



HAL
open science

Souris et claviers virtuels pour le contrôle alternatif de l'environnement informatique

Morgane Ader, Philippe Blache, Stéphane Rauzy

► **To cite this version:**

Morgane Ader, Philippe Blache, Stéphane Rauzy. Souris et claviers virtuels pour le contrôle alternatif de l'environnement informatique. ASSISTH (Accessibilité et systèmes de suppléance aux personnes en situations de handicaps), Nov 2007, Toulouse, France. pp.1-8. hal-00244493

HAL Id: hal-00244493

<https://hal.science/hal-00244493v1>

Submitted on 7 Feb 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.

Souris et claviers virtuels pour le contrôle alternatif de l'environnement informatique

Morgane Ader
Laboratoire Parole et Langage
CNRS & Université de
Provence, France
morgane.ader@lpl-aix.fr

Philippe Blache
Laboratoire Parole et Langage
CNRS & Université de
Provence, France
philippe.blache@lpl-aix.fr

Stéphane Rauzy
Laboratoire Parole et Langage
CNRS & Université de
Provence, France
stephane.rauzy@lpl-aix.fr

RESUME

Nous décrivons dans cette contribution les principales phases de conception et de développement du module PCA Pilote, une application permettant un contrôle alternatif de l'environnement informatique sans utiliser les périphériques clavier et souris de l'ordinateur. L'utilisateur pilote l'application par l'intermédiaire d'un capteur de mouvement de type interaction binaire qui contrôle la sélection des touches de claviers virtuels présentés à l'écran. La solution s'adresse aux personnes handicapées dont la motricité est réduite. Elle offre la possibilité d'accéder à l'ensemble des applications et services (navigation sur internet, domotique, e-services, ...) installés sur l'ordinateur de la personne handicapée.

Mots clés

Contrôle de l'environnement informatique, accessibilité, capteur de mouvements, souris virtuelle, clavier virtuel, ergonomie

1. INTRODUCTION

L'informatique offre aujourd'hui une variété de services et de solutions techniques de plus en plus riches et diversifiés (aide à la communication, domotique, e-services, etc.). Pour les personnes handicapées, peut-être même plus encore que pour les personnes valides, l'ordinateur est un outil puissant qui est en mesure d'améliorer considérablement l'intégration sociale et la qualité de la vie au quotidien.

A ce jour, les trois grands systèmes d'exploitation les plus distribués (Windows, Unix/Linux et MacOS) ne proposent que de façon très marginale des modalités d'accessibilité autres que les périphériques standards de l'ordinateur : le clavier et la souris. Une personne dans l'incapacité de manipuler le clavier et la souris de l'ordinateur sera ainsi dans l'impossibilité de contrôler directement l'environnement informatique, et de ce fait ne pourra pas bénéficier des divers services et applications proposés sur le marché.

Les organismes de recherche et les sociétés spécialisés dans le développement d'applications informatiques pour le monde du handicap proposent plusieurs solutions complémentaires. Le problème consiste tout d'abord à élaborer des capteurs capables de détecter les mouvements intentionnels que la personne handicapée est en mesure de contrôler (contrôle d'une manette ou d'un joystick, manipulation de contacteurs, mouvements de la tête, émission d'un son, d'un souffle, clignements de la paupière, etc.). Ces capteurs sont connectés aux périphériques d'entrée de l'ordinateur, soit de manière directe comme par exemple un joystick ou un microphone, soit par l'intermédiaire d'un boîtier qui émule l'un des périphériques d'entrée (par exemple un contacteur qui commande le clic gauche de la souris). Ces capteurs sont destinés à contrôler deux familles distinctes d'applications : les logiciels dédiés et les logiciels de contrôle de l'environnement.

Les logiciels dédiés sont des applications qui ont été spécifiquement conçues pour être contrôlées à partir des capteurs et des périphériques non standards de l'ordinateur. C'est le cas par exemple des logiciels d'aide à la communication qui sont optimisés dans le but d'accélérer la saisie des messages composés. D'un point de vue ergonomique, les logiciels dédiés sont certainement les plus efficaces puisque dès la phase de conception, ils intègrent dans leur principe de fonctionnement des modalités d'accessibilité alternatives. Il en résulte généralement une économie d'interactions ainsi qu'un gain de temps considérable, deux facteurs clé dans les cas de fatigabilité importante (voir par exemple [6]).

Les logiciels de contrôle de l'environnement sont des applications qui permettent de piloter la souris et le clavier de l'ordinateur à partir des capteurs connectés aux périphériques non standards. Il peut s'agir par exemple d'une souris virtuelle qui fonctionne avec un système de défilement contrôlé par un capteur de souffle, d'une application qui associe les déplacements de la souris aux mouvements de la tête de l'utilisateur filmé par une webcam, etc. Si l'on doit privilégier l'utilisation d'applications dédiées lorsqu'elles existent, le développement de logiciels pilotant souris et clavier reste nécessaire. Ils offrent en effet la possibilité d'utiliser l'ensemble des applications et services installés sur l'ordinateur de la personne handicapée.

On trouve actuellement sur le marché quelques applications permettant le contrôle de l'environnement informatique. Ces logiciels sont cependant d'une efficacité encore limitée, d'un coût trop élevé pour certains, et difficiles à adapter au cas

par cas aux spécificités de l'utilisateur handicapé, aucun d'entre eux ne répondant de façon satisfaisante à l'ensemble des besoins des utilisateurs en général. De plus, il est parfois nécessaire de recourir à l'utilisation simultanée de plusieurs de ces applications pour parvenir à un contrôle total de l'environnement. Enfin, compte tenu de la diversité et de l'éclatement des solutions proposées en termes de capteurs et de logiciels, il est difficile en pratique pour les professionnels de diagnostiquer la solution adaptée pour un patient donné.

Nous présentons dans cette contribution le module de contrôle de l'environnement informatique PCA Pilote. Ce module a été développé suite à la demande des utilisateurs de la Plateforme de Communication Alternative (PCA, voir par exemple [4]), un logiciel d'aide à la communication pour personnes handicapées, en vue d'augmenter la plateforme de fonctionnalités telles que la consultation de la messagerie électronique, la navigation sur internet, etc. Cet article décrit les principales phases de la conception et du développement du module PCA Pilote. Dans la section 2, nous rappelons la problématique sous-jacente au contrôle de l'environnement informatique par des utilisateurs handicapés n'ayant pas accès aux périphériques clavier et souris. La section 3 est consacrée à l'étude des solutions existantes, c'est-à-dire les capteurs de mouvement aujourd'hui disponibles et les applications proposant un contrôle alternatif de l'ordinateur. Enfin, la PCA Pilote est présentée section 4.

2. CONTEXTE GENERAL

La problématique sous-jacente au contrôle de l'environnement informatique par des personnes atteintes de déficiences motrices se résume à 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 ? Nous nous proposons de répondre à cette question en mettant en perspective de façon cohérente les fonctions des périphériques de contrôle et les différentes modalités d'accessibilité proposées à l'utilisateur handicapé selon son degré de motricité.

2.1 Le rôle des périphériques clavier et souris

Dans le domaine de l'ergonomie logicielle, le périphérique clavier et le périphérique souris jouent des rôles bien distincts (voir par exemple [1]).

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 a 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.

2.2 Les différentes modalités d'accessibilité

Nous avons été amenés, au cours de nos travaux sur l'accessibilité et notamment durant la phase de conception et de développement d'un logiciel d'aide à la communication pour personnes handicapées, la Plateforme de Communication Alternative (voir par exemple [3], [2] et [4]), à distinguer trois modalités d'accessibilité correspondant au degré de motricité de l'utilisateur handicapé.

2.2.1 La modalité clavier

L'utilisateur interagit avec l'ordinateur en utilisant le clavier physique de l'ordinateur, c'est-à-dire en pressant les touches 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.

2.2.2 La modalité pointage et sélection

L'utilisateur contrôle 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.

Le clic souris est émulé par un capteur ou 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.

2.2.3 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.

3. ETUDE DES SOLUTIONS EXISTANTES

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 clavier et souris.

3.1 Les capteurs

3.1.1 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. Il est souvent difficile, voire impossible, de connecter plusieurs de ces capteurs simultanément.

3.1.2 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, l'émission d'un souffle, 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).

3.2 Les logiciels existants

3.2.1 Souris virtuelles

Un certain nombre d'applications permettent de simuler les actions réalisées par la souris. Certaines ne gèrent que l'émulation des clics souris (c'est le cas par exemple des applications Mouse Tool/Nib Click-Less (Designer Appliances Inc., USA) et Point-N-Click (Polital Enterprises LLC, USA)) et sont recommandées pour une utilisation en modalité d'accessibilité souris (voir section 2.2.2).

D'autres applications se substituent entièrement à l'emploi du périphérique souris et gèrent le déplacement du curseur de la souris ainsi que l'émulation des clics. On peut citer notamment les logiciels Souricom (centre ICOM, Handicap International), QualiHome (société QualiLife, Suisse), Wivik (Prentke Romich Company, USA), KeyVit (Technology and Integration, Belgique). Le principe de fonctionnement de ces applications est assez similaire. Un clavier virtuel permettant de choisir la direction de déplacement de la souris est présenté à l'écran. Le clavier fonctionne en modalité d'accessibilité défilement (voir section 2.2.3). Lorsque la direction désirée est atteinte, l'utilisateur active son capteur, et le curseur de la souris se déplace dans la direction choisie. Pour arrêter le déplacement, l'utilisateur active de nouveau son capteur. Lorsque le curseur de la souris pointe sur la position désirée, l'utilisateur active un deuxième clavier lui permettant de choisir le type de clics souris à effectuer (clic droit, gauche, double clic, etc.), toujours suivant le principe de défilement automatique et validation par activation du capteur. Nous avons retenu ce principe de fonctionnement pour la souris virtuelle de la PCA Pilote (voir section 4).

3.2.2 Claviers virtuels

Les systèmes d'exploitation comme Windows ou MacOS proposent dans leurs options d'accessibilité un clavier virtuel pour remplacer l'utilisation du clavier physique. Une reproduction fidèle du clavier physique est affichée à l'écran, la saisie de caractères s'effectue en cliquant sur les touches virtuelles du clavier en modalité d'accessibilité souris, ou par un défilement ligne-colonne pour la modalité défilement. Si l'utilisation de ce type de clavier est encore acceptable en modalité souris, elle est par contre complètement inadaptée en modalité défilement pour réaliser des opérations de saisie de texte. Le temps de saisie d'un message est en effet beaucoup trop important, ce qui disqualifie en pratique l'utilisation de ces solutions (voir par exemple [9]).

Les organismes de recherche, associations et sociétés spécialisés dans l'adaptation informatique pour le monde du handicap ont développé des applications plus performantes, en améliorant considérablement l'ergonomie des claviers virtuels proposés (citons par exemple les logiciels Clavicom (centre ICOM, Handicap International), CVK (Plateforme Nouvelles Technologies de l'Hôpital Raymond Poincaré et école In'Tech Info), QualiKey (société QualiLife, Suisse), Wivik (Prentke Romich Company, USA), ScreenDoors 2000 (société Madentec, Canada), KeyVit (Technology and Integration, Belgique)). L'introduction d'un système de défilement bloc-ligne-colonne réduit notamment le temps d'accès aux touches virtuelles du clavier.

Il est toutefois regrettable que la plupart des claviers virtuels développés reproduisent la structure du clavier physique. Cette structure n'est ergonomiquement pas adaptée à la modalité d'accessibilité défilement (trop de touches sont proposées à l'utilisateur et ces touches ne sont pas regroupées selon la typologie des actions qu'elles déclenchent). Notons toutefois que des solutions optimisées sont proposées par le milieu académique (voir par exemple [5], [8], [7], [10]).

4. LA SOLUTION PCA PILOTE

Le module PCA Pilote a été développé suite à la demande des utilisateurs de la Plateforme de Communication Alter-

native en vue d'augmenter la plateforme de fonctionnalités telles que la navigation sur internet, l'accès à des logiciels de domotique, etc. La PCA est un logiciel dédié d'aide à la communication proposant les trois modalités d'accessibilité mentionnées section 2.2 (modalités clavier, souris et défilement). Dans sa version orthographique, l'application intègre un moteur de prédiction de mots très performant [2] et un modèle utilisateur qui prend en compte les habitudes langagières de l'utilisateur par apprentissage. L'interface de la PCA est composée d'un ensemble de claviers virtuels dont la disposition a été optimisée afin de réduire le nombre d'interactions, le temps de saisie et la charge cognitive associée à la composition de messages par l'utilisateur.

Pour répondre à la demande des utilisateurs de la PCA, nous avons intégré le module PCA Pilote qui permet un contrôle alternatif de l'environnement informatique. Dans un premier temps, nous décrivons le principe général de fonctionnement du module. Nous présentons ensuite une version minimaliste de la PCA Pilote constituée d'une souris virtuelle et d'un clavier virtuel de lettres. Dans la dernière section, nous décrivons les modifications apportées à cette version de base en vue d'améliorer l'ergonomie de la solution proposée.

4.1 Principe de fonctionnement

Le module PCA Pilote est composé d'un ensemble de claviers virtuels fonctionnant en modalité d'accessibilité défilement (voir section 2.2.3). La sélection d'une touche d'un clavier virtuel se fait par activation d'un capteur de type interaction binaire (voir section 3.1). A chaque touche virtuelle est associée une action qui est déclenchée lors de la sélection de la touche. Les actions sont préprogrammées et correspondent à l'émission séquentielle d'un ou plusieurs événements. On peut distinguer deux types d'événements :

Les événements système. Ceux sont les événements qui sont directement transmis au système d'exploitation. Il s'agit des événements permettant d'émuler les clics souris, de déplacer le curseur de la souris ou des événements de type clavier qui rentrent en jeu lorsque une touche du clavier physique est pressée. Parmi les événements de type clavier, on soulignera l'importance des *raccourcis clavier* qui permettent d'effectuer de nombreuses opérations sur l'application active.

Les événements internes. Ceux sont les macro-événements permettant de gérer les claviers virtuels du module (ouverture, fermeture, déplacement d'un clavier, etc.), ou d'effectuer des commandes générales (fermeture de l'application, synthétiser le texte sélectionné, etc.).

Ainsi, la conception du module PCA Pilote consiste à organiser de façon ergonomique les différentes actions nécessaires au contrôle de l'environnement informatique en regroupant ces actions au sein d'un nombre réduit de claviers virtuels.

4.1.1 Conception des claviers virtuels

Nous présentons figure 1 un exemple de clavier virtuel. Il s'agit du clavier de menu de la version minimaliste de la PCA Pilote. Il est constitué de quatre touches et d'une barre de titre qui donne accès aux fonctions de déplacement et de réglages du clavier (voir sous-sections suivantes). Le curseur défile automatiquement sur les touches du clavier puis sur la

barre de titre jusqu'à ce que l'utilisateur sélectionne la touche désirée en activant son capteur. Ici, le curseur est positionné sur la deuxième touche du clavier. Une touche virtuelle est représentée par une image, du texte ou par l'association des deux. Pour ce clavier, les actions associées aux touches sont du type événements internes. Les trois premières permettent de changer de clavier, la dernière émet une commande générale. Elles réalisent respectivement les actions :

- ouvrir le clavier de déplacement de la souris virtuelle;
- ouvrir le clavier virtuel de lettres;
- ouvrir le clavier de réglages générales;
- quitter PCA Pilote.

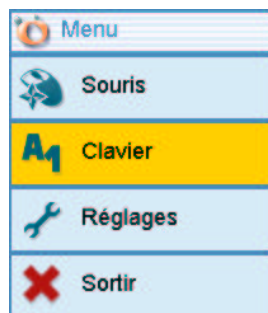


Figure 1: Exemple de clavier virtuel

L'organisation des claviers virtuels doit répondre à des contraintes ergonomiques liées d'une part à la nature des opérations réalisées par le module et d'autre part à la modalité d'accessibilité choisie pour sélectionner les touches virtuelles. La première étape consiste à regrouper les actions qui sont effectuées dans le même contexte. Par exemple, le clavier de menu présenté figure 1 joue le rôle de plaque tournante donnant accès aux différents claviers composant le module.

Pour chaque clavier, il est souhaitable de limiter le nombre de touches. L'objectif est d'une part de réduire la charge cognitive de l'utilisateur et d'autre part de limiter l'espace occupé par le clavier à l'écran. De plus, le principe de défilement conditionne le temps d'accès à la touche à sélectionner. Ce temps d'accès dépend du nombre total de touches du clavier et de leur disposition. Les actions devront donc être disposées sur le clavier en fonction de leur fréquence d'utilisation, ce qui réduit en pratique le temps d'accès aux actions les plus souvent réalisées.

Enfin, La disposition des touches et leur aspect visuel demandent une certaine homogénéité entre les claviers. Après avoir testé plusieurs formes de claviers, il apparaît que les plus ergonomiques sont ceux tout en hauteur avec une seule touche par ligne. Le défilement s'effectue alors ligne à ligne permettant à l'utilisateur d'anticiper sur le temps d'accès à la touche désirée.

4.1.2 Déplacement et masquage des claviers

En cours d'utilisation, un clavier virtuel peut masquer la partie de l'écran contenant les informations recherchées par l'utilisateur. Il est donc nécessaire de doter les claviers de deux options indispensables : le déplacement et le masquage temporaire.

Ces deux options sont accessibles en sélectionnant la barre

de titre, c'est-à-dire la touche située en haut du clavier et qui contient son nom (voir figure 1). Le clavier d'options s'affiche à l'écran. Il propose quatre flèches de direction pour déplacer le clavier dans une zone neutre de l'écran et une touche permettant de masquer temporairement le clavier. Une interaction avec le capteur permettra dans ce cas à l'utilisateur de réafficher le clavier à l'écran.

4.1.3 Réglages des paramètres des claviers

Tous les claviers virtuels de la PCA Pilote sont dotés des trois réglages suivants :

- réglage de la vitesse de défilement;
- réglage de la vitesse de déplacement du clavier;
- réglage de la taille du clavier (i.e. de la taille du texte).

L'utilisateur peut effectuer ces réglages pour chaque clavier en passant par la barre de titre. Le clavier d'options propose une touche *réglages* qui donne accès à ces paramètres. De façon alternative, l'utilisateur peut sélectionner la touche *réglages* du menu de la PCA Pilote. Dans ce cas, la modifications des paramètres affecte tous les claviers du module.

4.2 La version minimaliste de PCA Pilote

Dans un premier temps, nous avons développé une version du module qui reprenait l'ensemble des fonctionnalités proposées par les logiciels existants (voir section 3.2). Cette version est composée d'un clavier de menu qui permet d'accéder à une souris virtuelle et un clavier de lettres pour remplacer l'utilisation du clavier physique.

4.2.1 La souris virtuelle

La souris virtuelle est composé de deux claviers : un clavier pour déplacer le curseur de la souris à l'écran et un clavier pour émuler les différents clics souris.

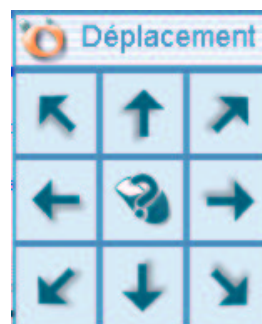


Figure 2: Le clavier de directions

Le clavier de déplacement. Ce clavier est présenté figure 2. Il permet à l'utilisateur de choisir dans quelle direction déplacer le curseur de la souris. Il est composé de huit touches de direction et d'une touche d'accès au clavier de clics (la touche centrale). Un paramètre de réglage permet d'afficher seulement quatre directions, en supprimant les obliques. Un second paramètre définit à quelle vitesse se déplacera le curseur.

Le défilement commence sur la touche centrale, puis continue dans le sens des aiguilles d'une montre en commençant par le nord. Lorsque l'utilisateur sélectionne une direction,

le clavier est rendu invisible et le curseur se déplace dans la direction sélectionnée. Pour stopper la progression du curseur, l'utilisateur actionne de nouveau son capteur et le clavier de déplacement s'affiche à nouveau. Il en est de même si le curseur atteint les limites de l'écran. Afin que le clavier de directions ne masque pas le curseur lorsqu'il est réaffiché, sa position est recalculée en fonction de celle du curseur de la souris pour apparaître dans le quart d'écran opposé au curseur. Une fois que l'utilisateur a placé le curseur à la position désirée, il ouvre le clavier de clics en sélectionnant la touche centrale.

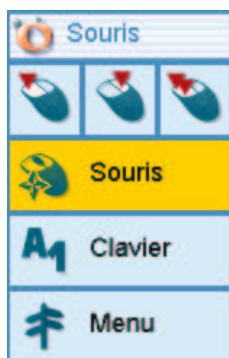


Figure 3: Le clavier de clics

Le clavier de clics. Ce clavier est présenté figure 3. Les trois touches de la première ligne sont associées aux événements système *clic gauche*, *clic droit* et *double clic gauche*. Le défilement propose ces touches successivement avant de passer à un défilement par ligne sur les trois touches restantes. Les touches suivantes permettent de retourner au clavier de déplacement, de basculer sur le clavier de lettres ou d'afficher le clavier de menu.

4.2.2 Le clavier de lettres

La PCA Pilote propose deux versions de clavier pour remplacer le clavier physique. Un clavier *azerty* qui reproduit fidèlement l'apparence du clavier physique à l'écran et un clavier ergonomiquement optimisé pour la modalité d'accessibilité défilement.

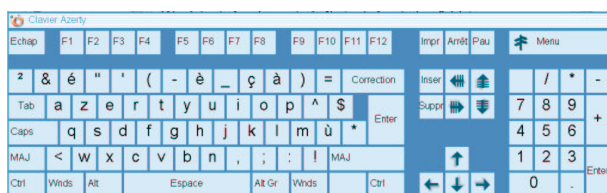


Figure 4: Le clavier azerty

Le clavier azerty. Le clavier *azerty* est présenté figure 4. Pour favoriser un accès plus rapide aux touches, le défilement sur le clavier se fait par blocs. Un premier bloc est constitué des touches de fonction en haut du clavier. Le défilement se poursuit sur les caractères puis sur les touches d'actions du pavé central. Le bloc suivant regroupe le pavé de flèches et le dernier contient le pavé numérique. Une fois qu'un des blocs est sélectionné, le défilement s'effectue en ligne puis en colonne. Une touche pour retourner au clavier de menu de la PCA Pilote a été ajoutée en haut à droite.



Figure 5: Le clavier optimisé de minuscules

Le clavier optimisé. Le clavier optimisé est présenté figure 5. Nous avons repris la disposition des caractères implantée dans le logiciel PCA version orthographique. La sélection des touches se fait selon un défilement ligne-colonne. Deux interactions avec le capteur sont donc nécessaires pour saisir un caractère. 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. 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 pour 'a', trois pour 'e' et 's', quatre pour 'i', 'r' et 'n', ..., neuf pour '-', 'k' et 'z'). Pour plus de clarté, nous avons regroupé les voyelles sur la première ligne du clavier et les touches spéciales 'espace', 'entrée' et 'correction' sur la dernière.

Un système d'onglets (les touches bleues gris sur la droite du clavier) permet à l'utilisateur d'accéder aux autres jeux de caractères. Sur la première colonne, on trouve le clavier des caractères accentués, celui des majuscules, celui des chiffres, parenthèses, et symboles mathématiques et le clavier de caractères spéciaux. Sur la seconde colonne, le premier onglet permet d'ouvrir le clavier des touches de fonctions (F1, F2, ...), le second et le troisième onglets permettent d'effectuer les raccourcis clavier utilisant les touches 'Contrôle' et 'Alt'. Enfin, le dernier onglet regroupe les touches particulières présentes sur le clavier physique telles que celles de l'insertion, de l'impression d'écran, du pavé de flèches, etc.

4.2.3 Evaluation du module

L'étape de développement achevée, nous avons procédé à l'évaluation du module. Dans un premier temps, nous avons comparé les mérites respectifs du clavier *azerty* et du clavier optimisé. L'expérience consistait à saisir dix phrases courtes dans le logiciel Microsoft Word au moyen des deux méthodes. Avant de commencer le test, nous avons montré à chaque sujet le principe de fonctionnement de chacun des claviers : Le défilement par bloc-ligne-colonne et la modification de l'interface lorsque les touches 'Maj' et 'AltGr' étaient saisies pour le clavier *azerty* et le défilement ligne-colonne et les différents jeux de caractères accessibles par les onglets pour le clavier optimisé. Pour la totalité des 10 sujets, le clavier optimisé a donné des temps de saisie plus courts. De plus, l'expérience montre que la manipulation du clavier *azerty* requiert plus d'attention que celle du clavier

optimisé. Nous recommandons donc fortement l'utilisation du clavier optimisé comme clavier de lettres.

Dans un second temps, trois scénarios (inspirés des attentes des utilisateurs de la PCA) ont été envisagés :

- Mise forme de texte dans le logiciel Microsoft Word;
- Recherche des programmes TV du jour sur internet;
- Consultation d'un compte de messagerie électronique sur internet.

L'étude de ces cas d'utilisation nous a montré les limites de la solution proposée. Les opérations de saisie de texte n'ont posé aucun problème particulier. Il n'en est pas de même pour les opérations impliquant la souris virtuelle. Il ressort que les opérations de déplacement du curseur de la souris prennent un temps beaucoup trop important et demandent un gros effort de précision. Nous proposons dans la section suivante une approche alternative permettant de régler une partie de ces problèmes.



Figure 6: Le clavier de menu de la PCA Pilote

4.3 La version complète de PCA Pilote

L'étape d'évaluation du module développé nous a montré les limitations inhérentes à l'emploi d'un système de souris virtuelle. Nous avons cherché des solutions alternatives permettant d'éviter au maximum l'utilisation du périphérique souris. Trois procédés ont été retenus :

- Emploi des raccourcis clavier;
- Défilement dans les menus d'application;
- Défilement dans les zones de texte.

Nous décrivons dans cette section les améliorations ergonomiques apportées au module de base par ajout de claviers supplémentaires. Les claviers ajoutés utilisent les trois procédés mentionnés plus haut pour fournir un accès alternatif au contrôle du système d'exploitation (ouverture, fermeture d'application, etc.) et aux opérations réalisées dans l'application active (navigation dans le menu de l'application, sélection d'une zone de texte, etc.). La version complète de la PCA Pilote permet de réaliser des opérations complexes et à ce titre nécessite de l'utilisateur un apprentissage. Cette

apprentissage pourra toutefois être réalisé par étapes, en fonction des besoins rencontrés par l'utilisateur.

4.3.1 Le clavier de menu

Le clavier de menu joue le rôle de plaque tournante du module. Il permet d'accéder directement (ou parfois en deux étapes) à tous les autres claviers. Il est le premier à être affiché lorsque la PCA Pilote est lancée. On remarquera par la suite que tous les autres claviers sont équipés d'un retour direct au menu. Cela évite en pratique de créer des chemins trop complexes lors de la navigation d'un clavier à l'autre. Le clavier de menu est présenté figure 6. Il est composé de 9 touches :

- la touche *Souris* ouvre le clavier de déplacement de la souris décrit section 4.2.1;
- la touche *Clavier* ouvre le clavier de lettres décrit section 4.2.2;
- la touche *Internet* ouvre un clavier dédié à la navigation sur Internet (voir section 4.3.2);
- la touche *Système* ouvre un clavier pour gérer le système d'exploitation (voir section 4.3.3);
- la touche *Flèches* ouvre un clavier regroupant les différentes flèches du clavier physique (voir section 4.3.6);
- la touche *Edition* ouvre un clavier utile pour piloter les applications du type traitement de texte (voir section 4.3.7);
- la touche *Réglages* ouvre le clavier de réglages des paramètres généraux décrit section 4.1.3;
- la touche *Retour vers PCA* permet de retourner dans l'application PCA;
- la touche *Sortir* permet de quitter la PCA Pilote.



Figure 7: Le clavier Internet

4.3.2 Le clavier Internet

Ce clavier est dédié à la navigation sur internet. Les quatre premières touches permettent de basculer sur les différents claviers vus précédemment. Les autres touches reproduisent la barre de navigation du navigateur Internet Explorer de Windows. Le nombre de touches étant trop important, seules les icônes ont été conservées. Ces fonctionnalités permettent d'ouvrir une nouvelle fenêtre Internet Explorer, d'accéder aux pages précédemment visitées, d'actualiser la page, d'accéder aux favoris, à l'historique, etc.

4.3.3 Le clavier Système

Ce clavier présenté figure 8 permet d'effectuer des actions assez fréquentes lors de l'utilisation d'un ordinateur. Il est composé de 8 touches qui ont pour fonction :

- de fermer la fenêtre active;
- d'ouvrir le répertoire "Mes Documents";
- d'ouvrir le menu démarrer de Windows;
- de basculer sur une autre application;
- de réduire toutes les fenêtres afin d'accéder au bureau;
- de répondre aux boîtes de dialogue Windows;
- d'ouvrir le menu d'une application;
- de retourner au menu général.

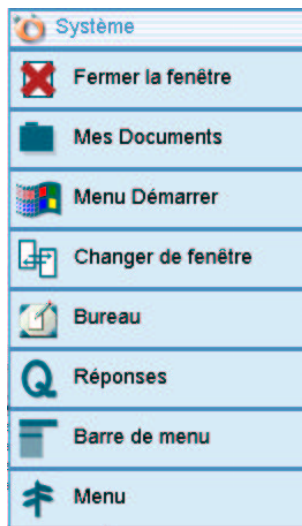


Figure 8: Le clavier Système

4.3.4 Le clavier de défilement dans les menus

Ce clavier s'ouvre automatiquement lorsque l'utilisateur sélectionne les touches *Menu Démarrer* ou *Barre de menu* du clavier Système. Il permet de lancer un défilement automatique sur les items du menu, puis de stopper le défilement sur l'item désiré par activation du capteur sans avoir à utiliser la souris.

4.3.5 Le clavier Réponses

Ce clavier comprend les réponses les plus souvent utilisées lors de l'ouverture de boîtes de dialogue Windows, comme par exemple pour des messages d'erreur ou de confirmation. Ce clavier permet alors d'éviter d'utiliser la souris virtuelle pour cliquer sur un des boutons de la boîte. En général, ce type de fenêtre bloque l'application en cours, il est donc nécessaire de pouvoir la fermer facilement.

4.3.6 Le clavier de Flèches

Ce clavier regroupe les touches de déplacement présentes sur le clavier physique. Elles permettent de nombreuses manipulations, notamment lors de la navigation dans l'explorateur Windows. Elles peuvent également être utiles pour interagir avec les applications de traitement de textes.

4.3.7 Le clavier Edition

Ce clavier est très utile pour le traitement de texte. Il regroupe les principaux outils d'édition. Ainsi, en plus des opérations courantes "couper", "copier", "coller", il permet d'enregistrer un document, de sélectionner une partie ou l'intégralité d'un texte et de synthétiser le texte sélectionné.

4.3.8 Le clavier Sélection

Ce clavier permet de sélectionner du texte avec précision. Il est accessible depuis le clavier d'édition. Les quatre flèches de la première ligne lancent à partir de la position courante du curseur un défilement automatique dans la direction choisie. Pour arrêter la sélection, le capteur est activé. Une fois que la sélection est terminée, l'utilisateur pourra couper ou copier le texte sélectionné ou le faire prononcer par la synthèse vocale.

5. CONCLUSION

Nous avons présenté le module de contrôle de l'environnement informatique PCA Pilote, qui permet de piloter un ordinateur par l'intermédiaire d'un capteur de type interaction binaire sans utiliser les périphériques clavier et souris. Dans un premier temps, nous avons développé un module minimaliste composé d'une souris virtuelle et d'un clavier de lettres virtuel fonctionnant suivant le principe de défilement. L'évaluation de la solution produite a montré les limitations inhérentes à l'emploi d'un système de souris virtuelle. Le module a alors été complété par des solutions alternatives qui réduisent en pratique l'utilisation de la souris virtuelle. Cette version complète de la PCA Pilote est actuellement évaluée par une ergonome auprès d'utilisateurs handicapés. Une version de démonstration sera prochainement disponible sur le site www.aegys.com.

6. REFERENCES

- [1] J. M. C. Bastien and D. L. Scapin. La conception de logiciels interactifs centrée sur l'utilisateur : étapes et méthodes. In *Ergonomie*, Paris, France, 2004. PUF.
- [2] E. Bellengier, P. Blache, and S. Rauzy. PCA : un système d'aide à la communication alternatif évolutif et réversible. In *Actes de la conférence ISAAC 2004*, pages 78–85, Neuchâtel, Suisse, 6-8 mai 2004.
- [3] P. Blache and S. Rauzy. Linguistic resources and cognitive aspects in alternative communication. In *Proceedings of SICS-8*, pages 431–436, Santiago de Cuba, 2003.
- [4] P. Blache and S. Rauzy. Une plateforme de communication alternative. In *Actes des Entretiens Annuels de l'Institut Garches*, pages 82–93, Issy-Les-Moulineaux, France, 26-27 novembre 2004.
- [5] P. Boissière and D. Dours. Vitipi : Un système d'aide à l'écriture basé sur un principe d'auto-apprentissage et adapté à tous les handicaps moteurs. In *Actes de la conférence IFRATH, Handicap 2000*, Paris, France, 7-9 juin 2000.
- [6] A. Copestake. Augmented and alternative NLP techniques for augmentative and alternative communication. In *Proceedings of ACL workshop on NLP for Communication Aids*. Madrid, Spain, July 12th 1997.
- [7] M. Raynal and N. Vigouroux. Genetic algorithm to generate optimized soft keyboard. In *First International conference for Human-Computer Interaction*, Portland, USA, April 2-7th 2005.
- [8] F. Vella and N. Vigouroux. Layout keyboard and motor fatigue : first experimental results. In *AMSE Journal*, volume 67, pages 22–31, April 2007.
- [9] N. Vigouroux, F. Vella, P. Truillet, and M. Raynal. 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*, Vienne, Autriche, April 28-29th 2004.
- [10] T. Wandmacher, N. Béchet, Z. Barhouim, F. Poirier, and J.-Y. Antoine. Système sibylle d'aide à la communication pour personnes handicapées : modèle linguistique et interface utilisateur. In *Actes du workshop RLCAA, conférence TALN*, volume 2, pages 539–548, Toulouse, France, 5-8 juin 2007.