

Article publié dans une revue scientifique à comité de lecture

Brangier E., **Gronier G.**, & Pino P. (2001). La conception d'icônes permettant la communication entre de grands handicapés moteurs aphasiques et leur entourage : éléments de communication palliative. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, Vol.2, n°2, pp. 31-54.

**LA CONCEPTION D'ICONES PERMETTANT LA
COMMUNICATION ENTRE DE GRANDS HANDICAPES
MOTEURS APHASIQUES ET LEUR ENTOURAGE : ELEMENTS
DE COMMUNICATION PALLIATIVE**

Par Eric BRANGIER*, Guillaume GRONIER* et Pierre PINO**

* Université de Metz, Laboratoire de Psychologie, Ile du Saulcy ; F-57045 METZ Cedex 1 ; E-mail :
brangier@zeus.univ-metz.fr et ggronier@club-internet.fr

** Université de Metz ; Laboratoire d'Automatique des Systèmes Coopératifs ; Ile du Saulcy ; BP 80794 ; F-57012
METZ Cedex 1 ; E-mail : pierre.pino@lasc.univ-metz.fr

LA CONCEPTION D'ICÔNES PERMETTANT LA COMMUNICATION ENTRE DE GRANDS HANDICAPES MOTEURS APHASIQUES ET LEUR ENTOURAGE : ELEMENTS DE COMMUNICATION PALLIATIVE

RESUME

Cet article fournit des éléments théoriques et pratiques sur la conception d'un langage d'icônes palliant les déficits interactionnels liés à l'aphasie et à la tétraplégie. En effet, les grands handicapés n'ont pas la possibilité d'interagir avec leur environnement, et, les langages d'icônes, de par leur économie de place à l'écran et de temps de sélection, mais aussi pour leur fort potentiel évocateur et leur capacité métaphorique, se présentent comme de bons moyens de renouveler leur expérience de l'interaction avec leur entourage. Les icônes sont ici envisagées comme des métaphores de phrases (représentant un état émotionnel, une requête de confort, des besoins physiologiques) contrôlées par le sujet et « verbalisées » par un ordinateur (synthèse vocale).

Dans une première partie les auteurs soulignent -à partir recherches menées en psychologie et ergonomie cognitives sur l'imagerie mentale, sur les métaphores dans l'interaction homme-machine et sur les pictogrammes- l'intérêt des icônes dans ce type de communication.

La deuxième partie est consacrée à la méthodologie de conception des icônes. Elle a consisté à partir des besoins des malades, puis à recueillir les représentations de 38 sujets sains concernant des phrases relatives au confort fonctionnel et émotionnel des handicapés. 1281 dessins ont été recueillis et analysés afin de dessiner 84 icônes dont la reconnaissance a été testée sur 43 sujets sains.

La troisième partie présente les résultats, c'est-à-dire les dessins d'icônes, et fournit des interprétations à la reconnaissance et non reconnaissance des icônes. Finalement, les auteurs concluent sur la nécessité de dépasser la validation de laboratoire et d'effectuer une validation clinique du langage proposé.

MOTS CLES : Communication palliative, Ergonomie cognitive, Icône, Langage iconique, Métaphore, Aphasie, Tétraplégie.

ICON BASED LANGUAGE DESIGN FOR APHASIA PERSONS WITH MOTOR IMPAIRMENTS : ELEMENTS OF AUGMENTATIVE AND ALTERNATIVE COMMUNICATION

SUMMARY

This article provides theoretical and practical elements on the conception of an icon-based language for aphasia disabled persons. Indeed, these persons do not have the possibility to interact with their environment, and, the icon are good resources to renew their experience of interaction with their social environment. Icons are envisaged as sentences metaphors (representing an emotional state, a comfort request, a physiological need) checked by the subject and verbalize by a computer (voice synthesis).

In a first part authors show a great number of research on mental imagery, on the metaphors in man-machine interaction and on the pictograms, and stress the interest of the icons in alternative and augmentative communication.

The second part concerned the design methodology. It consisted in collecting the representations of 38 subjects concerning sentences relating to the functional and emotional comfort of disabled persons. 1281 drawings were collected and analysed in order to draw 84 icons. Finally the icons recognition was tested on 43 healthy subjects.

The third part presents the results, i.e. the icon drawings, and provides interpretations to recognition and non-recognition of the icons. At the end, authors conclude on the need to exceed the laboratory validation and to carry out a clinical validation of the proposed language.

KEY WORDS: Augmentative and alternative communication, Cognitive ergonomics, Disabled persons, Icon Metaphor, Aphasia, Assistive technology, Technical aids.

LA CONCEPTION D'ICONES PERMETTANT LA COMMUNICATION ENTRE DE GRANDS HANDICAPES MOTEURS APHASIQUES ET LEUR ENTOURAGE

I. INTRODUCTION

Les personnes tétraplégiques et aphasiques comme Vigand (1997) et Bauby (1997), tous deux atteints de « *locked in syndrom* »¹, ont admirablement exprimé leur souffrance qu'ils caractérisent d'abord comme une absence de parole. Ils sont réduits à avoir des intentions sans action et sans verbalisation. Dans de tels cas, l'utilisation d'aides techniques de verbalisation peut apporter un confort supplémentaire à ces malades. Par exemple, l'usage de l'aide technique « Edith » par un malade atteint de sclérose latérale amyotrophique avait indiqué qu'environ 5% du temps journalier (soit une heure) était consacré à la sélection par le sujet de phrases énoncées par l'ordinateur (Brangier & Pino, 2000a). Ainsi, le fait de pouvoir faire dire par un ordinateur des phrases pré-enregistrées permet la satisfaction de certains besoins de communication. Pouvoir extérioriser ses émotions en les faisant dire par un ordinateur – par exemple « je vous fais une bise », « vous m'énervez », « pouvez-vous ouvrir la fenêtre ? » –, ce n'est pas exprimer des phrases banales, mais c'est exister comme un acteur consistant et interlocuteur à part entière.

Ceci étant, la présence de ces phrases à l'écran pose de nombreux problèmes :

- lisibilité et taille des caractères ;
- longueur des phrases ;
- la nécessaire traduction dans d'autres langues ;
- impossibilité de mettre plus de 10 à 15 phrases par écrans ;
- durée des transitions d'un écran vers un autre ;
- de plus, si les phrases sont à l'écran, l'interlocuteur du malade ne peut-il pas simplement les lire et lui répondre ?

Cet article aborde la question de la conception de langage d'icônes pour de très grands handicapés moteurs aphasiques. L'objectif de ces icônes est double : d'une part représenter sous une forme

¹ Atteinte cérébrale qui prive la personne de mouvement et de parole, littéralement : « fermé de l'intérieur ».

imagée des phrases, d'autre part faciliter la sélection de ces phrases par un malade, puis la verbalisation des phrases par un ordinateur. L'objectif de cette recherche est donc de proposer une nouvelle forme de dialogue entre les sujets handicapés moteurs et aphasiques et leur environnement afin de permettre la verbalisation de phrases pré-enregistrées, grâce à un langage iconique approprié.

Dans une première partie nous justifions le choix d'un langage iconique en rapportant un ensemble d'éléments théoriques qui militent en sa faveur. Dans une seconde partie, nous présenterons une démarche de conception d'icônes, puis en dernière partie, les résultats obtenus.

II. ICONES ET COMMUNICATION PALLIATIVE

Les icônes présentent de nombreux intérêts qui les rendent particulièrement pertinentes pour développer une communication palliative. Dans ce paragraphe nous allons récapituler les résultats de plusieurs recherches sur les icônes en insistant sur leur qualité, performance, interprétation par l'utilisateur, agencement sous la forme d'un langage, et finalement en montrant leur rôle dans l'élaboration des métaphores présentes dans les interfaces.

II.1. L'intérêt des icônes et d'un langage iconique

Pour des raisons d'économie de place à l'écran et de temps de sélection, mais aussi pour leur fort potentiel évocateur et leur capacité métaphorique, la mise en place d'un langage d'icônes, correspondant à des phrases, s'est imposée. Une icône correspond à une image d'objets, de mots ou d'actions réelles, rapportées à leurs éléments prototypiques et permettant une compréhension simple et une mémorisation efficace. L'icône synthétise et métaphorise une idée sous la forme d'un pictogramme. Un langage iconique, quant à lui, est un système d'icônes ayant une homogénéité esthétique (similarité), une organisation syntaxique (ordre), et une proximité des référents sémantiques désignés (cohérence des thèmes évoqués).

De nombreuses recherches ont démontré la supériorité de la communication pictographique sur la communication verbale dans le dialogue homme-ordinateur (Whiteside, Jones, Levy & Wixon, 1985 ; Guastello, Traut & Korienek, 1989). En présentant aux utilisateurs des commandes sous la forme iconique ou textuelle, Blankenberger et Hahn (1991) ont enregistré un temps de réaction bien en faveur du langage iconique, mais un nombre de reconnaissances égal pour les deux types de dialogue. Ceci étant, cet avantage de l'icône dépend en grande partie de la qualité représentative de l'icône, qui elle-même agit sur la qualité du dialogue homme-ordinateur. En effet, plus l'image

iconique est éloignée de l'objet qu'elle représente, moins elle est comprise. Arend, Muthig & Wandmacher (1987) soulignent la difficulté de créer une icône qui sera toujours comprise, alors que les mots, bien que plus long à décoder, ne présentent généralement aucune ambiguïté. Par conséquent, en accord avec Blankenberger *et al.* (1991), nous pensons qu'une mauvaise icône ne vaudra jamais mieux qu'un bon mot. A ce propos, Horton (1994) souligne que les icônes dans les interfaces graphiques ne doivent pas totalement remplacer les mots. Guastello *et al.* (1989) ont démontré que les objets graphiques composés de texte et d'image sont mieux compris que les objets composés uniquement de texte ou uniquement d'image.

II.2. Icônes et performances

La performance de l'icône tient au fait que l'image est plus facile à décoder que le mot dans la mesure où l'image fait directement référence au sens qu'elle véhicule, alors que le mot nécessite une lecture et un décodage préalables. Cela tient au fait que les images sont mieux préservées en mémoire que le matériel sémantique : "le traitement sémantique des énoncés (soit des mots), qui permet le stockage de représentations abstraites, de type propositionnel, se trouverait en quelque sorte "prolongé" par l'activité qui consiste pour le sujet à élaborer des représentations pourvues de propriétés structurales similaires à celles de la perception. Le sujet conserverait non seulement le produit terminal du traitement sémantique, sous forme propositionnelle, mais aussi celui du traitement complémentaire, sous forme de représentations imagées." (Denis, 1989)

icônesÉquivalent lexical La charge de la batterie est pleineA



Figure 1 : l'équivalence lexicale d'icônes.

Globalement, au niveau de l'interaction homme-machine, les icônes (figure 1) :

- permettent un meilleur apprentissage de l'interface ;
- facilitent la reconnaissance des mêmes commandes reprises dans différents contextes ;

- permettent une recherche rapide de l'information présente à l'écran ;
- ne nécessitent pas une compréhension lexicale de l'information, et sont généralisables d'une langue vers une autre ;
- tendent donc vers une normalisation universelle des interfaces ;
- par leur taille, prennent moins d'espace que leur équivalent lexical (McIlhagga, Light & Wakeman, 1998).

II.3. L'interprétation des icônes

L'interprétation d'une icône consiste pour un individu à lui donner un sens à partir d'une représentation sémantique transitoire de l'objet. L'interprétation sera alors soumise à l'ensemble des capacités et des connaissances, linguistiques, sémantiques et pragmatiques, qui existent dans l'environnement cognitif de l'individu. Une icône n'a donc pas de sens *a priori*, car celui-ci se construit en fonction du contexte d'interprétation.

En accord avec Meunier (1999), nous pensons que le système sémiotique est composé de plusieurs éléments (contour, couleur, forme, pictogramme, etc.) qui seront analysés par l'individu en vue d'une interprétation partielle puis globale du système. Dans le cadre de cette recherche, les icônes sont composées de symboles, eux-mêmes composés de traits figuratifs primaires. La signification donnée à une icône dépendra donc de la compréhension des éléments qui la structurent. Néanmoins, tous les éléments qui composent l'icône ne servent pas forcément à sa compréhension. En effet, selon Horton (1994), l'image graphique est composée de trois entités :

- 1- le message, qui correspond au concept ou à l'idée que l'icône cherche à transmettre à l'utilisateur ;
- 2- les outils, qui ne font pas partie du message mais qui appuient sa signification et sa compréhensibilité ;
- 3- le bruit, qui interfère avec le sens du message pour le rendre plus ambigu ou totalement incompréhensible.

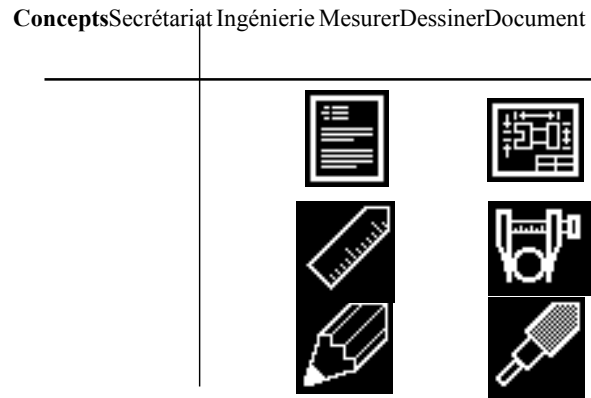


Figure 2 : Déclinaisons d'une icône en fonction de l'activité professionnelle (d'après Horton, 1994).

L'interprétation dépend donc de multiples critères subjectifs et visuels, de sorte que la signification d'une icône ne peut être unique ni même totalement maîtrisable. En effet, l'interprétation d'une icône dépend toujours de la situation dans laquelle elle est appréhendée. Ce contexte inclut les autres icônes présentes dans l'interface, les objets, les textes, et tout ce qui contribue aux environnements graphiques et physiques du système. Aussi, sera-t-il préférable d'adapter l'icône aux caractéristiques des utilisateurs et au contexte duquel ils dépendent (Figure 2).






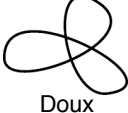
| | |
|---|---|
| <p>La synecdoque Consiste à représenter un concept par un objet qui lui est associé</p> |  Restaurant |
| <p>La litote Suggère une idée par la négation de son contraire</p> |  Liberté |
| <p>L'hyperbole Exagère une idée afin de la mettre en relief</p> |  Erreur système |
| <p>L'euphémisme Atténue l'expression d'un concept trop choquant</p> |  Bogue |
| <p>L'analogie synaesthétique Suggère une idée ou une impression par la forme d'un tracé</p> |  Aggressif  Doux |

Figure 3 : Exemples de figures rhétoriques appliquées aux icônes (Horton, 1994)

L'interprétation d'une icône dépendra également de sa distance articulatoire. La distance articulatoire est la différence qui sépare une image de sa signification. Plus la distance sera réduite, moins l'utilisateur devra fournir d'effort d'interprétation et mieux l'icône sera comprise. La distance articulatoire n'est pas mesurable, mais elle est indirectement observable. Ainsi, Blankenberger et al (1991) ont mesuré son effet en faisant varier le degré d'abstraction d'une série d'icônes. Leurs résultats ont montré que plus le niveau d'abstraction était élevé, plus la distance articulatoire était importante, et plus les performances (en terme de rapidité et de nombre d'erreurs) diminuaient. En effet, plus les icônes sont de nature abstraite, moins les sujets sont capables de les interpréter. (Moyes, 1994). Afin d'améliorer la qualité sémantique des icônes, Horton (1994) suggère de faire appel à certaines figures de rhétorique (synecdoque, litote, hyperbole, euphémisme, analogie synaesthétique) qui accentuent la signification et guident l'utilisateur dans sa compréhension de l'image (figure 3).

Dans cette quête de la signification des icônes, la métaphore joue un rôle fondamental. En effet, elle structure les icônes et leur compréhension, en permettant un transfert de sens de l'image au concept et inversement, et pour ce qui nous concerne, de l'icône à la phrase. Poulain (1996) définit la métaphore comme "le moyen de transposition d'une situation source et maîtrisée vers une situation cible, plus abstraite, plus complexe ou insuffisamment maîtrisée". En procédant par analogie, la métaphore applique aux objets, dont nous ne sommes pas familiers, les mêmes propriétés qu'aux objets dont nous sommes depuis toujours familiers (Norman, 1998).

Condon et Keuneke (1994) ont montré à quel point les métaphores structurent le modèle mental des utilisateurs. En différenciant trois types de métaphores (spatiale, interactive et basée sur l'activité), les auteurs ont démontré que les utilisateurs se construisaient un modèle mental et une représentation du système en fonction de la métaphore implémentée. En effet, les utilisateurs de l'interface basée sur une métaphore spatiale, dans laquelle était représentée une pièce en trois dimensions avec accessoires de bureaux, se sont formés un modèle mental organisé autour de l'ordonnement spatial des éléments présents à l'écran. Les utilisateurs de l'interface basée sur une métaphore interactive, présentée sous la forme de liens existant entre plusieurs systèmes, se sont construits un modèle mental de l'interface structuré autour de l'organisation de deux mondes, social et privé. Quant aux utilisateurs de l'interface basée sur une métaphore centrée sur l'activité, élaborée à partir du principe d'animisme qui consiste à attribuer aux objets des caractéristiques humaines (ici, le système interagissait avec l'utilisateur de façon à créer un dialogue dynamique), ceux-ci se sont formés un modèle mental des possibilités offertes par l'interface. Bien que pour Condon et Keuneke aucune approche métaphorique ne puisse prétendre être meilleure qu'une autre, certaines recherches ont démontré qu'il existait pourtant une forte corrélation entre les performances et le type de métaphore utilisé.

En effet, Miller et Stanney (1997), Smilowitz (1997) et Norman (1997) ont démontré que l'utilisation des métaphores influait significativement sur les performances d'utilisabilité. Les métaphores facilitent le transfert d'apprentissage et permettent la construction d'un modèle mental du système informatisé. Smilowitz (1997) a démontré que le nombre d'erreurs et le temps nécessaire à la réalisation d'une tâche étaient deux à trois fois plus faibles avec une interface métaphorique qu'avec une interface non-métaphorique. De plus, en combinant plusieurs métaphores

en une seule métaphore composite, les performances ont pu être encore améliorées. Cependant, l'auteur a révélé que toutes les métaphores ne parvenaient pas à un tel résultat, et que les mauvaises métaphores n'étaient pas plus efficaces que les interfaces non-métaphoriques (Smilowitz, 1997). Il existe donc plusieurs qualités de métaphores. Les travaux de Miller *et al.* (1997) confirment cette remarque et montrent qu'il est préférable d'employer des métaphores pictographiques, représentant fidèlement l'objet d'interaction, plutôt que des métaphores symboliques, plus abstraites donc plus ambiguës.

Devant les différentes formes de métaphores, il convient de connaître celles qui sont les plus efficaces dans l'interaction homme-machine et de comprendre leur fonctionnement. Les travaux de Carroll et Thomas (1982), Carroll et Mack (1985) et Carroll, Mack et Kellog (1988) décrivent trois approches de l'analyse métaphorique. La première, nommée "analyse opérationnelle" (Operational Analysis), mesure empiriquement l'utilisabilité des interfaces par le recueil de données comportementales. Elle permet de mettre en évidence l'efficacité et la facilité d'utilisation de certaines métaphores. La seconde approche, nommée "analyse structurale" (Structural Analysis), isole les éléments et les relations existants entre les domaines sources et cibles des métaphores afin d'en dégager les "méta-relations". Ces méta-relations décrivent les liens analogiques qui associent la métaphore à l'objet (ou au concept) original. Elles mettent ainsi en évidence les processus de l'élaboration métaphorique. La dernière approche est pragmatique. Ces auteurs précisent, en effet, que l'emploi de la métaphore dépend de la complexité de la situation et qu'une interface métaphorique n'est pas toujours justifiée. Celle-ci dépendra du contexte. Il s'agit, par conséquent, de comprendre comment et à quelles fins les utilisateurs utilisent les métaphores, afin de dégager certaines généralités qui guideront la conception d'une interface métaphorique ou non-métaphorique.

Enfin, les interprétations pouvant s'effectuer à plusieurs niveaux d'abstraction (figure 4), les individus, par principe d'économie cognitive, se cantonnent plus facilement à une interprétation concrète des icônes qu'à une interprétation abstraite, laquelle nécessite un transfert des éléments concrets à un niveau plus conceptuel.

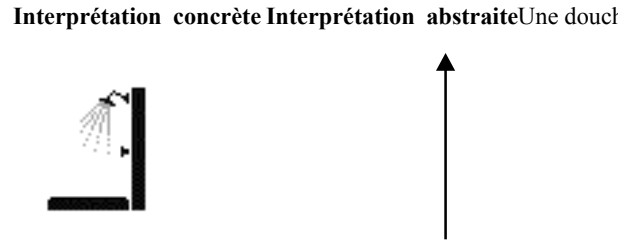


Figure 4 : Illustration de plusieurs niveaux d'interprétation.

II.4. Assemblage d'icônes : les langages iconiques

La diversité et la quantité de langages iconiques soulignent les difficultés d'élaboration d'un code universel et met également en évidence l'existence de deux grandes catégories de langages iconiques :

- la première a pour objectif de généraliser une communication non orale et de devenir un standard des échanges symboliques. On pourra citer la Sémantographie de Bliss (1963), composée d'une centaine de symboles fondamentaux qui peuvent être combinés les uns aux autres, ou l'ISOTYPE de Neurath, qui fonctionne sur le même principe, mais qui utilise des pictogrammes plus représentatifs (figure 5).

L'ISOTYPE de Neurath Exemples de symboles et de combir

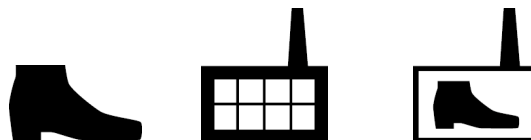


Figure 5 : Exemples de codes pictographiques destinés à standardiser une communication non orale (d'après Horton, 1994).

- la seconde catégorie est essentiellement destinée aux personnes handicapées moteurs sans langage articulé. Les codes pictographiques sont généralement l'objet de travaux et d'expériences isolées. Le code CORNUSSE développé par les orthophonistes Gicquiaud et Maillochon (figure 6), ou le code du G.R.A.C.H. (Groupe de Recherche pour l'Autonomie et la Communication des Handicapés), rendent compte de langages iconiques très ciblés.

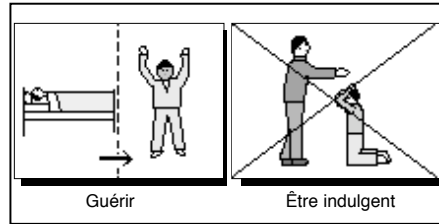


Figure 6 : Extrait du langage par pictogrammes CORNUSSE (Gicquiaud et Maillachon).

D'autres langages iconiques, spécifiques aux personnes handicapées, ont été développés dans le cadre de l'assistance technologique. Ces langages s'intègrent généralement dans une interface graphique et viennent suppléer les déficits de communication. On pourra citer le système Minspeak (Albacete, Chang & Polese, 1994) qui utilise un clavier iconique et dont la sélection combinée de touches permet la construction de phrases diverses et sémantiquement étendues ; ou encore VAL (Virtual Access to the Lexicon) qui propose un clavier virtuel lexical à partir duquel l'utilisateur a la possibilité de repérer ou d'écrire des mots.

III. CONCEPTION ET EVALUATION D'UN LANGAGE ICONIQUE POUR PERSONNES TETRAPLEGIQUES ET APHASIQUES

III.1. Problème posé

Les évolutions de la technologie permettent aujourd'hui de concevoir des aides techniques relativement efficaces pour assister les malades en fin de vie et développer leurs confort émotionnel et fonctionnel. Le projet Edith (Brangier, Pino, Le Drezen & Lamazière, 1997 ; Brangier & Pino, 1997, 1998, 1999, 2000a, 2000b ; Pino, Arnould & Brangier, 1998 ; Pino & Brangier, 2000) s'inscrit dans cette perspective et a pour objectif de permettre aux malades atteints de handicaps moteurs et aphasiques (sclérose latérale amyotrophique, locked in syndrom, tétraplégie) :

- d'appeler le personnel soignant ;
- de lire des textes ;
- d'écrire des textes avec l'aide d'Edith dont le logiciel complète lexicalement les mots en cours de frappe ;
- de regarder la télévision en contrôlant les commandes de base ;
- d'écouter de la musique en contrôlant les commandes de base ;

- de communiquer verbalement en faisant prononcer, par l'ordinateur, des phrases pré-enregistrées.

alors que le malade ne peut ni bouger ni parler. Pour ce faire, un contacteur est placé sur le malade puis relié à un ordinateur ce qui lui permet de contrôler une partie de son environnement physique et social.

La conception d'un langage iconique dans la téléthèse Edith a pour mission fondamentale de pallier les déficits communicationnels des malades en fin de vie, c'est-à-dire de leur donner des moyens pictographiques adaptés pour contrôler l'énonciation par l'ordinateur de quelques éléments de sa situation psychique et physique, alors qu'ils sont alités et sans aucune communication classique possible. L'objectif essentiel est donc de rompre avec l'isolement médical et relationnel du patient qui est condamné au silence d'une vie psychique intérieure. Il s'agit de développer un langage iconique :

- représentant fidèlement des phrases,
- résistant à l'oubli,
- adapté à la communication en fin de vie,
- recouvrant quelques éléments de la communications se déroulant dans une chambre d'hôpital,
- satisfaisant des états émotionnels et affectifs,
- et évolutif, c'est-à-dire pouvant être facilement enrichi.

Les phrases à énoncer ont été définies en relation avec deux malades atteints pour le premier d'une sclérose latérale amyotrophique, pour le second d'une tétraplégie supérieure avec aphasie. Les phrases ont porté sur des éléments quotidiens du confort, à savoir des requêtes sur :

- une posture particulière ;
- l'hygiène corporelle ;
- les relations à autrui ;
- la nourriture et les besoins physiologiques ;
- le contrôle de l'environnement.

A ces fins, la représentation graphique des phrases énoncées passe inévitablement par leur capacité à être imagées, c'est-à-dire à être évoquées par le dessin. Néanmoins, la valeur d'imagerie, définie comme "la capacité qu'a un mot (ou une phrase) de susciter la formation d'une image mentale chez l'individu" (Denis, 1994), n'est pas égale pour tous les énoncés. Ainsi, nous trouvons des phrases à forte valeur d'imagerie ("je voudrais me brosser les dents"), faciles à représenter, et d'autres phrases à faible valeur d'imagerie ("merci"), plus difficiles à représenter. Il s'agit alors de définir la manière dont un concept à faible valeur d'imagerie pourra être illustré.

III.2. Méthodologie

Trois dimensions de la méthodologie peuvent être distinguées dans cette recherche. La première a servi à recenser les phrases pouvant être implémentées en machine. La deuxième a cherché à métaphoriser les phrases et a donc porté sur la conception des icônes. Enfin la troisième a porté sur la validation des icônes.

La définition des phrases :

La recherche des phrases à « iconiser » a été réalisée de deux manières complémentaires : empirique et théorique. Sur la plan empirique, nous avons travaillé avec des malades qui, utilisant la téléthèse interactionnelle Edith, ont exprimé par écrit des phrases courantes qui amélioreraient leur confort en leur permettant d'interagir à minima avec leur entourage. Prenons l'exemple de Jacques, malade atteint de sclérose latérale amyotrophique (SLA), qui a non seulement défini des phrases mais a également proposé des dessins pour représenter ces actions. On remarquera dans la figure 7 que les phrases sont catégorisées en thèmes et portent sur des éléments de la vie quotidienne. Par ailleurs, le sujet définit des métaphores très concrètes (par exemple : je suis bien : pouce levé) et dans de nombreux cas le problème est d'arriver à métaphoriser des phrases très spécifiques (par exemple : étirer mes doigts).

Figure 7 : Phrases, mots et quelques exemples de correspondance iconographique tels qu'ils furent rédigés par Jacques (malade atteint de sclérose latérale amyotrophique, décédé à 56 ans) avec l'aide technique EDITH

politesse

Bonjour : soleil levant,
Bonsoir : lune
Bonne nuit : yeux clos
Je vous embrasse : lèvres
Au revoir : main agitée
Vous m'énervez : éclair
Merci :

positions

Je suis bien : pouce levé
Je voudrais aller au :
- fauteuil : image
- lit : image
- à table : image
Je voudrais m'asseoir dans le lit
Je voudrais m'allonger
complètement sur le dos
Je voudrais m'allonger à moitié
sur le dos
Je voudrais m'allonger sur le côté
Je suis mal installé, il faut me
redresser
Mon dossier est trop haut

Mon dossier est trop bas
Etirer mes doigts
Mettez mes attelles aux mains
Mettez mes attelles aux pieds
Enlevez mes attelles aux mains
Enlevez mes attelles aux pieds
Ecartez mes pieds
Remontez moi vers la tête du lit
Ecartez les mains de mon corps
Mettez l'oreiller sous ma nuque

loisirs

Je voudrais lire un livre
Je voudrais lire le journal
Je voudrais écouter un disque, un
cd
Je voudrais changer le disque
Je voudrais écouter la radio
Je voudrais changer de station de
radio
Je voudrais regarder par la fenêtre
Je voudrais sortir me promener
Je voudrais faire des courses
Je voudrais aller au jardin

environnement

J'ai chaud
J'ai froid
Je suis dans le courant d'air
Ouvrez les rideaux
Ouvrez les volets
Ouvrez la fenêtre
Ouvrez la porte
Fermer idem

besoins

Je voudrais uriner :
Je voudrais aller aux toilettes :
cuvette W-C
Je voudrais faire ma toilette :
lavabo
Je voudrais prendre un bain :
baignoire
Je voudrais prendre une douche :
douche
Je voudrais me laver les dents :
brosse

Je voudrais changer de vêtements : chemise pliée
Je voudrais me moucher et essuyer mon nez
Je voudrais essuyer ma bouche
Je voudrais essuyer mes yeux
Je voudrais brosser mes cheveux

alimentation

J'ai faim : couverts
J'ai soif : verre
J'ai trop chaud :
J'ai froid : cristal de neige
Ajouter du sel

santé : seringue, caducée

Je voudrais mes médicaments :
Je voudrais du collyre :
Je voudrais un massage :

Sur le plan théorique, la conception des phrases s'est également appuyée sur des recherches ayant souligné que la fin de vie de ces grands malades pouvait être améliorée par le développement de stratégies de coping, c'est-à-dire de mécanismes psychologiques qui permettent aux individus de faire face à leur situation épouvantable. Les travaux de McDonald., Wiedenfeld, Hiullel, Carpenter, et Walter (1994) ont démontré chez les malades atteints de SLA que le bien-être psychologique était associée à une plus grande espérance de vie que la détresse psychologique. Dans cette perspective, les travaux de Young et McNicoll (1998) ont souligné que la réestimation cognitive, la stimulation intellectuelle, le développement de la sagesse et l'importance des relations interpersonnelles représentaient de puissants mécanismes d'adaptation qu'il convient d'utiliser pour aider les personnes atteintes de SLA. L'élaboration des phrases s'inscrit clairement dans la perspective de développer les relations interpersonnelles rendues difficiles par la maladie (par exemple : « je te fais une bise »).

La création des icônes :

Le recueil a ici porté sur des sujets sains. Il est bien évidemment impossible de faire dessiner des malades. La démarche a consisté à recueillir les représentations de 38 sujets (d'âge compris entre 9 et 28 ans) concernant les phrases prononcées par Edith (voir plus après la liste des phrases). Les sujets ont dû dessiner "tout ce qui leur passait par la tête" et illustrer au mieux les différents concepts. 1281 dessins ont été recueillis. Cette méthode, déjà utilisée par Blankenberger *et al.* (1991) ou Horton (1994), permet de recueillir, entre autres, les métaphores et les représentations les plus courantes. A partir de ce corpus, 84 icônes ont ainsi été créées, plusieurs icônes illustrant parfois le même énoncé (figure 6). Les icônes sont donc envisagées comme des événements psychologiques, représentées graphiquement et construit à partir de structures sémantiques.

La validation des icônes :

Afin de vérifier la compréhensibilité des icônes, mais aussi afin de mettre en évidence la façon dont elles étaient interprétées, nous avons demandé à 43 sujets sains (d'âge compris entre 18 et 53 ans) de donner leur interprétation. Ces personnes étaient informées du contexte d'utilisation de ces icônes. Afin de ne pas orienter leur réponse, aucun exemple d'interprétation des icônes ne leur avait été donné. Le groupe des sujets ayant validé les icônes était disjoint de celui les ayant dessinés, de

manière à ce qu'il n'y ait pas d'effet de mémorisation.

Les icônes, ou les paires d'icônes (lorsqu'il s'agissait de paires d'actions congruentes, par exemple : ouvrir ou fermer la porte), étaient présentées une à une et dans un ordre aléatoire à chaque individu. Celui-ci devait en donner oralement et librement la signification. Sur cette base nous avons calculé le pourcentage de compréhension de chaque icône en nous appuyant sur l'équivalence sémantique des mots.

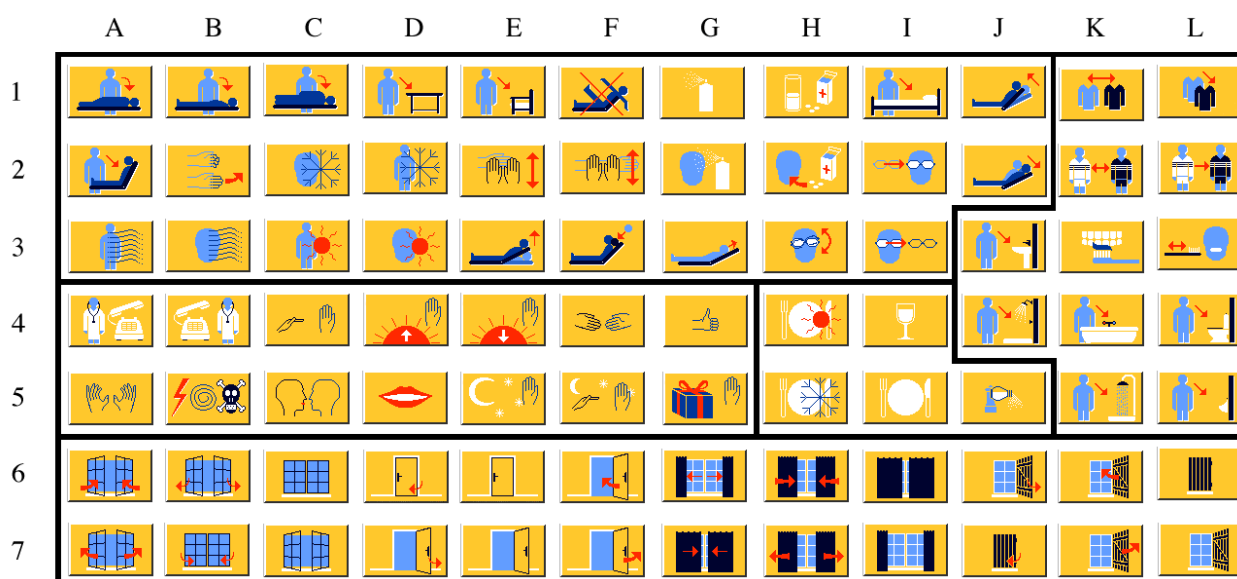


Figure 8. Dessin des icônes (échelle = _).

IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

Le tableau ci-dessous restitue l'ensemble des résultats. La première colonne donne la position en abscisse et ordonnée de l'icône dans la figure 8, et la dernière le pourcentage de reconnaissance exacte (n=43).

| Position | Intitulés : Posture, confort physique | % |
|----------|---|------|
| F3 | Pourriez-vous placer un oreiller sous ma nuque ? | 100 |
| I1 | Je voudrais aller au lit | 97,3 |
| H2 | Je voudrais prendre mes médicaments | 93,7 |
| I2, I3 | Pourriez-vous me mettre ou m'enlever mes lunettes ? | 93,7 |
| G3 | Pourriez-vous me remonter dans le lit ? | 81,8 |
| C3 | J'ai chaud | 81,4 |
| H1 | Je voudrais prendre mes médicaments | 75,8 |
| E3 | Pourriez-vous lever mon dossier ? | 72,7 |
| E1 | Je voudrais aller au fauteuil | 72,7 |
| D2 | J'ai froid | 72,7 |
| C1 | Je voudrais m'allonger sur le côté | 54,5 |

| | | |
|--------|--|------|
| H3 | Pourriez-vous me replacer mes lunettes ? | 54,5 |
| G2 | Pourriez-vous me passer le brumisateur ? | 54,5 |
| J1, J2 | Pourriez-vous remonter ou abaisser mon dossier ? | 54,5 |
| D3 | J'ai chaud | 45,5 |
| C2 | J'ai froid | 45,5 |
| B1 | Je voudrais m'allonger complètement sur le dos | 45,5 |
| D1 | Je voudrais aller à la table | 45,5 |
| E2 | Pourriez-vous me masser la main ? | 45,5 |
| F1 | Je suis mal installé | 42,5 |
| A2 | Je voudrais m'asseoir dans le lit | 42,5 |
| F2 | Pourriez-vous me masser le bras ? | 36,4 |
| B3 | Je sens un courant d'air | 27,3 |

| | | |
|-----------------|--|----------|
| G1 | Pourriez-vous me passer le brumisateur ? | 17,3 |
| A3 | Je sens un courant d'air | 5,4 |
| B2 | Pourriez-vous étirer mes doigts | 2,3 |
| A1 | Je voudrais m'allonger à moitié sur le dos | 0 |
| Position | Intitulés : Hygiène corporelle | % |
| J4 | Je voudrais prendre une douche | 100 |
| L4 | Je voudrais aller aux toilettes | 100 |
| K3 | Je voudrais me brosser les dents | 93,7 |
| K5 | Je voudrais prendre une douche | 91 |
| K4 | Je voudrais prendre un bain | 72,7 |
| L3 | Je voudrais me brosser les dents | 72,7 |
| L1 | Je voudrais changer de vêtements | 72,7 |
| L5 | Je voudrais uriner | 63,6 |
| J3 | Je voudrais faire ma toilette | 63,6 |
| L2 | Je voudrais changer de vêtements | 63,6 |
| K1 | Je voudrais changer de vêtements | 63,6 |
| K2 | Je voudrais changer de vêtements | 45,5 |
| Position | Intitulés : Relation à autrui | % |
| A4 | Pourriez-vous appeler le médecin | 100 |
| B4 | Pourriez-vous appeler le médecin | 93,7 |
| F4 | Bonjour | 72,7 |
| B5 | Vous m'énervez | 67 |
| D4 | Bonjour | 63,6 |
| E4 | Bonsoir | 63,6 |
| C5 | Je vous embrasse | 54,5 |
| E5 | Bonne nuit | 45,5 |
| F5 | Bonne nuit | 27,3 |

| | | |
|-----------------|--|----------|
| G5 | Merci | 18,2 |
| D5 | Je vous embrasse | 12 |
| C4 | Au revoir | 5,4 |
| A5 | Vous m'énervez | 0 |
| G4 | Merci | 0 |
| Position | Intitulés : Remarque sur la nourriture | % |
| I4 | J'ai soif | 93,7 |
| I5 | J'ai faim | 91 |
| J5 | Ca manque de sel | 63,6 |
| H5 | C'est trop froid | 45,5 |
| H4 | C'est trop chaud | 33 |
| Position | Intitulés : Contrôle de l'environnement | % |
| D6, D7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la porte ? | 72,7 |
| B6, B7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la fenêtre ? | 72,7 |
| A6, A7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la fenêtre ? | 54,5 |
| H6, H7 | Pourriez-vous fermer ou ouvrir les rideaux ? | 48,2 |
| J6, J7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer les volets ? | 48 |
| K6, K7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer les volets ? | 45,5 |
| G6, G7 | Pourriez-vous fermer ou ouvrir les rideaux ? | 45,5 |
| C6, C7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la fenêtre ? | 42,5 |
| L6, L7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer les volets ? | 36,4 |
| E6, E7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la porte ? | 36,4 |
| F6, F7 | Pourriez-vous ouvrir ou fermer la porte ? | 36,4 |
| I6 | Pourriez-vous fermer ou ouvrir les rideaux ? | 27,3 |

Les résultats impliquent de nombreux commentaires qui prouvent la complexité de l'interprétation des icônes lorsqu'elles sont dédiées à un public très handicapé. Ils montrent également que la reconnaissance d'une icône implique la sélection de certains éléments graphiques au détriment d'autres ignorés par les sujets. Etudions ces éléments.

Les traits figuratifs

Pris globalement les résultats, présentés selon l'ordre décroissant de reconnaissance, soulignent que les traits figuratifs sont les mieux reconnus. Nous remarquons également que les icônes ayant des traits peu ou pas figuratifs sont caractérisés par des taux de reconnaissance faible voire nul (exemple G5 : merci).

En accord avec Denis (1989), nos résultats confirment que les traits figuratifs entrent pour une part importante dans la reconnaissance des mots, des phrases, des concepts et des objets présents dans les icônes. De la même manière, les mots abstraits, comme « merci », sont pauvres en trait non figuratif. Les icônes sont interprétées avec un niveau élevé de description. Les sujets tendent à décrire les objets présents et essaient de reconstruire une phrase. Ils cherchent le signifié attaché aux objets en essayant d'assembler les traits définissant les icônes. Cette recherche des signifiés passe par la compréhension des attributs des objets décrits, et par la compréhension de l'objet lui-même.

Par ailleurs, dans les icônes présentées on trouve plusieurs objets : visages, téléphone, soleil, portes, assiettes, fenêtre. Du coup, la compréhension d'une icône doit être envisagée comme l'actualisation transitoire d'un sous-ensemble de traits figuratifs. Lors de cette actualisation les sujets retiennent un des éléments d'information qui leur semble utile à l'exécution de leur tâche de reconnaissance. Il est bien évident que cette tâche de reconnaissance ne correspond en rien à la situation réelle de la personne handicapée.

Certaines icônes sont interprétées à un niveau d'abstraction plus élevé que ce qu'elles signifient. Par exemple, l'icône (A2) "Je voudrais m'asseoir sur le lit" est plus souvent interprété par "je voudrais m'asseoir" ou encore (B1) "Je voudrais m'allonger sur le dos" par "je voudrais m'allonger". Ces icônes manquent de précision et n'insistent pas assez sur certains éléments essentiels. Nous pourrions alors, en regard de ces exemples, symboliser davantage un lit ou surligner le dos du bonhomme.

Les figures de style

La synecdoque est largement utilisée et généralement bien assimilée (exemples : I4, I5, etc). Par contre l'hyperbole en G5, qui vise à exagérer le « merci » en représentant un cadeau et une main, n'est pas décodée. L'analogie synaesthétique présente en B5 (« vous m'énervez ») s'avère beaucoup plus efficace qu'un trait figuratif de l'énervement (les mains contractées, en A5) ; d'ailleurs, l'icône B5 fut inspirée des dessins de bandes dessinées, largement connus et partagés aujourd'hui. La litote (F1) présentant la négation d'une personne mal installée est partiellement comprise. Enfin, l'euphémisme se présente comme une figure de style relativement efficace pour décrire les requêtes d'hygiène corporelle (L4, L5), qui peuvent être malséantes.

Les éléments de rhétoriques se combinent entre eux. Par exemple, la coprésence de la synecdoque et de la litote apparaît dans l'icône J5 : le sel est compris en rapport au poivrier dessiné dans l'arrière plan. Sans le poivrier l'icône serait mal comprise. De plus, le fait de dessiner le sel qui s'écoule de la salière fait bien comprendre, non pas que c'est trop salé, mais que ca manque de sel.

En somme, les figures de styles contribuent bien à la définition d'une icône et lui donne son sens. Elles caractérisent la plus ou moins grande probabilité avec laquelle les actions et phrases peuvent être figurées sous une forme imagée.

La flèche comme signature de l'action

Dans la quête de la compréhension de l'action attachée à l'icône, la flèche joue un rôle considérable, dans le sens où elle est un élément attribuable aux objets. La flèche donne un sens aux actions possibles (exemples : F3, J1, I2, etc.). Elle montre que les objets sont en mouvement. La flèche permet d'indiquer des changements d'états.

Les icônes prenant en compte à la fois les états initiaux ou finaux des actions (comme par exemple une porte ouverte ou une porte fermée) et la représentation de l'action (une flèche), sont mieux comprises que les icônes représentant uniquement les états ou uniquement l'action (exemple D6 et D7, mieux reconnus que E6, E7, F6 et F7). Afin d'améliorer encore cette reconnaissance, nous pourrions envisager des icônes animées. Morimoto, Kurokawa & Nishimura (1993) ont montré qu'une représentation animée des icônes améliore la compréhensibilité. Ainsi, en présentant à des sujets une icône qui change d'apparence lors de sa sélection et illustre dynamiquement sa signification pendant une séquence animée d'une à deux secondes, les auteurs ont obtenu de bien meilleures interprétations qu'avec les icônes statiques conventionnelles.

Cependant, des actions sont mal illustrées. La double flèche du massage (E2, F2), les flèches d'ouverture et de fermeture (K6, K7, A6, A7) ou encore la flèche pour l'étirement des doigts (B2) sont incomprises ou ne sont pas prises en compte dans l'interprétation du sujet.

L'expérience ou le vécu des sujets

Parmi l'ensemble des traits définissant une icône, comme « un lit » pour « être allongé », certains représentent des propriétés physiques de l'objet et correspondent à une expérience perceptive et sensorielle de la part des individus. Par contre, certains traits n'ont pas fait l'objet d'expériences perceptives ou sensorielles comme se faire étirer les doigts. Ces traits ne sont absolument pas compris par les sujets sains (exemples : A1, B2). Ainsi, les figurations susceptibles, à travers une élaboration mentale, d'exprimer de tels traits n'ont pas le caractère direct de l'objet. Il s'agit là d'une limite de la méthodologie utilisée : l'estimation de la valeur d'imagerie attachée à une icône est pour les sujets expérimentaux une activité primaire et artificielle. Pour les handicapés, c'est une activité finalisée qui a pour but de pouvoir communiquer avec leur environnement.

Le local ou le global

La sensation ("j'ai chaud" C3, D3 ; "j'ai froid" C2, D2, etc.) est généralement mieux comprise lorsqu'elle s'applique au corps tout entier que lorsqu'elle est uniquement focalisée sur le visage. Il en est l'inverse pour la sensation de courant d'air (A3, B3). L'origine de la sensation serait-elle

alors le facteur explicatif des interprétations données : la sensation de température s'applique au corps tout entière tandis que celle de courant d'air n'est ressentie qu'au niveau de la tête et des épaules. Cette même interprétation vaudrait d'ailleurs aussi pour l'hygiène des dents (K3 mieux compris que L3).

V. CONCLUSION

Cette expérience démontre que les icônes possèdent des propriétés structurelles qui peuvent être décrites avec précision, et surtout, qui peuvent être utilisés pour proposer une communication palliative. Les icônes sont appelées à contribuer à la définition des images visuelles de phrases, moyennant leur activation par des processus perceptives et cognitifs appropriés.

En fait, nos résultats soulignent que lorsqu'un individu essaie de comprendre un dessin illustrant un énoncé, il procède à l'activation sélective de traits figuratifs de la représentation mentale de cet objet ou de l'action réalisable sur l'objet. La représentation mentale construite pour l'occasion, est déterminée par l'organisation des connaissances en mémoire chez le sujet.

La conception des icônes a reposé sur la mise en évidence des composantes figuratifs des actions. Cette démarche demande un certain nombre d'ajustements et de compléments futurs. Premièrement, les icônes ne doivent pas être considérées comme de simples listes de traits figuratifs, mais doivent être caractérisées par leur structure interne c'est-à-dire par l'organisation conceptuelle qui relie les différents éléments qui la composent. Deuxièmement, les icônes ne peuvent être envisagées qu'à un niveau global de compréhension : la reconnaissance des icônes est le résultat d'un processus cognitif qui transforme les unités élémentaires de l'image en un produit conceptuel. Ce processus fait intervenir de nombreux facteurs parmi lesquels : la nature des traits figuratifs, les figures de style, la signification attachée aux flèches, le vécu des sujets, la nature des attributs (local ou global) des objets représentés.

Cette étude met également en relief les limites d'une approche basée sur la reconnaissance des pictogrammes, qui bien que nécessaire, impose une validation écologique des résultats. En effet, comment peut-on pertinemment évaluer et améliorer la compréhension d'une icône sans tenir compte :

- Du but de l'icône. Souvenons-nous : l'icône sert ici à déclencher l'énonciation par Edith de phrases qui donnent la signification de l'icône. Par conséquent, il y a fort à parier que la répétition (sélection puis verbalisation par l'ordinateur) améliorera grandement la mémorisation

de la signification de l'icône. L'utilisateur se retrouve dans une situation d'apprentissage (conditionnement opérant) où la sélection d'une icône entraîne la verbalisation de la phrase correspondante et donc son audition par toutes les personnes présentes.

- Du sens de l'action attachée à l'icône. Par exemple, l'icône « Pourriez-vous étirer mes doigts » n'a été identifiée que par 2,3% des sujets. Ce n'est pas étonnant : cette phrase ne veut rien dire pour eux. Pour avoir une telle requête de confort, il faut être atteint de sclérose latérale amyotrophique et subir quotidiennement une privation anatomique qui empêche tout mouvement y compris celui de ses propres doigts. Gageons que les malades n'oublieront ni cette phrase ni l'icône qui la représente !
- Et surtout de l'attitude du malade à l'égard de la communication avec autrui, et donc des conditions sociales d'acceptation d'un tel langage.

En bref, le sujet sain ne peut pas être un modèle suffisant : beaucoup de ces icônes ne sont pas pertinentes pour lui. Ce « cobaye » ne peut représenter, par souci d'économie et de temps, qu'un point de départ à de telles recherches, dont la validité est fondamentalement écologique.

Enfin, soulignons que les recherches menées sur les grands handicapés, au-delà de leur humanisme, ont très souvent un fort potentiel d'innovation et de généralisation aux sujets sains. La télécommande, que nous connaissons tous sur nos téléviseurs, est un exemple frappant de technologies inventées pour les handicapés moteurs et rapidement étendue à toute la population. Gageons que les langages à base d'icônes dédiés aux handicapés, trouveront de nouvelles convenances en ergonomie des logiciels, en domotique ou plus globalement en signalétique.

BIBLIOGRAPHIE

- Albacete P.L., Chang S.K., & Polese G., (1994). Iconic language design for people with significant speech and multiple impairments. *Proceedings of the first annual ACM conference on Assistive technologies, ASSETS 94*, Marina Del Rey, CA USA, October23-30.
- Arend U., Muthig K.-P., & Wandmacher J., (1987). Evidence for global feature superiority in menu selection by icons. *Behaviour and information technology*, 6, n°4, 411-426.
- Bauby J.D., (1997). *Le scaphandre et le papillon*, Paris, Robert Laffont.
- Blankenberger S., & Hahn K., (1991). Effects of icon design on human-computer interaction. *International Journal of Man-Machine Studies*, 35, 363-377.
- Bliss C.K., (1963). *Semantography*, Sydney, Semantography Publications.

- Brangier, E., & Gronier, G. (2000). Conception d'un langage iconique pour grands handicapés moteurs aphasiques, *Actes du Congrès Handicap'2000, Nouvelles technologies : assistance technique aux handicaps moteurs et sensoriels*, Paris, 15-16 juin 2000.
- Brangier, E. & Pino, P. (1997). Métaphores de l'action et conception d'une interface pour grands handicapés moteurs : de la description de la sclérose latérale amyotrophique à la conception d'une prothèse interactionnelle, *IHM 97*, Toulouse : Cépaduès-Edition, 119-126.
- Brangier, E., & Pino, P. (1998). Approche ergonomique de la conception d'une téléthèse interactionnelle pour grand handicapé moteur, *Ergonomie et prévention dans le processus d'innovation*. Neboit, M., Fadier, E., Gaul, P., Schouller, J-F., (Eds), INRS :Nancy, 39-45.
- Brangier, E., & Pino, P. (1999). Accompagnement des malades en fin de vie, ergonomie de conception et automatique humaine. Présentation d'un Environnement Digital de Téléactions pour Handicapés (EDITH). *Actes du 34^{ème} congrès de la SELF*, Caen, 261-270. (et sur cédérom).
- Brangier, E., & Pino, P. (2000a). La sclérose latérale amyotrophique : approche ergonomique d'une assistance technique à des malades en fin de vie, *Le travail humain*, 63, 2, 171-190.
- Brangier, E., & Pino, P. (2000b). Psychodesign of interaction : the design of a communication system for patient with amyotrophic lateral sclerosis. *Sciences and techniques of design*. (à paraître)
- Brangier, E., Pino, P., Le Drezen, A., & Lamazière, J., (1997). Prothèse interactionnelle, Pallier les déficits interactionnels des handicapés lourds avec une interface de contrôle d'environnement, *Interface 97*, Paris : EC2, 156-162.
- Carroll J.M., & Thomas J.C., (1982). Metaphor and the cognitive representation of computing systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 12, 107-116.
- Carroll J.M., & Mack R.L., (1985). Metaphor, computing systems, and active learning. *International Journal of Man-Machine Studies*, 22, 39-57.
- Carroll J.M., Mack R.L., & Kellog W.A., (1988). Interface metaphors and user interface design. *Handbook of Human-Computer Interaction*, M. Helander (Ed), Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 67-85.
- Condon C., & Keuneke S., (1994). Metaphor and layers of signification in user service interfaces. *IS&N Conference '94*.
- Condon C., & Keuneke S., (1995). Counting the costs and benefits of metaphor. *IS&N Conference '95*.
- Denis M., (1989). *Image et cognition*, Paris, PUF.
- Denis M., (1994). *Image mentale*, Paris, PUF.
- Guastello S.J., Traut M., & Korienek G., (1989). Verbal versus pictorial representations of objects in a human-computer interface. *International Journal Man-Machine Studies*, 31, 99-120.
- Horton W., (1994) *The icon book*, New York, John Wiley and Sons.

- McDonald, E., Wiedenfeld, S., Hiullel, A., Carpenter, C., & Walter, R. (1994). Survival in amyotrophic lateral sclerosis, the role of psychological factors. *Archives of Neurology*, 51, 17-23.
- McIlhagga M., Light A., & Wakeman I., (1998) Giving users the choice between a picture and a thousand words, <http://www.dcs.gla.ac.uk/~johnson/papers/mobile/mcilhagga/glasgow.html>.
- Meunier J.-G., (1999). The categorical structure of iconic languages, <http://pluton.lanci.uqam.ca/membres/meunier/iconlang/iconlang.htm>.
- Miller L.A., & Stanney K.M., (1997). The effect of pictogram-based interface design on human-computer performance. *International journal of Human-Computer Interaction*, 9, 119-131.
- Morimoto K., Kurokawa T., & Nishimura T., (1993). Dynamic representation of icons in human-computer interaction. *Fifth International Conference on Human-Computer Interaction*, 2, 38-43.
- Moyes J, (1994). When users do and don't rely on icon shape. *CHI 94*, 24-28.
- Norman K.L., (1997). Interface apparency and manipulability : cognitive gateways through the spatial visualization barrier in computer-based technologies. <http://www.lap.umd.edu/LAPFolder/NSFI A/proposal.html>.
- Norman K.L., (1998). Collaborative interactions in support of learning : models, metaphors, and management. *The digital University : reinventing the academy*, <http://www.lap.umd.edu/LAPFolder/papers/LAAAP98TR01/>
- Pino, P., Arnould, P., & Brangier, E., (1998). A more efficient man-machine interface : fusion of the interacting telethesis and smart wheelchair projects. *Proceedings of Knowledge and Electronic Systems (KES'98)*, Adélaïde, Australia, Jain, R.C., & Jain, L. (Eds) , IEEE, Vol 3, 180-186.
- Pino, P., & Brangier, E. (2000). Edith : Adaptativité du temps de défilement. *Actes du Congrès Handicap 2000, Nouvelles technologies : assistance technique aux handicaps moteurs et sensoriels*, Paris 15-16juin 2000.
- Poulain G., (1996). *Métaphore et multimédia*, Paris, La Documentation française.
- Smilowitz E.D., (1997). Do metaphors make web browsers easier to use ? <http://www.baddesigns.com/mswebbcnf.htm>.
- Vigand P., & Vigand S., (1997). *Putain de silence*, Paris, Anne Carrière.
- Young, J., & McNicoll, P. (1998). Against all odds : Positive life experiences of people with advanced amyotrophic lateral sclerosis. *Health and Social Work*, 23, 35-43.
- Whiteside J., Jones S., Levy P.S., & Wixon D., (1985). User performance with command, menu, and iconic interfaces. In I.R. Katz, R. Mack & L. Marks (Eds), *Proceedings of the CHI'85 Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, Addison-Wesley, April, 185-191.