

CONCEPTION D'UNE STATION DE TRAVAIL ROBOTISEE **POUR LA REINSERTION PROFESSIONNELLE** **DES HANDICAPES**

J. -M. DETRICHE, B. LESIGNE
Commissariat d'énergie atomique CEN FARIDTAIUR
Bât. 38 - BP 6
92265 Fontenay-aux-Roses Cedex - France
Tél. : 33 (1) 46.54.91.18

INTRODUCTION

La réinsertion professionnelle des handicapés lourds implique le développement de stations de travail robotisées. Dans le cadre du projet MASTER, le Commissariat à l'énergie atomique s'est associé avec EQUAL Design pour étudier et réaliser ce type d'installation, l'utilisation d'un robot nécessitant une adaptation de son environnement pour optimiser son volume de travail. Des études ont été ainsi entreprises pour déterminer la meilleure façon d'organiser cet environnement autour du robot, pour orienter le choix des équipements de périrobotique et éventuellement spécifier de nouvelles fonctionnalités liées aux tâches à accomplir.

DESCRIPTION

1. Sous-systèmes

MASTER est composé des sous-systèmes suivants :

. Un bras à six degrés de liberté. Le critère de coût nous a amené à choisir une mécanique de type robot pédagogique construit en de nombreux exemplaires : le bras UMI qui a été modifié par le CEA. Ses caractéristiques principales sont les suivantes : morphologie horizontale de type SCARA, débattement horizontal de 70 cm, translation verticale de 90 cm, masse transportable : 2 kg. La pince a été équipée de doigts interchangeables comprenant des capteurs permettant le contrôle de la force de serrage.

. Une armoire de commande, qui permet de mémoriser les tâches automatiques préprogrammées, d'interpréter les ordres provenant de l'interface utilisateur, de générer vers le bras manipulateur des ordres de déplacement et de préhension d'objets, d'effectuer les ordres relatifs au contrôle d'environnement.

. Une interface de communication permettant à l'handicapé de piloter le robot et d'avoir des informations sur l'état du système. Elle comprend :

- des capteurs proportionnels ou tout ou rien adaptables à la demande (joystick, rouleau potentiométrique, boule codeuse, boutons poussoirs...) permettant de commander les différents déplacements du robot en mode direct ;
- un capteur tout ou rien (interrupteur) permettant de valider une fonction affichée à l'écran, de générer un arrêt du bras en mode automatique, de séquencer les déplacements en mode direct ;

- des capteurs sélectifs : menu défilant ou commande vocale permettant de choisir des fonctions exécutables.

. Un système de contrôle d'environnement. Il est intégré à l'armoire de commande et permet d'activer des sorties directes ou bien des équipements alimentés par le secteur, grâce à un système de télécommande par infrarouges et courants porteurs.

2. Principes de fonctionnement

MASTER peut être utilisé par l'handicapé selon deux modes : un mode direct et un mode automatique (1). La réalisation des tâches automatiques implique une structuration de l'espace de travail du robot, ce qui n'est pas toujours possible. C'est pourquoi le mode automatique est mixé avec le mode direct, celui-ci pouvant intervenir, par exemple, pour modifier et mémoriser la prise d'un objet qui n'est pas à l'emplacement prévu dans le programme de la tâche automatique. Le mode direct peut aussi servir à déplacer le bras dans son espace de travail pour réaliser des tâches de saisie, insertions, déplacements non programmés. La commande du robot en mode direct se fait par l'intermédiaire des capteurs de l'interface de communication qui sont adaptés, cas par cas, aux possibilités motrices de l'handicapé.

3. Configuration du système

Par un système de menu simple, l'installateur configure le système robotisé (2), les actions relevant du contrôle d'environnement et l'interface de communication, en indiquant les capteurs utilisés et leurs paramètres, ainsi que les degrés de motricité de l'handicapé avec lequel il fait l'apprentissage du vocabulaire de la commande vocale, si celle-ci est utilisée.

4. Programmation

Après l'installation du robot sur le poste de travail, on programme les tâches automatiques à l'aide du langage de programmation développé pour cette application (2). Les logiciels correspondant aux tâches automatiques ainsi programmées sont ensuite téléchargés sur l'armoire de commande.

ACTIONS EN COURS

Depuis le début de l'année 1991, trois prototypes sont en évaluation pour une année dans trois centres de rééducation fonctionnelle (CRF de Kerpape à Lorient, CRF de Lay-Saint-Christophe à Nancy et à l'Hospital et à Montoire-sur-le-Loir) grâce à un financement de la Caisse nationale maladie des travailleurs salariés, dans le cas de la procédure TEP du ministère de la Recherche et de la Technologie. L'évaluation technique est réalisée par le CEA en collaboration avec le personnel médical des sites d'évaluation, une évaluation psycho-sociologique étant effectuée par le CTNRHI à la demande de l'INSERM. Un financement de PREMUTAM a permis la mise en place de ces évaluations.

Un quatrième prototype sera installé, fin 1991, au centre JosephArditti à Saint-André-de-l'Eure, grâce à une opération de parrainage de la Lyonnaise Santé en faveur de LADAPT. Ce prototype servira à équiper un poste de production, non pour automatiser les tâches, mais pour coopérer étroitement avec le travailleur handicapé. Le but est d'évaluer si un tel système apporte un gain de temps dans la réalisation de la tâche et une diminution de la fatigue du travailleur et si la versatilité du système est suffisante pour permettre le passage rapide d'un travailleur handicapé à un autre et pour s'adapter à une modification éventuelle de la tâche.

Un cinquième prototype sera réalisé en 1992 grâce à un cofinancement de l'AGEFIPH, pour équiper une station bureautique, au domicile d'un ingénieur tétraplégique, conseiller scientifique au CEA. Cette station de travail sera évaluée par CREATI.

Un projet européen, déposé dans le cadre de TIDE (Technology for the socio-economic Integration of the Disabled and Elderly people), réunit différents partenaires anglais, français (dont le CEA) et suédois, afin d'étudier et de réaliser une station de travail destinée aux tétraplégiques, particulièrement dédiée à la conception assistée par ordinateur. Ce projet, d'une durée de quinze mois, démarrera au début de l'année 1992.

De plus, le projet Sprint « IMMEDIATE », dont la première phase s'achève cette année, associe des équipes françaises (dont le CEA), hollandaises et anglaises. Cette phase consiste à spécifier un système de commande intégrée prenant en compte un fauteuil électrique avec une assistance au pilotage, un bras manipulateur embarqué ou sur une station de travail fixe et un contrôle d'environnement.

Ces deux dernières actions marquent l'engagement décisif du projet MASTER du CEA, au niveau européen et international, seule issue possible au réel débouché d'un tel développement.

METHODOLOGIE DE DEFINITION D'UNE STATION DE TRAVAIL BUREAUTIQUE ROBOTISES

1. Etude des besoins

Elle consiste à répertorier l'ensemble des tâches à réaliser par la personne handicapée pour être autonome pendant un temps compatible avec une activité professionnelle. Pour chaque tâche, on déterminera le ou les dispositifs à mettre en oeuvre pour la réaliser : informatique, périphériques, contrôle d'environnement, moyens de communication, robot.

L'interface opérateur devra permettre une commande intégrée de tout le système et être adaptée à la spécificité du handicap : la personne handicapée doit pouvoir passer de son application sur micro-ordinateur aux commandes du robot, du contrôle d'environnement, etc. avec le même moyen de commande.

2. Organisation de la station de travail

L'expérience acquise par l'équipe du projet MASTER, dans le cadre des essais en laboratoire, des évaluations en cours et des rencontres internationales avec les équipes qui travaillent sur le sujet a démontré la nécessité d'engager des études pour déterminer la meilleure organisation de l'espace de travail du robot, afin d'optimiser ses déplacements et ses possibilités d'orientations et pour définir des équipements adaptés afin d'assurer une exécution des tâches complète et rapide.

a. Influence de la morphologie du bras

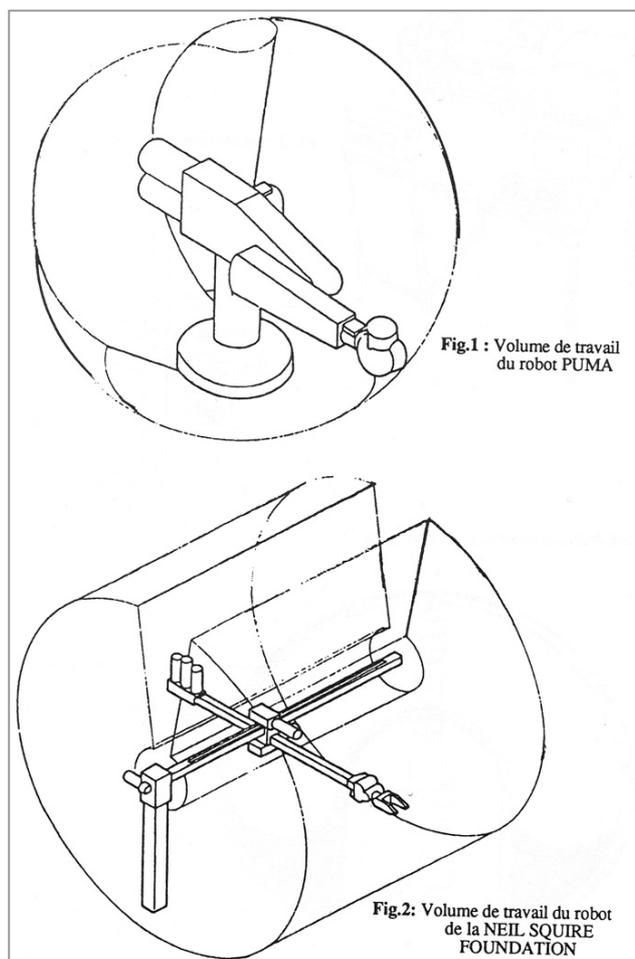
Les projets de robotique d'aide aux handicapés utilisent des bras de morphologie différente. On en citera trois types : sphérique, cylindrique et morphologie « Scara ».

La morphologie sphérique est utilisée par la Veterans Administration dans sa station Devar (3). La figure 1 montre l'enveloppe de travail du robot Puma utilisé. Sa petite taille a impliqué son installation sur un rail transversal pour augmenter son volume de travail.

La morphologie cylindrique est illustrée par le robot construit par la Neil Squire Foundation (4). C'est un bras de faible coût dont le volume de travail a la forme d'un cylindre, dont l'axe horizontal correspond à la translation principale du bras (fig. 2).

Le bras RTX de UMI, utilisé dans le système MASTER (5) et dans d'autres projets d'aide aux handicapés, a une morphologie Scara. De même le Bath Institute (5) a développé un bras avec une telle morphologie (fig. 3).

La comparaison entre ces différents volumes de travail montre que l'arrangement de la station de travail dépend de la morphologie du bras utilisé. De plus, le volume de travail réel correspond à l'ensemble des points où la pince peut prendre toutes les orientations possibles. Si l'on tient compte de cette contrainte, on s'aperçoit que le volume de travail réel du robot est beaucoup plus petit que celui prévu initialement. Le robot RTX a un poignet permettant de définir la position du bras indépendamment de l'orientation de la pince, ce qui donne un volume de travail réel optimisé par rapport à ses dimensions (fig. 4). Cependant, un robot n'a pas une mobilité équivalente dans toutes les zones de son volume de travail : par exemple, la zone de mobilité maximale du robot RTX est en avant, les zones latérales et arrière privilégient les déplacements suivant l'axe radial (fig. 5).



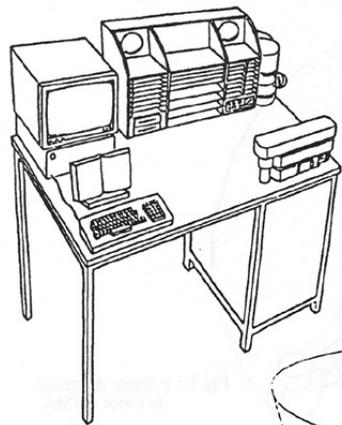


Fig.3 : Station de travail du BATH Institute

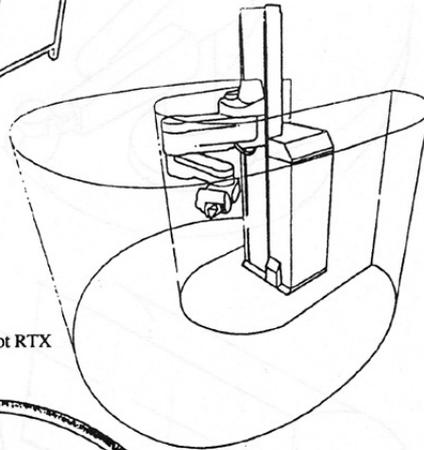


Fig.4: Volume de travail du robot RTX

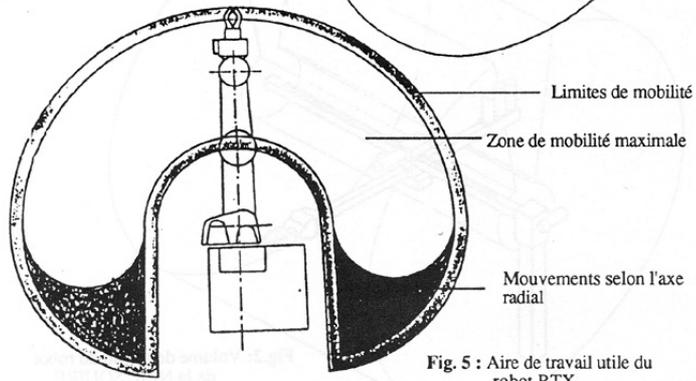


Fig.5 : Aire de travail utile du robot RTX

b. Organisation des zones de travail

On peut définir trois zones différentes dans une station de travail robotisée :

1. la zone d'activité du robot, où l'utilisateur n'intervient pas ; c'est, par exemple, la zone de rangement des objets à manipuler ;
2. la zone d'activité de l'utilisateur, qui est hors de portée du robot ;
3. la zone d'interaction entre le robot et l'handicapé : c'est, en général, à l'intersection des zones 1. et 2. (fig. 6). Cette interaction peut être passive, quand, par exemple, le robot amène un objet à proximité de l'handicapé (livre à lire) ou active, quand l'handicapé utilise un objet tenu par la pince du robot (verre pour boire).

c. Evolution de la station de travail MASTER

1. La station ASTRID

Réalisée par EQUAL Design, la station ASTRID est utilisée pour les premières évaluations de MASTER. La figure 7 montre la zone d'activité de cette station de travail. La zone d'activité du robot est un volume vertical situé derrière le robot, où les objets sont placés sur des étagères. La zone d'interaction est limitée à la partie frontale de la station.

2. La station SYRAH

Dans le cadre de l'étude d'une station robotisée bureautique, le CEA et EQUAL Design étudient une nouvelle station où la zone d'activité du robot est optimisée grâce à un arrangement toroïdal des étagères autour du robot (fig. 8). Ces étagères sont mobiles en position et en orientation. La zone d'activité de la personne handicapée est un plan de travail où seront installés le micro-ordinateur et son clavier.

3. Choix des matériels

Pour tenir compte des contraintes d'encombrement, dues au volume de travail du robot, on choisira des matériels aussi compacts que possible. Les objets devront encombrer au minimum le volume de travail du robot : seule la partie de l'objet utilisée par le robot sera dans la zone d'activité. Par exemple, lors de l'utilisation d'une imprimante, seule la sortie de la feuille est dans la zone d'action du robot.

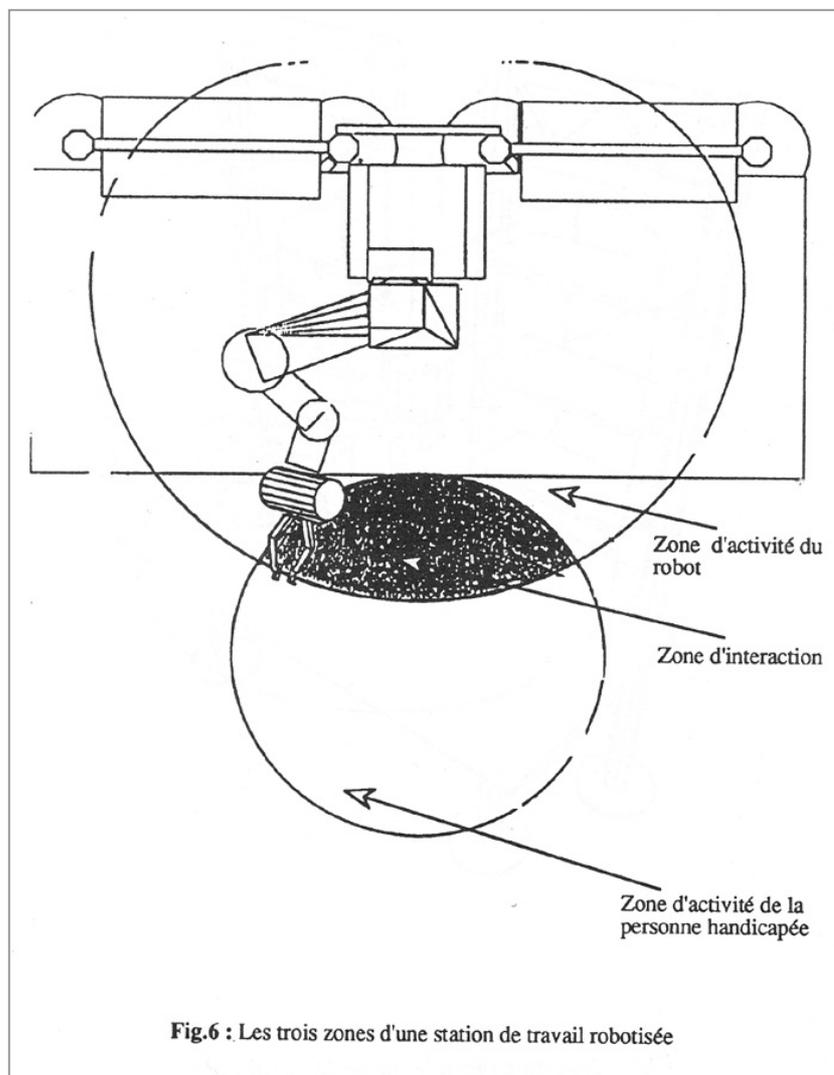
4. Développement d'une périrobotique adaptée

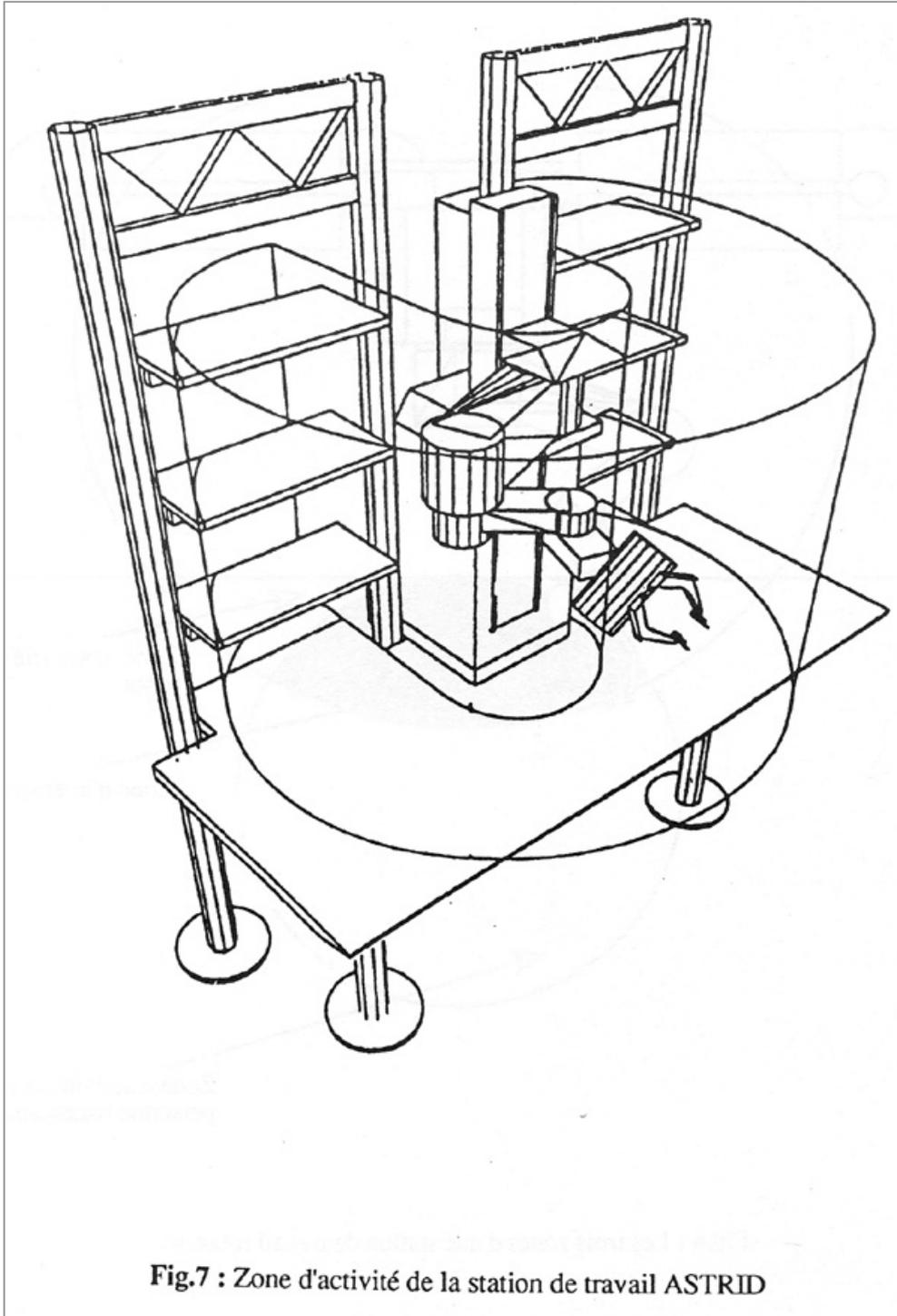
Pour faciliter le travail du robot dans certaines tâches et augmenter en particulier sa vitesse d'exécution, il est quelquefois nécessaire d'adapter le matériel existant ou de développer des équipements spécifiques. L'insertion d'une disquette dans un lecteur peut être grandement facilitée par l'adjonction d'un guide sur la fente d'entrée de celui-ci, les différentes disquettes seront rangées, de telle sorte que la pince ait la place nécessaire pour les saisir facilement. Certains de ces aménagements ont déjà été développés dans le cadre de MASTER. D'autres études sont en cours, en particulier pour résoudre le difficile problème de manipulation de documents.

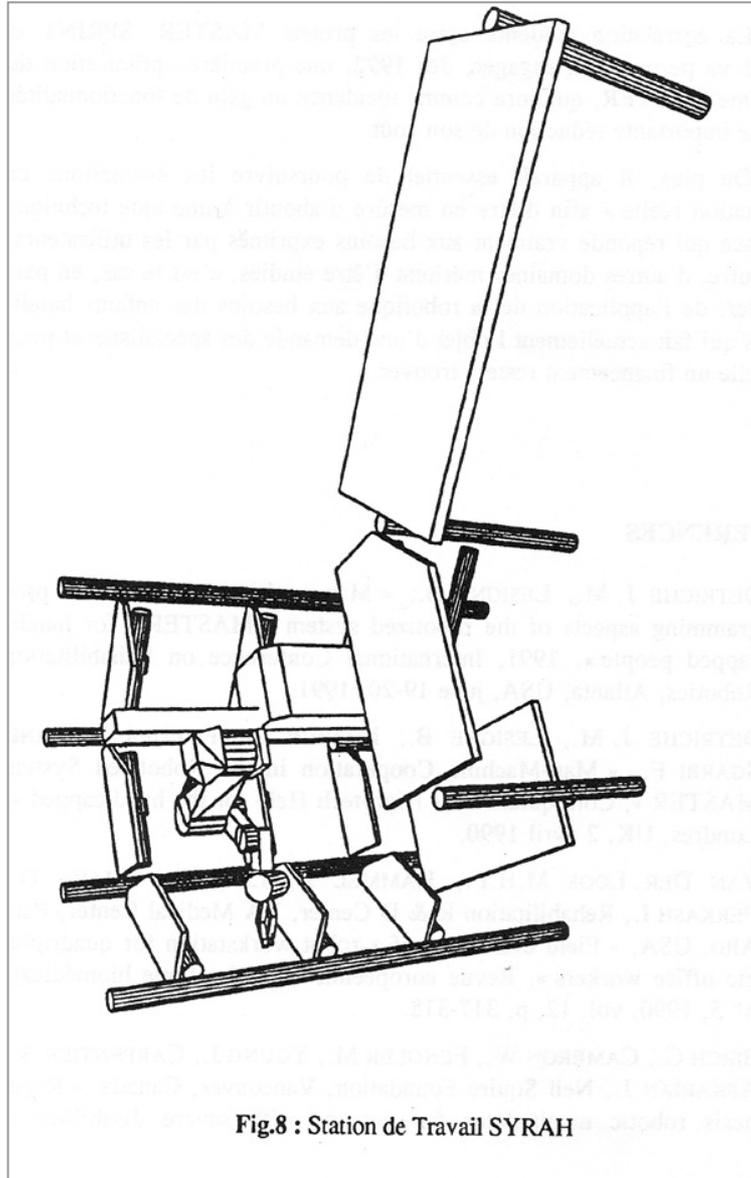
5. Fonctionnalités

Les premiers retours d'expérience des évaluations ont mis en évidence certaines améliorations à apporter au système MASTER. L'étude des besoins de la station bureautique, actuellement en cours, montre la nécessité de développer d'autres fonctionnalités, en particulier d'intégrer au système des différentes commandes du micro-ordinateur.

Malgré la complexité des tâches requises, la vitesse d'exécution devra être compatible avec la productivité demandée dans une activité professionnelle quotidienne.







CONCLUSION

La corrélation évidente entre les projets MASTER, SPRINT et TIDE va permettre d'engager, dès 1992, une première optimisation du système MASTER, qui aura comme incidence un gain de fonctionnalités et une importante réduction de son coût.

De plus, il apparaît essentiel de poursuivre les évaluations en situation réelle » afin d'être en mesure d'aboutir à une aide technique efficace qui réponde vraiment aux besoins exprimés par les utilisateurs. En outre, d'autres domaines méritent d'être étudiés, c'est le cas, en particulier, de l'application de la robotique aux besoins des enfants handicapés qui fait actuellement l'objet d'une demande des spécialistes et pour laquelle un financement reste à trouver.

REFERENCES

(1) DETRICHE J. M., LESIGNE B., « Man-machine interface and programming aspects of the robotized system « MASTER » for handicapped people », 1991, International Conference, on Rehabilitation Robotics, Atlanta, USA, June 19-20, 1991.

(2) DETRICHE J. M., LESIGNE B., MANDIN P., POTTIER PH. AND

SGARBI F., « Man-Machine Cooperation in the Robotized System MASTER », Colloquium on K High-tech Help for the handicapped », Londres, UK, 2 avril 1990.

(3) VAN DER LODS M.H.F., HAMMEL J., LEES D., CHANG D.,

PERKASH I., Rehabilitation R & D Center, VA Medical Center, Palo Alto, USA, « Field evaluation of a robot workstation for quadriplegic office workers », Revue européenne de technologie biomédicale n° 5, 1990, vol. 12, p. 317-318.

(4) BIRCH G., CAMERON W., FENGLER M., YOUNG J., CARPENTIER A.,

APKARIAN J., Neil Squire Foundation, Vancouver, Canada, « N Regenesys robotic manipulator for persons with severe disabilities »,

Revue européenne de technologie biomédicale n° 5, 1992, vol. 12, p. 320-321.

(5) J. M. DETRICHE AND B. LESIGNE, « The robotized system MASTER », The third Japanese-French Biomedical Technology Symposium, Himeji Dokkyo University, Japan, 4-7 May, 1989.

(6) HILLMAN M., GANNIS A., Bath Institute of Medical Engineering. Pullin G. University of Bath, UK, « User aspects in the design of a robotic workstation for the disabled », Conference on the Advancement of Rehabilitation Technology, Maastricht, Pays-Bas, 58 nov. 1990, p. 12-2, 12-3.