

Commande intelligente pour un fauteuil adapté aux enfants IMC

*Alexandre Abellard, Mohamed Moncef Ben Khelifa, G.Nolibe **

Laboratoire SIS/AI, Université de Toulon, BP 132, 83957 La Garde Cedex
* CeSigma, Forum Aurélia, Route du Val, 83170 Brignoles

Pour éduquer la main d'une personne handicapée et la préparer à la conduite ultérieure d'un fauteuil roulant électrique, l'étude d'une manette personnalisable et adaptative a été envisagée. Elle pourra remplacer à terme les manettes de fauteuils roulants actuels qui nécessitent que la personne s'adapte au matériel même après quelques modifications essentielles, alors qu'il faudrait que le matériel s'adapte à la personne et ses limitations fonctionnelles, et non le contraire.

LE M.A.R.H.

Cette manette s'inscrit dans le cadre du projet M.A.R.H. (Mobile Autonome Robotisé pour Handicapé). Celui-ci est consacré à la robotique d'assistance aux enfants IMC (Infirmités Motrices Cérébrales), à travers le développement d'un fauteuil roulant « intelligent » pour handicapé. Les personnes IMC sont des personnes qui ont subies des lésions cérébrales précoces, stables, et responsables d'un handicap moteur patent. Chacun d'entre eux va présenter une association unique de symptômes sur différentes fonctions cérébrales et motrices.

Le projet M.A.R.H. est donc complexe à réaliser car il faut répondre à des besoins en matière de :

- flexibilité : le système doit être suffisamment « souple » pour pouvoir s'adapter à la personne handicapée, et non pas l'inverse
- tolérance aux pannes et robustesse : le système doit pouvoir faire face à différentes pannes, et répondre à de grandes exigences en matière de sécurité
- dégradation du fonctionnement

- élaboration et évolution : le système devra pouvoir s'adapter à son environnement
- plan de développement (sûreté de fonctionnement, mobilité, interface homme-machine, exploration)

De plus, différents capteurs doivent lui fournir des données en permanence sur son état et son environnement, pour lui permettre d'agir dans n'importe quelle situation.

Le M.A.R.H. est à l'état d'études avancées. Il se compose d'une base mobile (esclave) portant un fauteuil électrique (maître), pilotés par une commande adaptée aux handicaps de l'utilisateur. A l'heure actuelle, un robot Khepera simulant le fauteuil peut se déplacer dans une direction donnée (fig. 1) et en évitant les obstacles (fig. 2), à l'aide d'une caméra CCD embarquée.

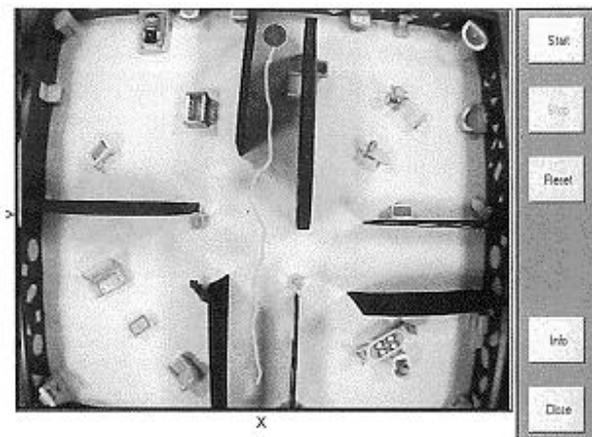


Figure 1 : Robot se déplaçant le long d'un couloir

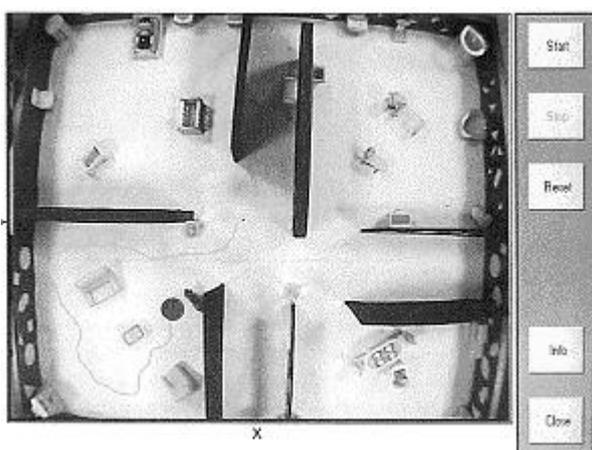


Figure 2 : Robot évitant des obstacles

Un des travaux en cours consiste en une amélioration du fonctionnement par l'implantation d'un réseau de neurones dans la partie commande.

LA PARTIE COMMANDE

Le système est conçu autour d'une manette de type manette de jeux, que va actionner un enfant handicapé. Ultérieurement, une commande au souffle, au pied, ou un traitement d'images permettant la prise de décisions à partir d'expressions du visage pourront être ajoutées.

Le but de la manette est d'aider à la rééducation de la main. En effet, en motivant l'enfant pour commander certains appareils, il est forcé de se servir de celle-ci de différentes manières. De plus, dans le cas du MARH, le but est aussi de permettre à l'enfant de

pouvoir se déplacer sans encombre. Le fauteuil doit donc « savoir » corriger les directions erronées prises par l'enfant, faire le distinguo entre les vrais changements de direction voulus par l'enfant et les tremblements de sa main sur la manette, et suivre une direction donnée. On voit donc l'intérêt d'une approche par réseau de neurones pour faire un système « souple » et suivre une direction précise, d'autant plus que l'enfant risque de ne pas pouvoir aller au bout de son effort, ou bien d'avoir systématiquement tendance à pousser la manette trop à gauche ou à droite.

L'APPRENTISSAGE DU RESEAU

Le déroulement des opérations peut être décomposé en plusieurs étapes :

- Au départ, il faut délimiter la zone gestuelle fonctionnelle d'utilisation de la manette pour la personne handicapée, et quantifier l'amplitude maximale que peut atteindre sa main dans une direction donnée (fig. 3).

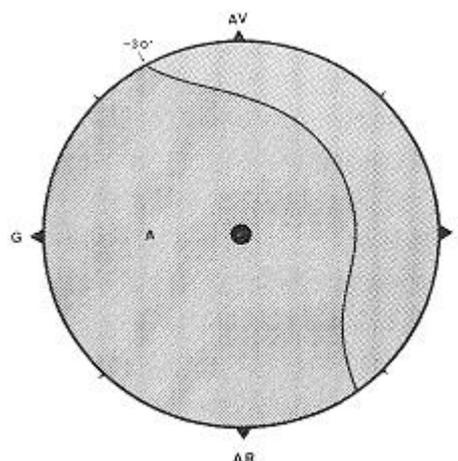


Figure 3 : Diagramme circulaire de l'utilisation de la manette (exemple).

Zone de gauche : zone gestuelle fonctionnelle. Zone de droite : zone gestuelle difficile spontanément

- Une phase d'apprentissage du réseau de neurones en fonction des entrées et des sorties réelles et désirées :

- Entrée : le déplacement de la manette par le patient (direction et amplitude).
- Sortie désirée : une direction suivant une indication donnée par l'ergothérapeute.
- Sortie vraie : la direction suivie réellement par le fauteuil, avec les tremblements et les différentes erreurs que peut effectuer le patient.
- Le fonctionnement est réalisé en temps réel, surtout pour l'application « pilotage de fauteuil ».

L'ARCHITECTURE DU RESEAU DE NEURONES

On se place donc ici dans le cas d'un apprentissage supervisé, ce qui implique d'utiliser une architecture feedforward (réseau en couches), dont la structure précise reste encore à définir. Le fonctionnement du réseau est modélisé par Réseau de Petri à Flux de Données, pour une implantation dans un circuit spécifique. Il est notamment prévu d'étudier une extension de ce type de Réseau de Petri, pour automatiser l'adéquation algorithme-architecture. Les résultats sont actuellement testés avec un fauteuil électrique classique instrumenté, afin d'aboutir à un prototype opérationnel (fig. 4).

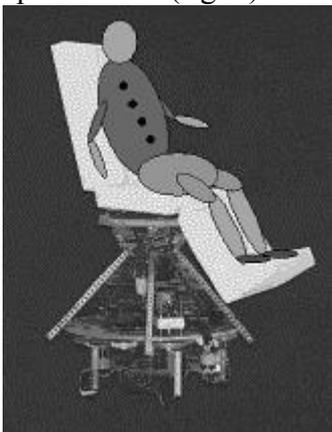


Figure 4 : Prototype du fauteuil M.A.R.H.

CONCLUSION

Pour amener l'enfant lourdement handicapé et souvent limité intellectuellement à apprendre comment utiliser fonctionnellement une manette dans la perspective ultérieure d'une commande de fauteuil roulant électrique, le thérapeute doit impérativement procéder par étapes : étapes progressives, voire parfois régressives, dans lesquelles un certain nombre de paramètres doivent être pris en compte. C'est pourquoi une méthodologie de quantification de l'évolution de l'apprentissage est nécessaire. L'ensemble de ces actions devrait permettre d'améliorer de façon significative l'existant, car pour certains jeunes IMC, ce n'est pas le temps qui aide à mieux accéder à l'autonomie, mais plutôt le choix des stratégies rééducatives mises en œuvre. L'électronique est un outil qui nous conduit à réfléchir et voir que d'autres personnes, adultes lourdement handicapées moteur, même avec des pathologies différentes, pourraient accéder, elles aussi, à l'autonomie.

La société CESIGMA met en œuvre une aide financière et son savoir-faire technique pour soutenir ce projet, en mettant à disposition des outils pour l'acquisition et le traitement des données.