon cohérente les périphériques de contrôle développés avec les différentes modalités d'accessibilité.

Dans le domaine de l'ergonomie logicielle, le périphérique clavier et le périphérique souris jouent des rôles bien distincts :

- Le périphérique clavier est sollicité à chaque opération réclamant la saisie d'un texte ou d'une chaîne de caractères (par exemple entrer l'adresse d'un site web dans une fenêtre de navigation sur internet, saisir le nom d'un fichier, etc.). La plupart des applications grand public distribuées sur le marché nécessitent l'utilisation du clavier (mise à part peut être les logiciels de jeu vidéo). Certaines applications, via le biais de raccourcis clavier, donnent accès par le clavier à des opérations de commande (par exemple sélectionner une commande dans un menu déroulant).
- Le périphérique souris joue un double rôle. Il permet d'une part de positionner le curseur de la souris à l'écran (mode de pointage) et d'autre part d'effectuer des opérations sur l'objet pointé en activant les boutons de la souris (clics souris). Les actions déclenchées par le périphérique souris sont multiples : ouverture d'une application, sélection d'une commande dans un menu déroulant, déclenchement d'une action en cliquant sur un bouton, sélection d'une fraction d'un texte, d'une zone de l'écran, etc. Les éditeurs de logiciels ayant donné la préférence au contrôle logiciel via des interfaces graphiques, il est aujourd'hui rare de trouver une application qui ne nécessite l'utilisation du périphérique souris.

Trois modalités d'accessibilité sont proposées pour contrôler le logiciel PCA, selon le degré de motricité de chaque utilisateur. Quelle que soit la modalité d'accessibilité employée pour composer un message, les grands principes d'utilisation de la PCA ainsi que l'interface graphique restent inchangés. Ainsi, un utilisateur amené à changer de modalité d'accessibilité au cours de l'évolution de sa pathologie n'aura pas à réapprendre le fonctionnement du logiciel (c'est le cas par exemple pour les utilisateurs atteints d'une pathologie neurodégénérative ou pour les utilisateurs en phase de remédiation). Les trois modalités d'accessibilité implantées dans PCA sont les suivantes :

- *La modalité « clavier »* : L'utilisateur interagit avec l'ordinateur en utilisant le clavier physique de l'ordinateur, c'est-à-dire en appuyant sur les lettres et les touches de fonction du clavier. Cette modalité requiert de l'utilisateur la capacité de déplacer le bras au dessus du clavier (le mouvement peut être lent), de sélectionner la touche (un guide-doigts peut être utilisé pour pallier des tremblements non contrôlés) et d'exercer une pression sur la touche. L'utilisateur est alors en mesure d'effectuer toutes les opérations du type saisie de texte. Les opérations déclenchées normalement à partir du périphérique souris (pointage et clics souris) devront être effectuées de façon alternative. Pour ce faire, une souris virtuelle, c'est-à-dire une application contrôlée à l'aide des touches du clavier qui permet de déplacer et positionner le curseur de la souris à l'écran et d'activer les clics souris, devra être utilisée.
- *La modalité « souris »* : L'utilisateur a la possibilité de contrôler le déplacement du curseur de la souris à l'écran, en utilisant la souris standard de l'ordinateur, un trackball ou un joystick. Cette modalité peut être proposée à un utilisateur possédant encore la motricité du poignet (même de faible amplitude). Des solutions alternatives, consistant par exemple à associer les déplacements du pointeur de la souris aux mouvements de la tête de l'utilisateur filmé par une webcam, peuvent aussi être retenues comme procédé de pointage. L'activation des clics souris est réalisée au moyen d'un clavier virtuel dont les touches sont sélectionnées par une interaction binaire déclenchée par un capteur ou d'un contacteur. Dans ce cas, l'utilisateur a la capacité de contrôler un mouvement intentionnel (pression du doigt, émission d'un souffle, clignement de la paupière,

etc.) détecté par le capteur. Un mode pour sélectionner automatiquement, au bout d'un certain délai, la touche virtuelle à activer pourra être implanté. De même, les opérations de saisie de texte nécessiteront l'utilisation d'un clavier virtuel permettant la sélection des caractères alphanumériques.

- *La modalité « défilement »* : L'utilisateur a la capacité de contrôler un mouvement intentionnel qui est transformé en interaction binaire. Le contrôle de l'environnement informatique se fait alors par l'intermédiaire de claviers virtuels affichés à l'écran. Un curseur défile sur les touches des claviers virtuels. Lorsque le curseur passe sur la touche désirée, l'utilisateur sélectionne la touche virtuelle en activant le capteur. Cette modalité d'accessibilité nécessite le développement d'une souris virtuelle et d'un clavier de lettres virtuel fonctionnant suivant le principe de défilement.

Notre plateforme multimodale de contrôle de l'environnement informatique (PCA Pilote) intègre ainsi, quelle que soit la modalité d'accessibilité utilisée, des claviers virtuels jouant le rôle des périphériques clavier et souris de l'ordinateur :

- Un clavier de lettres virtuel fonctionnant en mode défilement ou en mode souris
- Une souris virtuelle fonctionnant en mode défilement contrôlée par des méta-événements du type interaction binaire

Ces outils sont complétés par un dispositif matériel adéquat en termes de capteurs et compatibles pour une gestion multimodale. Une présentation plus détaillée de la PCA Pilote est décrite dans Ader et al. 2007.

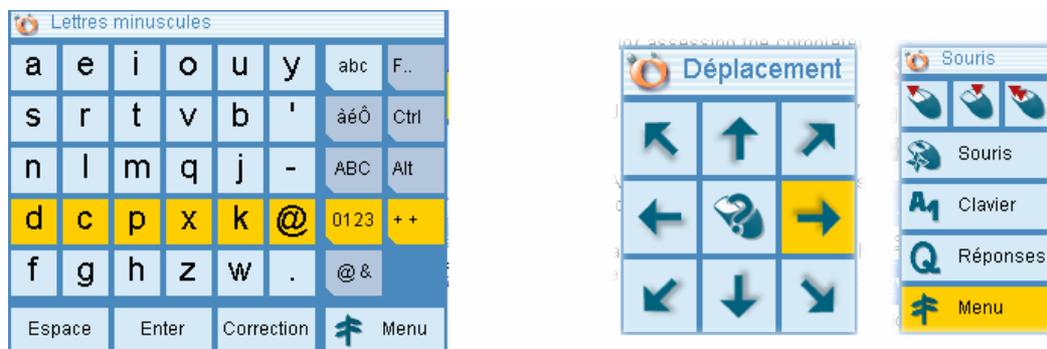


Figure 1 : Exemple de claviers virtuels composant le module PCA Pilote de contrôle de l'environnement informatique. A gauche, le clavier virtuel de lettres, au centre, le clavier permettant de déplacer le curseur de la souris, à droite, le clavier virtuel permettant d'émuler les clics souris.

2.2. Interaction avec le système : les capteurs

Nous faisons dans cette section un tour d'horizon des solutions disponibles à ce jour. Nous présentons dans un premier temps les capteurs de mouvements qui permettent aux personnes possédant une motricité réduite d'interagir avec l'environnement extérieur. Dans un deuxième temps, nous faisons le point sur les solutions logicielles proposées pour se substituer à l'utilisation des périphériques standard tels que le clavier et la souris de l'ordinateur.

2.2.1. Dispositifs du type interaction binaire

Un certain nombre de dispositifs électroniques ont été réalisés dans le but de détecter les mouvements intentionnels que l'utilisateur handicapé peut contrôler :

- Contacteur : l'impulsion est créée en appuyant sur ce dispositif (du type "champignon"). Une motricité très approximative est suffisante, il faut cependant être capable d'une part de contrôler le mouvement (par exemple du bras, du pied, etc.) et d'autre part d'exercer une pression sur le dispositif. Ce type de contacteur peut être décliné et utilisé de différentes façons : posé sur une table, accroché à une ceinture, fixé au fauteuil (par exemple en mentonnière), etc.
- Capteur de mouvement de faible amplitude : il s'agit d'un dispositif se déclenchant à l'aide d'une pression très faible. Il est en général utilisé pour détecter des mouvements de doigts de faible amplitude. Le dispositif peut être mécanique (interrupteur) ou électronique (type "touchpad")
- Capteur de mouvement : ces capteurs permettent de détecter un changement d'inclinaison, ils peuvent également être déclenchés par une accélération. Ils sont par exemple utiles pour détecter des mouvements de tête pouvant être lents ou rapides, verticaux ou horizontaux.
- Capteur de vibrations : ces capteurs piézo-électriques détectent les vibrations de la surface sur laquelle ils sont appliqués. Appliqués sur des zones bien déterminées de l'épiderme, ils peuvent être utilisés par exemple pour détecter la contraction de certains muscles.
- Capteur de clignements de paupière : un faisceau infrarouge émit par une fibre optique se réfléchit sur le globe oculaire et est capté en retour par la fibre. Lorsque la paupière est abaissée, la réflexion du faisceau est interrompue, ce qui déclenche l'impulsion du signal. Un tel procédé SCATIR est proposé depuis peu par la société Tash Inc. (USA).
- Capteur de souffle : l'impulsion est ici déclenchée par une inspiration ou une expiration dans un tube. Le seuil de déclenchement est réglable. Ce type de dispositif est indiqué pour les personnes tétraplégiques, avec une motricité de la tête réduite. La plupart de ces capteurs nécessitent cependant le contrôle des muscles labiaux et de la langue.

Tous ces capteurs sont de simples interrupteurs permettant d'interrompre ou de laisser circuler le courant électrique. Il est donc nécessaire de transformer le signal produit afin de le rediriger vers un des périphériques classiques de l'ordinateur. On utilise pour cela des boîtiers spécifiques munis d'une connectique adaptée.

2.2.2. Procédés nécessitant un traitement logiciel

Une nouvelle génération de capteurs de mouvements a récemment vu le jour. Il s'agit de procédés qui utilisent du matériel d'équipement informatique grand public (joystick, microphone, webcam, etc.) dont les signaux sont récupérés via les périphériques non standards de l'ordinateur (entrée manette de jeu, entrée microphone, entrée vidéo/webcam, etc.). Le signal est ensuite traité par une couche logicielle pour produire des méta-événements du type interaction binaire ou déplacement dans le plan (i.e. les événements qui servent à piloter le pointeur de la souris à l'écran).

- Capteur générique microphone : C'est un procédé générique proposé par la société Aegys (France) permettant de capter, à l'aide d'un microphone classique, les interactions telles que l'émission d'un son ou d'un souffle ainsi que le contact avec le capteur (une faible pression exercée sur le capteur suffit à déclencher l'interaction), le clignement de la paupière (détection des

vibrations induites par la contraction du muscle orbiculaire de l'oeil). S'agissant d'une solution logicielle, les paramètres comme le seuil de détection, la sensibilité, etc. sont réglables. Le signal brut est transformé par des algorithmes de traitement du signal audio en méta-événements du type interaction binaire.

- Procédé de pointage par suivi vidéo : Le principe est ici d'associer les déplacements du pointeur de la souris aux mouvements d'une partie du corps (généralement la tête et pour certains procédés les mouvements oculaires) placée dans le champ d'une caméra vidéo. Plusieurs sociétés distribuent ce type de procédés (Tracker 2000 par Madentec Limited, USA; QualiEye par QualiLife SA, Suisse; Visioboard par Metrovision, France; Quick Glance par EyeTech Digital Systems, USA, etc.), dont l'efficacité varie suivant la qualité des algorithmes de traitement d'images appliqués pour transformer la séquence vidéo en entrée en méta-événements du type déplacement dans le plan.
- Capteur de mouvement par suivi vidéo : L'objectif est ici d'associer à un mouvement spécifique (clignement de la paupière, déplacement de la main, etc.) l'émission d'un événement du type interaction binaire. La société QualiLife SA (Suisse) propose un tel procédé (QualiEye). Le fonctionnement du dispositif est néanmoins fortement parasité par les mouvements non contrôlés de plus grande amplitude (par exemple par les mouvements de la tête dans le cas du clignement de paupière).

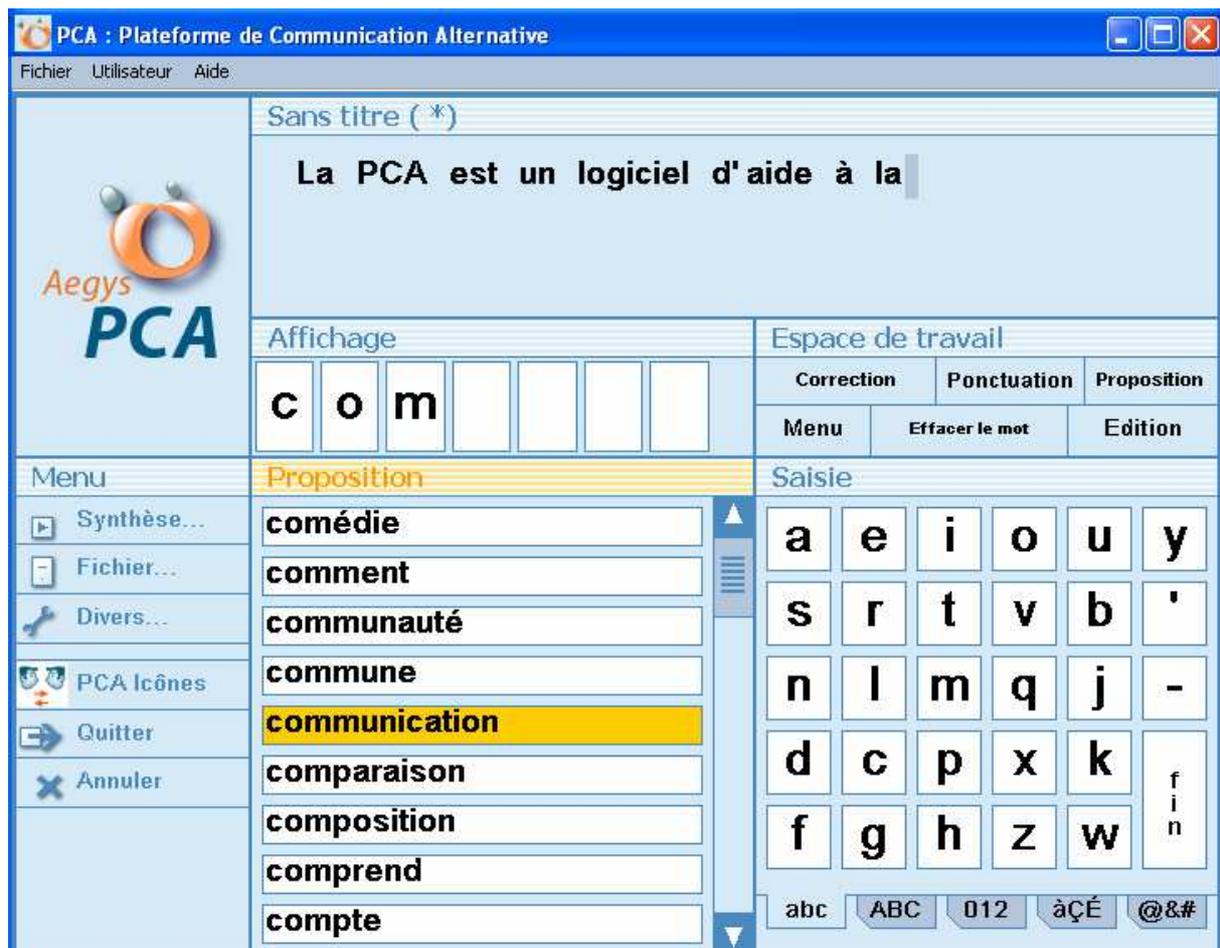


Figure 2 : L'interface graphique de la PCA Orthographique

3. Présentation de la PCA Orthographique

La PCA dans sa version orthographique est principalement destinée aux personnes possédant une bonne maîtrise de l'écrit, mais qui souffrent de sévères troubles moteurs les empêchant de la mettre en oeuvre naturellement. Le problème est tout d'abord de proposer une solution adaptée à chaque utilisateur handicapé pour piloter le logiciel d'aide à la communication. L'évaluation du niveau de motricité de l'utilisateur est donc fondamentale et la recherche de capteurs adaptés doit tenir compte des facteurs tels que le taux d'échecs, la charge cognitive, le confort, la rapidité et la fatigabilité de l'utilisateur. D'autre part, le problème réside dans la lenteur de saisie des messages écrits (en moyenne 1 à 5 mots par minute sur un clavier non dédié (Wandmacher et al. 2006)). Le logiciel d'aide à la communication doit donc proposer à l'utilisateur des procédés permettant d'accélérer la vitesse de composition des messages. Dans cette section, nous décrivons le clavier de lettres optimisé pour accélérer la saisie des messages et la stratégie à suivre pour composer des messages avec la PCA Orthographique.

3.1. Le clavier de saisie de lettres

Le clavier virtuel de lettres est présenté figure 2. Il s'agit d'un clavier statique dont la disposition des caractères est optimisée pour la modalité d'accessibilité défilement. Dans ce cas, la sélection des touches se fait selon un défilement ligne-colonne. Deux interactions avec le capteur sont ainsi nécessaires pour saisir un caractère, une interaction pour sélectionner la ligne contenant la touche et une interaction pour sélectionner la touche sur cette ligne. Le temps d'accès est proportionnel à la somme de la position de la ligne et de la colonne de la touche dans le clavier, voir par exemple (Copestake 1997). Les lettres sont donc disposées en diagonale suivant leurs fréquences d'utilisation (pour le français), des plus fréquentes en haut à gauche aux moins fréquentes en bas à droite (i.e. deux temps de défilement sont nécessaires pour accéder à la lettre *a*, trois pour *e* et *s*, quatre pour *i*, *r* et *n...*, neuf pour *-*, *k* et *z*). Nous avons choisi d'enfreindre localement cette organisation en fréquences afin de regrouper les voyelles sur la première ligne du clavier.

La touche intitulée «fin» est utilisée pour signaler la fin de saisie du mot lorsqu'une nouvelle entrée est ajoutée au lexique personnel de l'utilisateur. Un système d'onglets (les touches bleu-gris au bas du clavier) permet à l'utilisateur d'accéder aux autres jeux de caractères. On trouve notamment le clavier des majuscules, celui des chiffres, parenthèses, et symboles mathématiques, celui des caractères accentués, et le clavier des caractères spéciaux.

Afin d'éviter de changer d'onglets à chaque saisie de lettres accentuées ou majuscules, les touches du clavier de saisie représentent en fait plusieurs caractères. La touche *e* par exemple permet de saisir le caractère *e* ou ses diacritiques *è*, *é*, *ê* et *ë* ou le caractère *E*. La désambiguïsation entre ces différents caractères est réalisée automatiquement lorsque l'utilisateur sélectionne le mot souhaité dans la liste des mots proposés par le moteur de prédiction. Ce mécanisme permet de limiter l'utilisation des claviers de lettres accentuées ou de majuscules à la saisie des nouveaux mots ajoutés par l'utilisateur à son lexique personnel. Il offre de plus à l'utilisateur rencontrant à l'usage des problèmes d'accentuation la possibilité d'accéder à la bonne orthographe du mot.

3.2. La composition de messages

Le clavier dynamique de prédiction de mots occupe une place centrale dans la procédure de composition de messages. Il permet d'une part de réaliser une économie d'interactions et un gain de temps considérable. D'autre part, compte tenu de la très bonne couverture du lexique, la consultation de la liste des mots proposés offre à l'utilisateur un procédé pour vérifier l'orthographe du mot en cours de composition.

La composition d'une phrase s'effectue mot à mot en s'appuyant sur les propositions du système. Pour composer une phrase, il est recommandé de respecter le cycle d'opérations suivant :

- lecture de la liste des mots proposés par le moteur de prédiction;
- sélection du mot si il est présent dans la liste; le mot est ajouté à la phrase en cours de composition, la composition du mot suivant débute; les ajouts des espaces entre les mots et des majuscules en début de phrase sont gérés automatiquement;
- le mot n'est pas présent dans la liste, ajout d'une lettre au mot en cours de composition; l'opération est à reproduire jusqu'à l'apparition du mot souhaité dans la liste des propositions;
- en fin de phrase, saisie d'une ponctuation.

A tout moment, une touche de correction permet à l'utilisateur d'annuler la ou les dernières opérations effectuées.

Une fois le message composé, la PCA offre la possibilité de faire prononcer le texte par une synthèse vocale, de mémoriser le texte dans un fichier, d'envoyer le message par e-mail ou d'effectuer des opérations d'édition sur une partie du message.

3.3. Description du moteur de prédiction de mots

Le système de prédiction de mots implanté dans la PCA utilise un lexique général du français de 320 000 formes orthographiques dont les fréquences d'usage et les traits morphosyntaxiques associés sont fournis. Un lexique personnel permet de compléter le lexique général en mémorisant les mots inconnus composés par l'utilisateur. Un module d'apprentissage stocke les phrases produites au cours de la composition des messages et calcule les fréquences d'usage propres à l'utilisateur. Le moteur de prédiction possède ainsi un modèle utilisateur qui s'enrichit au fur et à mesure de l'utilisation du système. Le principe directeur du moteur de prédiction de mots est de proposer les mots les plus fréquents sur la base des informations de fréquence d'usage contenues dans les lexiques. Un module de prédiction morphosyntaxique vient ensuite modifier les fréquences lexicales en fonction du contexte syntaxique du mot en cours de saisie.

Le système propose à l'utilisateur N_{prop} propositions affichées dans un clavier dynamique (le nombre de propositions affichées est réglable, de 1 à 9 propositions). La liste des mots proposés évolue à chaque fois que l'utilisateur sélectionne une ponctuation ou un mot dans le clavier de propositions ou ajoute une lettre au mot en cours de composition.

Lorsqu'un nouveau mot ou une ponctuation est saisi, il est ajouté au contexte de la phrase en cours de composition (dans le cas d'un début de phrase, ce contexte est réinitialisé). Les fréquences provenant des lexiques sont initialisées. Le module de prédiction morphosyntaxique modifie la fréquence de chaque entrée lexicale en fonction des traits morphosyntaxiques qui lui sont associés, et compte tenu du contexte syntaxique de la phrase. Le module permettant de donner plus de poids aux phrases déjà composées par l'utilisateur est ensuite appliqué. Enfin, dans les cas d'élimination, les fréquences des graphies à rejeter sont mises à zéro.

Lorsqu'une nouvelle lettre est ajoutée au mot en cours de composition, deux opérations sont effectuées. La première consiste à mettre à zéro les fréquences des entrées correspondant aux propositions précédemment affichées (et donc non sélectionnées par l'utilisateur). La seconde opération consiste à appliquer un filtre qui élimine toutes les entrées qui ne commencent pas par les lettres déjà saisies.

Pour les deux types d'événements, les N_{prop} mots les plus fréquents sont ensuite extraits sur la base des fréquences recalculées et finalement triés par ordre alphabétique pour être affichés dans le clavier de proposition.

3.3. Le lexique général

Le lexique utilisé par le moteur de prédiction de mots de PCA est extrait du lexique DicoLPL (VanRullen et al. 2005). Il s'agit d'un lexique très couvrant du français comportant 440 000 entrées défactorisées correspondant à 320 000 formes orthographiques différentes. Pour chaque entrée, DicoLPL fournit la forme orthographique, la forme phonétisée, la catégorie morphosyntaxique, le lemme, et la fréquence d'usage. Les fréquences d'usage ont été calculées sur un corpus de 143 millions de mots environ tirés du journal Le Monde (VanRullen et al. 2005).

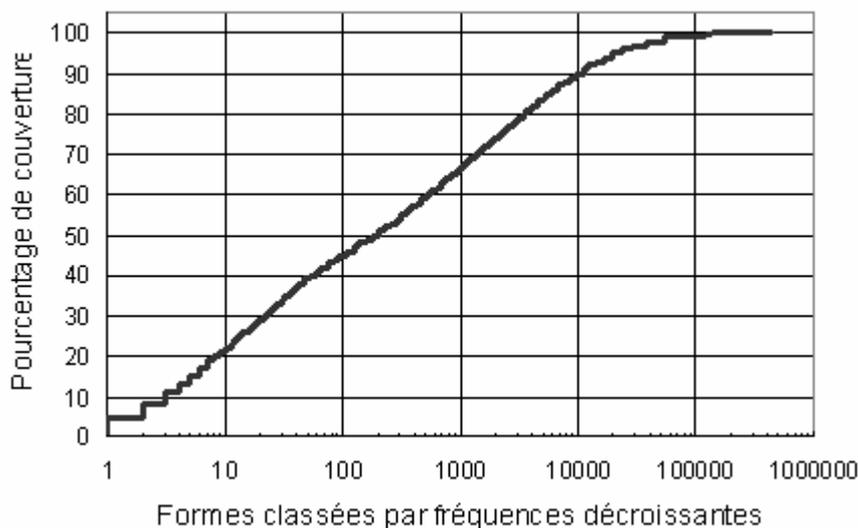


Figure 3 : Le taux de couverture du lexique dicoLPL en fonction des n-premières formes classées par fréquence décroissante

La figure 3 illustre quelles sont les propriétés de couverture associées au lexique DicoLPL. Sur l'axe des abscisses, les formes ont été classées par fréquences d'occurrence décroissantes. La forme 1 correspond ainsi à la préposition *de*, la forme apparaissant le plus fréquemment en français, suivie de la deuxième forme la plus fréquente *et*, etc. Sur l'axe des ordonnées est noté le taux de couverture des n premières formes les plus fréquentes. Ainsi, les 10 formes les plus fréquentes composent en moyenne 21% des énoncés du français, les 10 000 formes les plus fréquentes composent en moyenne 90% des énoncés, etc. Un lexique limité aux 10 000 formes les plus fréquentes couvrirait en moyenne 90% du français, ou autrement dit, pour des énoncés de 100 mots, 10 mots en moyenne seraient absents de ce lexique de 10 000 formes. Il est intéressant de noter que les 54 000 formes

les plus fréquentes couvrent 99% du français et que seules 181 000 des 444 000 formes composant notre lexique ont été observées dans le corpus de 143 millions de mots analysés. Les formes peu usitées, au nombre de 263 000, soit 60% du lexique environ, sont en majorité composées de verbes (à 80%), de noms communs (à 15%) et d'adjectifs (à 5%).

Chaque entrée du lexique général de PCA correspond à une forme orthographique à laquelle est associée sa fréquence générale et la liste des catégories morphosyntaxiques caractérisant le mot. Cette liste possède ainsi plusieurs éléments en cas d'ambiguïté syntaxique (e.g. l'entrée *montre* propose {*Noun*, *Verb*} comme catégories morphosyntaxiques).

3.4. Le lexique personnel et les fréquences propres à l'utilisateur

Lorsque l'utilisateur compose un mot inconnu, c'est-à-dire absent du lexique général, le mot est mémorisé, après une demande de confirmation, dans le lexique personnel de l'utilisateur. Par défaut, les mots inconnus ajoutés sont classifiés comme nom propre (c'est souvent pertinent en pratique compte tenu de la bonne couverture du lexique général). Les entrées du lexique général et du lexique personnel sont fusionnées pour former la liste des mots du lexique global.

3.5. Le module de prédiction morphosyntaxique

Le moteur de prédiction intègre un module morphosyntaxique qui modifie la fréquence de chaque entrée du lexique selon la liste des catégories morphosyntaxiques associée à l'entrée et en fonction du contexte syntaxique dans la phrase en cours de composition. Le modèle de langage adopté est ici un modèle stochastique sans notion de constituants ni de structures imbriquées. La grammaire probabiliste est apprise sur un corpus de phrases annotées morphosyntaxiquement. Nous avons utilisé le corpus du projet CLIF (des extraits tirés du journal *Le Monde* contenant 370 000 mots environ (Abeillé et al. 2001)). L'information syntaxique est représentée sous la forme de 24 catégories morphosyntaxiques pour lesquelles les traits de genre, de nombre et de personne sont disponibles lorsque pertinents.

Nous utilisons le modèle des patrons (Blache et al. 2006) pour calculer la probabilité de chaque entrée du lexique global compte tenu du contexte syntaxique constitué par la séquence des formes orthographiques déjà saisies dans la phrase. Le modèle des patrons, une sous-classe des modèles de Markov cachés, présente des avantages par rapport aux modèles de *N-grammes*. La phase d'apprentissage de la grammaire probabiliste sur le corpus CLIF fournit 224 patrons de taille variable qui permettent de calculer la probabilité en contexte à affecter aux entrées du lexique.

3.6. L'évaluation du système de prédiction

L'évaluation écologique d'un système d'aide à la communication pour personnes handicapées est un problème complexe qui fait appel à des domaines de connaissances aussi variés que la psychologie, l'ergonomie, la psycholinguistique et la linguistique.

Le premier problème rencontré est celui du dispositif d'interaction entre l'utilisateur et la machine support du système. Un certain nombre de solutions techniques (contacteurs, capteur de mouvements, capteur de souffle,...) sont aujourd'hui proposées mais il est difficile d'évaluer leur

efficacité en termes de taux d'échecs, de fatigabilité, de confort. L'évaluation et le diagnostic du dispositif le mieux adapté à la motricité de l'utilisateur sont pourtant fondamentaux, ils conditionnent en pratique l'utilisation ou non du système d'aide à la communication.

L'évaluation de l'ergonomie de l'interface du logiciel est un autre problème. Il s'agit ici de quantifier en termes de durée et de nombre d'interactions les différentes tâches effectuées par l'utilisateur au cours de la composition de messages. Les coûts associés à la tâche de repérage d'un mot dans une liste, d'un caractère dans un clavier dynamique de lettres ou le coût associé à la procédure d'annulation en cas d'erreur de saisie, doivent être estimés. De nombreuses métriques d'évaluation sont proposées dans la littérature (voir à ce sujet Vigouroux et al. 2004), mais qui ne couvrent qu'une partie de la totalité des processus cognitifs mis en oeuvre.

Enfin, la procédure d'évaluation doit prendre en compte les compétences linguistiques et la stratégie de communication de chaque utilisateur. Il est montré dans Wandmacher et al. 2006 que les performances des aides à la prédiction de mots varient de façon importante suivant le type de registres de langage considérés. Comment modéliser alors le registre de langage produit par l'ensemble des utilisateurs d'un système d'aide à la communication ? De même, quel poids doit-on accorder aux erreurs linguistiques produites par l'utilisateur durant le processus d'évaluation (voir à ce sujet Boissière et al. 2007) ?

Nous avons adopté la démarche proposée par Boissière et al. 2006 qui consiste à n'évaluer qu'une sous-partie du système, à savoir l'impact du moteur de prédiction de mots sur les performances de l'utilisateur. La métrique utilisée pour évaluer le modèle de langage du système sur un corpus est le *taux d'économie de saisies* défini par l'équation :

Keystrokes saving rate = $1 - (\text{Nbr de caractères saisis} - \text{Nbr de validations}) / \text{Nbr de caractères total}$

Le nombre de caractères saisis ne tient pas compte du procédé employé pour sélectionner les caractères sur le clavier virtuel de lettres. Nous n'évaluons donc pas ici l'apport de l'organisation du clavier de lettres. Le nombre de validations correspond au nombre de sélections de mot dans la liste de mots proposés. Le modèle ne rend pas compte du coût cognitif associé au repérage du mot dans la liste des propositions et des possibles carences en orthographe de l'utilisateur.

La figure 4 présente la variation du taux d'économie de saisies en fonction de la taille de la liste des propositions. Les résultats sont obtenus sur une tranche de 500 mots et lorsque 8 000 mots ont été appris par le modèle utilisateur. Les barres en gris foncé représentent les résultats pour le moteur complet. Le taux d'économie de saisies augmente comme attendu avec le nombre de propositions, mais un tassement est observé à partir de 5 propositions (augmentation de 4% entre 3 et 5, de 2,5 entre 5 et 7, et de 1,5% entre 7 et 9 propositions). Il n'apparaît donc pas nécessaire d'augmenter plus encore le nombre de propositions, le gain en performance étant contrebalancé par le coût cognitif associé à la tâche de repérage du mot recherché dans la liste des propositions.

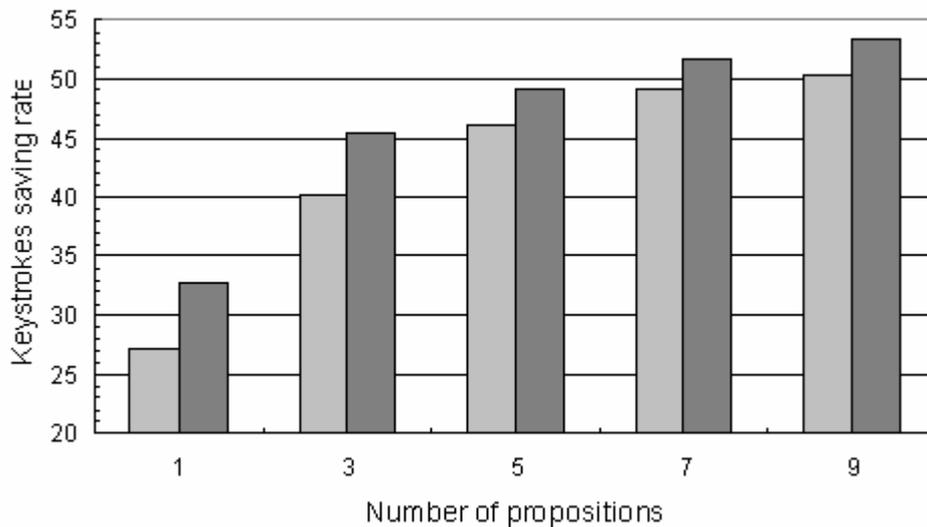


Figure 4 : Le taux d'économie de saisies en fonction de la taille de la liste des propositions (1, 3, 5, 7 ou 9 mots proposés). En gris clair, les valeurs pour une prédiction basée seulement sur les fréquences du lexique général. En gris foncé, l'économie réalisée pour le moteur complet (fréquences + apprentissage + module morphosyntaxique)

La performance du moteur de prédiction de mots de la PCA Orthographique est bonne, comparable avec les résultats obtenus par le système Sibylle (Wandmacher et al. 2007). Pour une liste de 5 propositions, le taux d'économie de saisies s'élève environ à 50%, c'est le même taux que celui mesuré pour Sibylle sur les corpus de type journaux et sans intégrer le module basé sur l'analyse sémantique latente.

Nous avons essayé d'analyser l'apport des différentes composantes de notre moteur de prédiction de mots. Les barres en gris clair sur la figure 4 représentent le taux d'économie de saisies pour notre moteur de prédiction amputé de son module de prédiction morphosyntaxique, de la prise en compte des fréquences propres à l'utilisateur et de l'arbre des phrases (pour des raisons techniques, le lexique personnel a été conservé). Le moteur de prédiction établit alors la liste des mots proposés sur la seule base des fréquences du lexique général, sans notion de contexte. On observe que c'est le facteur dominant du modèle (pour 5 propositions, le taux d'économie de saisies est supérieur à 45%). Pour les cas à 5, 7 ou 9 propositions, l'intégration des autres modules dans le moteur élève le taux d'économie de saisies de 3% environ. Nous avons aussi testé le moteur sans le module morphosyntaxique et avec apprentissage (gain de 2%) et avec la prédiction morphosyntaxique et sans apprentissage (gain de 2%).

4. Présentation de la PCA Iconique

La composition en mode non verbal s'effectue à l'aide d'un clavier d'icônes (voir figure 5). La base d'icônes générale partagée par tous les utilisateurs regroupe environ 750 pictogrammes qui ont été dessinés à partir d'une chartre graphique et sémantique élaborée par le Laboratoire Parole et Langage, et testée par de nombreux utilisateurs. Elle couvre des besoins communicationnels variés.

La base comprend environ 200 verbes (les verbes les plus courants et des verbes spécialisés utilisés par exemple dans le domaine médical), environ 200 noms communs (désignant des objets, des lieux, des personnes, etc.), une cinquantaine d'adjectifs, les pronoms, les adverbes, les déterminants et les prépositions les plus courants, et les nombres. La base comprend de plus les icônes représentant les lettres et les phonèmes qui permettent de créer des claviers alphabétiques ou phonétiques. Chaque utilisateur pourra ensuite créer et ajouter, via une interface facile d'accès, ses propres icônes (à partir de photos numériques par exemple).

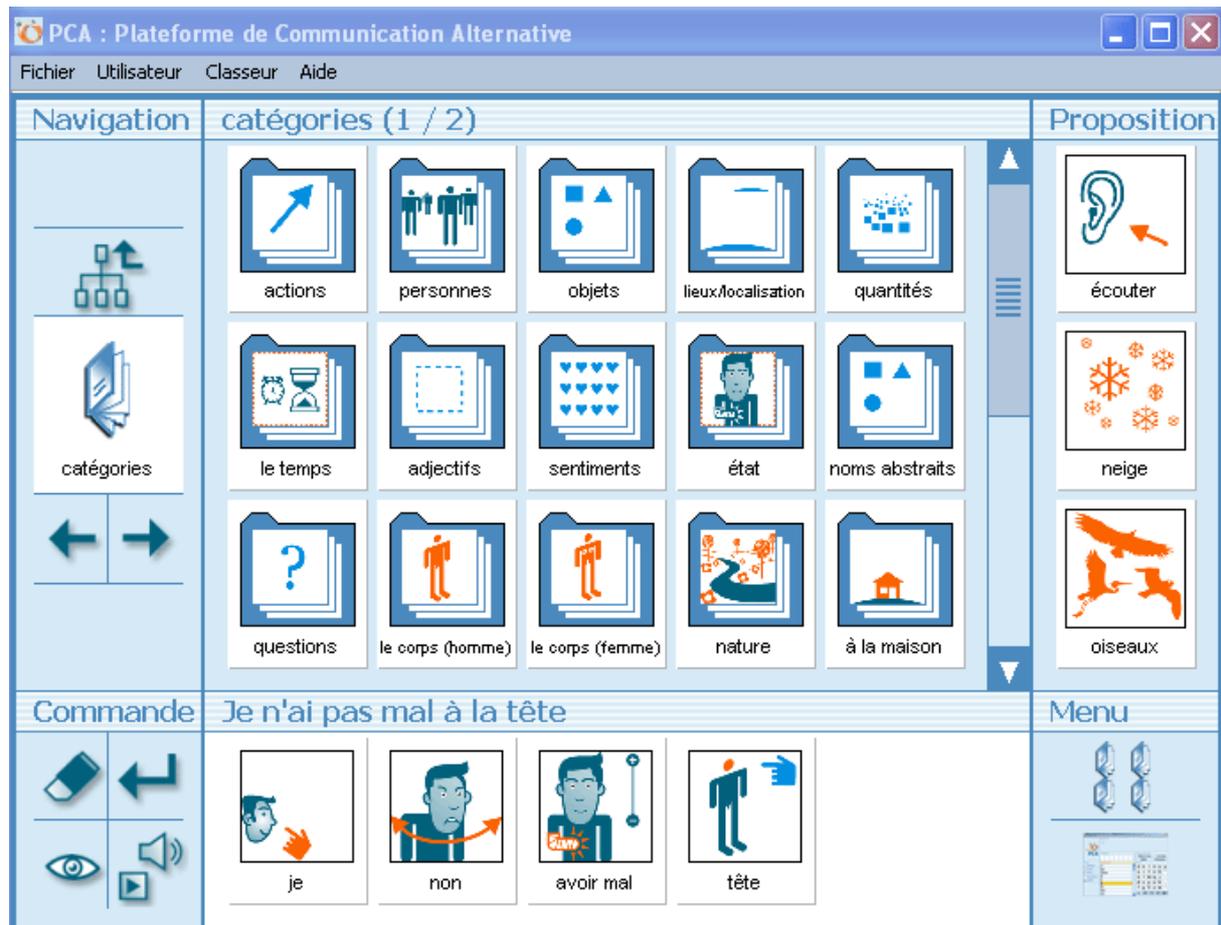


Figure 5 : L'interface graphique de la PCA Iconique

4.1. Le module de reformulation iconique implantée dans PCA

La question de la reformulation en langage naturel d'un message composé d'une séquence d'icônes a été adressée par de nombreux auteurs (voir par exemple Abraham 2000, Abraham 2006).

Deux problèmes doivent être abordés. D'une part, quelles sont les informations syntaxiques et sémantiques à associer à chaque icône, ou autrement dit, quelles informations nécessaires à la génération doit-on faire porter sur le lexique ? D'autre part, comment gérer simultanément les contraintes syntaxiques et les contraintes sémantiques dans le cas d'une entrée qui est de fait incomplète, certaines informations étant absentes de la séquence à traiter ?

4.1.1. Les informations linguistiques nécessaires à la génération

La finesse des informations linguistiques associées aux items du langage conditionne en pratique les performances du module de reformulation. Dans le cas d'un système fermé par exemple, c'est-à-dire un système ne permettant pas l'ajout de nouveau matériel lexical, une description aussi fine que possible des propriétés syntaxiques et sémantiques de chaque item est souhaitable. Dans le cadre de la communication non verbale proposée par la PCA, nous avons opté pour un autre choix. Il nous est apparu indispensable que l'utilisateur puisse enrichir son matériel lexical par des additions ou des modifications de la base d'icônes fournie par défaut. L'ouverture du système conditionne sévèrement les choix d'implémentation des règles de reformulation.

En effet, l'utilisateur ou la personne l'accompagnant auront à renseigner, pour chaque nouvel item créé, les informations nécessaires au module de reformulation en langage naturel. La formulation des informations linguistiques doit ainsi être assez simple pour être accessible à tous (c'est-à-dire à des personnes ne possédant pas une expertise particulière dans le domaine de la linguistique).

Nom	Les noms propres et les noms communs
Verbe	Les verbes
Locution verbale	Les verbes suivis d'une locution, ex. "prendre garde"
Adjectif	Les adjectifs qualificatifs
Préposition	Les prépositions, ex. "à", "de", "avec", etc.
Adverbe	Les adverbes, ex. "souvent", "très", "facilement"
Déterminant	Les articles définis, indéfinis, démonstratifs, possessifs
Pronom	Les pronoms personnels et démonstratifs
Et/ou	Les conjonctions de coordination "et" et "ou"
Négation	La négation "ne...pas"
Question	Les unités interrogatives du type "Quand", "Comment", "Qui", etc.
Nombre	Les chiffres et les nombres
Lettre	Les lettres ou groupes de lettres
Phrase	Les phrases ou parties de phrases qui ne sont pas reformulées

Figure 6 : La liste des catégories syntaxiques du module de reformulation de PCA

Le module de reformulation implanté dans PCA se base ainsi sur un lexique comportant des informations linguistiques minimales. A chaque icône est associée une des catégories syntaxiques listées figure 6. Les informations sémantiques associées à chaque entrée du lexique sont très limitées. Il s'agit principalement de spécifier la nature des noms communs (personne, objet, lieu ou transport) et les prépositions associées aux verbes.

4.1.2. Les règles de reformulation

Les règles de reformulation implantées dans PCA sont issues d'un compromis entre la volonté d'interpréter le maximum de messages iconiques composés tout en demandant un minimum d'informations nécessaires pour caractériser les propriétés syntaxique et sémantique des icônes. De plus, nous avons été amenés à effectuer certains choix d'interprétation pour les situations présentant

Ajout d'une unité lexicale

- Le déterminant devant un nom commun : "père" + "et" + "mère" → "le père et la mère"
- Le pronom sujet : "vouloir" + "dormir" → "je veux dormir"
- Une préposition entre le verbe et le complément : "il" + "entrer" + "chambre" → "il entre dans la chambre"
- La préposition "de" entre deux noms : "clé" + "voiture" → "la clé de la voiture"
- La préposition "de" entre le nom suivi d'un pronom : "lit" + "je" → "mon lit" (littéralement "le lit de moi")

Gestion des accords

- Accord déterminant-nom : "fruits" → "les fruits"
- Accord nom-adjectif : "beau" + "fille" → "la belle fille"
- Accord sujet-adjectif : "elles" + "être" + "gentil" → "elles sont gentilles"
- Accord sujet-verbe : "vous" + "vouloir" + "journal" → "vous voulez le journal"
- Mise au pluriel : "les" + "enfant" → "les enfants"

Formation de la négation

- Positionnement de la négation : "Pierre" + "non" + "venir" → "Pierre ne vient pas"

Déclinaison des pronoms

- Nominatif (pronom sujet) : "ils" + "mange" → "ils mangent"
- Accusatif (pronom COD) : "je" + "voir" + "elle" → "je la vois"
- Datif (pronom introduit par la préposition à) : "je" + "parler" + "à" + "il" → "je lui parle"
- Oblique (pronom introduit par une autre préposition que à) : "je" + "aller" + "chez" + "tu" → "je vais chez toi"

Gestion des phénomènes linguistiques particuliers

- Elision : "le" + "enfant" → "l'enfant"
- Contraction : "je" + "aller" + "à" + "le" + "cinéma" → "je vais au cinéma"

Concaténation des chiffres en nombre

- Concaténation et transformation en déterminant : "je" + "avoir" + "1" + "5" + "an" → "j'ai 15 ans"

Concaténation des lettres ou groupe de lettres

- Si le message est exclusivement composé de lettres : "b" + "on" + "j" + "ou" + "r" → "bonjour"

Figure 7 : Les règles de reformulation implantées dans PCA



Figure 8 : Un exemple de message reformulé

une ambiguïté sémantique. Nous avons opté pour les règles de reformulation décrites figure 7. Une illustration de message reformulé est présentée figure 8.

Ces règles ont été isolées dans des fichiers ressources externes au programme. Cette architecture nous offre ainsi une certaine souplesse pour faire évoluer la caractérisation et le degré de couverture de l'ensemble des messages interprétables.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article les grands principes qui régissent la Plateforme de Communication Alternative. Le moteur de prédiction de mots de la Plateforme de Communication Alternative, version orthographique, utilise un lexique général du français très couvrant, 320 000 formes orthographiques pour lesquelles les fréquences d'usage et les traits morphosyntaxiques associés sont connus. Un lexique personnel permet de compléter le lexique général en mémorisant les mots inconnus composés par l'utilisateur. Le moteur de prédiction possède un modèle utilisateur qui calcule les fréquences d'usage propres à l'utilisateur et mémorise les phrases produites au cours des utilisations répétées du système. Le moteur intègre de plus un module de prédiction morphosyntaxique qui pondère les fréquences des mots prédits en fonction du contexte syntaxique de la phrase en cours de composition.

Nous avons conduit l'évaluation du système, plus précisément l'évaluation du modèle de langage du moteur de prédiction de mots, en mesurant le taux d'économie de saisies sur un corpus de test. Les résultats sont satisfaisants, le taux d'économie de saisies est d'environ 55% pour une liste de 9 propositions. La PCA dans sa version orthographique est principalement destinée aux personnes possédant une bonne maîtrise de l'écrit, mais qui souffrent de sévères troubles moteurs les empêchant de la mettre en oeuvre naturellement. Les utilisateurs de la PCA Orthographique (une cinquantaine aujourd'hui) sont dans l'ensemble très satisfaits des fonctionnalités offertes par le système. Le principal problème rencontré réside en fait dans la recherche du capteur le plus adapté au niveau de motricité de l'utilisateur.

Pour la PCA Iconique, une cinquantaine de systèmes PCA munis du module de reformulation ont été distribués à ce jour, équipant des particuliers, des professionnels et des structures d'accueil (une version de démonstration est disponible sur le site www.aegys.com). Il est encore trop tôt pour avoir une évaluation fiable de l'apport du module de reformulation aux besoins communicationnels des utilisateurs. Néanmoins, les retours qui nous sont parvenus sur l'utilisation du module sont encourageants. Il apparaît que l'oralisation du message reformulé par la synthèse vocale offre à l'utilisateur un contrôle naturel de sa production. Le phénomène est observé aussi bien dans le cadre d'une utilisation de la PCA comme outil de communication que dans le cadre d'une utilisation de la PCA au sein d'un protocole de rééducation.

6. Références

- Abeillé, A. ; Clément, C. ; Kinyon, C. ; Toussanel, F. (2001) Un corpus français arboré : quelques interrogations, in Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles, p. 33-42, volume 1, 2-5 juillet 2001, Tours, France
- Abraham, M. (2000), Reconstruction de phrases oralisées à partir d'une écriture pictographique, in Actes, Handicap' 2000, Paris, 15-16 juin 2000, IFRATH.
- Abraham, M. (2006) Altérations de la communication dialogique : Le statut de la langue dans la palliation des troubles de la parole, in Actes de la conférence IFRATH, Handicap 2006, 7-9 juin 2006, Paris, France,
- Ader, M.; Blache P.; Rauzy, S. (2007) Souris et claviers virtuels pour le contrôle alternatif de l'environnement informatique, in Actes de ASSISTH (Accessibilité et systèmes de suppléance aux personnes en situations de handicaps), p. 1-8 (Cederom), 19-21 novembre 2007, Toulouse, France
- Bellengier E. ; Blache, P. ; Rauzy, S. (2004) PCA : un système d'aide à la communication alternatif évolutif et réversible, in Actes de la conférence ISAAC 2004, p. 78-85, 6-8 mai 2004, Neuchâtel, Suisse
- Blache, P. ; Rauzy, S. (2003), Linguistic resources and cognitive aspects in alternative communication, in Proceedings SICS-8, p. 431-436, février 2003, Santiago de Cuba, Cuba
- Blache, P. ; Rauzy, S., (2004) Une plateforme de communication alternative, in Actes des Entretiens Annuels de l'Institut Garches, p. 82-93, 26-27 novembre 2004, Issy-Les-Moulineaux, France
- P. Blache and S. Rauzy",
- Blache, P. ; Rauzy, S., (2006) Mécanismes de contrôle pour l'analyse en Grammaires de Propriétés, In Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles, p. 415-424, 10-13 avril 2006, Leuven, Belgique
- Blache, P. ; Rauzy, S. (2007) Le module de reformulation iconique de la Plateforme de Communication Alternative, in Actes du workshop RLCAA, conférence TALN, p. 519-528, volume 2, 5-8 juin 2007, Toulouse, France
- Boissière, P. ; Dours, D. (2000), « Un système d'aide à l'écriture basé sur un principe d'auto-apprentissage et adapté à tous les handicaps moteurs », in Actes Handicap' 2000, Paris, 15-16 juin 2000, IFRATH, p. 81-86.
- Boissière, P. ; Schadle, I. (2006) Proposition d'un cadre méthodologique d'évaluation des systèmes d'assistance à la saisie de textes : Applications aux systèmes Sybille et VITIPI, in Actes de la conférence IFRATH, Handicap 2006, p. 81-86, 15-16 juin 2006, Paris, France
- Boissière, P. ; Bouraoui, J.-L. ; Vella, J.-L. ; Lagarrigue, A. ; Mojahid, M. ; Vigouroux, N. ; Nespoulous, J.-L., (2007) Méthodologie d'annotation des erreurs en production écrite. Principe et résultats préliminaires, in Actes du workshop RLCAA, conférence TALN, p. 529-538, volume 2, 5-8 juin 2007, Toulouse, France
- Brangier, E. ; Gronier, G. (2000), Conception d'un langage iconique pour grands handicapés moteurs aphasiques, in Actes Handicap' 2000, Paris, 15-16 juin 2000, IFRATH.
- Copestake, A. (1997), Augmented and Alternative NLP Techniques for Augmentative and Alternative Communication, in Proceedings, ACL workshop on NLP for Communication Aids, Madrid, p. 37-42.
- Le Pévédic, B. (1997) Prédiction Morphosyntaxique évolutive dans un système d'aide à la saisie de textes pour des personnes handicapées physiques, Thèse de Doctorat I.R.I.N. (No. ED-82-269),
- Maurel, D. ; Fourche, B. ; Briffault, S. (2000), HandiAS : Aider la communication en facilitant la saisie rapide de textes, in Actes Handicap' 2000, Paris, 15-16 juin 2000, IFRATH.

Paroubek, P. ; Rajman, M. (200) MULTITAG, une ressource linguistique produit du paradigme d'évaluation, in Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles, p. 297-306, 16-18 octobre 2000, Lausanne, Suisse

Pasero, R. ; Sabatier, P. (1995), Guided Sentences Composition : Some problems, solutions, and applications, in Proceedings NLULP'95, Lisbonne, p. 97-110.

Schadle, I. (2003) Système linguistique d'aide à la communication pour personnes handicapées, Thèse de l'Université de Bretagne Sud, Vannes, France

Vaillant, P. (1997), Interaction entre modalités sémiotiques : de l'icône à la langue, Thèse de doctorat, Université Paris XI, Orsay, CNRS, INLF.

Vanrullen, T. ; Blache, P. ; Portes, C. ; Rauzy, S. ; Maeyhieux, J.-F. ; Guénot, M.-L. ; Balfourier, J.-M. ; Bellengier, E. (2005) Une plateforme pour l'acquisition, la maintenance et la validation de ressources lexicales, in Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles, p. 41-48, Paris, France

Vigouroux, N.; Vella, F. ; Truillet, P. ; Raynal, M. (2004) Evaluation of ACC for text input by two groups of subjects: Able-bodied subjects and disabled motor subjects, in proceedings of the 8th ERCIM Workshop, User Interface for All, 28-29 juin 2004, Vienne, Autriche

Wandmacher, T. ; Antoine, J-Y. (2006) Adaptation de modèles de langage à l'utilisateur et au registre de langage : expérimentations dans le domaine de l'aide au handicap, in Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles, p. 630-639, 10-13 avril 2006, Leuven, Belgique

Wandmacher, T. ; Béchet, N. ; Barhouim, Z. ; Poirier, F. ; Antoine, J-Y. (2007) Système Sibylle d'aide à la communication pour personnes handicapées : modèle linguistique et interface utilisateur, in Actes du workshop RLCAA, conférence TALN, p. 539-548, volume 2, 5-8 juin 2007, Toulouse, France