



La robotique industrielle et les ateliers flexibles

Pierre-Henri Ricaud, Dominique Henri

► To cite this version:

Pierre-Henri Ricaud, Dominique Henri. La robotique industrielle et les ateliers flexibles. Sciences de l'ingénieur [physics]. 1980. hal-01909924

HAL Id: hal-01909924

<https://minesparis-psl.hal.science/hal-01909924>

Submitted on 31 Oct 2018

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.

B. H.

DIRECTION DES INDUSTRIES
ELECTRONIQUES ET DE L'INFORMATIQUE

ECOLE NATIONALE
SUPERIEURE DES MINES

Consultation sur place



[105]

LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE

ET

LES ATELIERS FLEXIBLES

[Pierre-Henri]
P.H. RICAUD

D. HENRI
[Dominique]

S O M M A I R E

I - PRESENTATION GENERALE

I.1. Cadre de l'étude

I.2. Quelques définitions

I.2.1. Le robot

I.2.2. L'atelier flexible

II - LA SITUATION DE LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE ET DES ATELIERS FLEXIBLES

II.1. Pourquoi des robots industriels ?

II.2. Pourquoi des ateliers flexibles ?

II.3. Les principaux matériels

II.4. La robotique dans l'industrie automobile

III - LE MARCHE MONDIAL DE LA ROBOTIQUE

IV - L'IMPACT SOCIAL

V - LE SOUTIEN DES POUVOIRS PUBLICS AU JAPON ET AUX ETATS-UNIS

ANNEXES

Annexe 1 : La robotique en Suède

Annexe 2 : La robotique en Italie

Annexe 3 : La robotique et l'industrie de l'ameublement

Annexe 4 : La robotique au CEA

I - PRESENTATION GENERALE

I - I CADRE DE L'ETUDE

La robotique industrielle et les ateliers flexibles ont été retenus par le Gouvernement comme thème prioritaire dans l'action du CODIS.

Parce que cette action d'automation concerne particulièrement les industries mécaniques et qu'elle passe aussi par l'introduction massive de l'électronique et de l'informatique, la DIELI et la DIMME ont toutes deux été chargées de ce dossier. Notre stage s'est déroulé, au sein de la DIELI, en collaboration avec le Chargé de Mission Ateliers Flexibles, avec deux orientations principales :

- Faire le point sur ce qui existe en matière de robots et d'ateliers flexibles en recueillant l'avis d'industriels en France et à l'étranger (deux missions en Suède et en Italie ainsi que la lecture de rapports sur le Japon et les Etats-Unis, nous ont donné une idée assez précise de la situation mondiale). Nous avons volontairement laissé de côté la recherche en robotique qui se situe en général à un niveau assez fondamental, pour la mise au point d'éléments particuliers.
- Dégager les évolutions probables dans ce domaine, rechercher les atouts et les faiblesses françaises.

I - 2 QUELQUES DEFINITIONS

Il nous semble indispensable de définir ce que nous entendons par robot industriel et par atelier flexible, d'autant plus qu'en pratique, les définitions varient largement d'une source à l'autre - en particulier les chiffres cités de source japonaise sont basés sur une acception très large des termes et nécessitent d'être corrigés en conséquence -

.../...

I - 2.1 - Le robot

D'une façon générale un robot est une machine effectuant des mouvements suivant plusieurs degrés de liberté, lui permettant d'accomplir certaines tâches sous le contrôle d'un programme facilement modifiable.

Bien que l'apparence extérieure soit souvent celle d'un bras articulé terminé par une pince, ceci n'est pas la règle absolue (le robot peut être monté sur portique...)

Il est d'usage de classer ces machines en deux grandes catégories suivant leur adaptabilité à un environnement variable.

Les manipulateurs automatiques programmables

Ce sont les matériels les plus couramment utilisés dans l'industrie (robots type RENAULT, UNIMATION...) ayant 6 ou 7 degrés de liberté et dont les déplacements sont programmés a priori, en indiquant les différentes positions à atteindre, ou en répétant une fois le mouvement complet. Le trait caractéristique est le fonctionnement en boucle ouverte.

Les robots intelligents

sont en général considérés comme la future génération de robots industriels. Grâce à des capteurs tactiles optiques, ou sonores, ils peuvent fonctionner en boucle fermée. Leur utilisation est prévisible dans les problèmes de tri, d'assemblage ou de contrôle.

Nous avons écarté de cette classification deux types de matériels quercertains qualifient cependant de robots,

- . les manipulateurs simples dits pick and place exécutant des mouvements élémentaires pour servir des machines-outils. Ces matériels ne sont pas programmables en général mais utilisent des dispositifs électro-mécaniques.
- . les télémanipulateurs qui nécessitent la présence d'un homme dans la boucle et permettent simplement de l'éloigner du lieu de travail pénible, dangereux ou inaccessible.

Il existe, cependant, des matériels situés à la frontière de ces catégories qui n'ont d'autre utilité que de clarifier la définition du robot.

.../...

I - 2.2. L'atelier flexible

L'amélioration de la productivité des industries manufacturières nécessite des solutions particulières pour résoudre les problèmes posés par la production discontinue et par lots. Un atelier flexible produit des lots en petite et moyenne série de façon automatique avec une gestion informatisée en temps réel, donc sans formation de stock. Il comprend, en général,

- . un parc de machines-outils multifonctions (soit par le changement automatique d'outil, soit par la mise en oeuvre d'un des outils installés à poste fixe),
- . des robots alimentant les machines en pièces ou en outil,
- . un système de transport de pièces d'une machine à l'autre,
- . un calculateur contrôlant l'ensemble des éléments :
 - la mise en route et la commande numérique des machines-outils,
 - la gestion du transport des pièces,
 - la commande des robots.

Il est possible de classer les ateliers flexibles en trois grandes catégories suivant la fabrication qu'ils assurent :

. l'usinage de pièces semblables

Les pièces sont de même type mais les cotes diffèrent de l'une à l'autre (par exemple, des engrenages, pignons...). Il s'agit dans ce cas, de production en moyenne série.

. usinage de pièces différentes et d'encombrement équivalent

Il s'agit d'objets complexes fabriqués en petites séries. Les machines-outils peuvent recevoir un grand nombre de têtes d'usinage présentées sur un carrousel sur ordre du calculateur.

. les opérations hors usinage

Ce sont des ateliers permettant, par exemple, d'assembler ou de peindre les produits. Ils nécessitent, en général, l'emploi de robots programmables.

A la lecture de ces définitions, le lien entre atelier flexible et robotique industrielle n'est peut-être pas évident.

Il nous semble, cependant, que, d'une part, les robots seront en général un élément de l'atelier flexible, et que, d'autre part, la mise au point d'une chaîne de robots - comme on en voit déjà dans l'industrie automobile - ou d'un centre de fabrication associant des machines-outils et des robots constituent des bancs d'essais pour la mise au point d'un atelier flexible. Selon un ingénieur de la firme FANUC, il n'y a qu'une différence de taille entre l'intégration d'un robot sur un site et la mise au point d'un atelier flexible.

II - LA SITUATION DE LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE ET DES ATELIERS FLEXIBLES

II - 1. POURQUOI DES ROBOTS INDUSTRIELS ?

Les raisons généralement citées par les industriels rencontrés ou, par les rapports que nous avons lus, sont de trois ordres : rentabilité, amélioration des conditions de travail, adaptabilité aux changements.

. la rentabilité :

elle ne peut être définie, dans l'absolu, mais doit être comparée aux autres solutions possibles que sont l'automatisation classique par des machines spécialisées et l'utilisation de main-d'oeuvre. Le diagramme suivant représentant le coût unitaire d'un produit en fonction du nombre d'exemplaires pour chacune des trois solutions illustre ce point :

Pour chiffrer le coût relatif d'un robot, de nombreux éléments doivent être pris en compte :

a) Coût de l'investissement

Le prix du robot n'en représente qu'une partie. Par exemple, dans l'industrie automobile, l'installation d'une ligne de soudage robotisée nécessite l'installation d'une ligne de convoyage des carrosseries assurant un positionnement des caisses à un millimètre près. Le surcoût, par rapport à une installation manuelle est dû à 50 % aux robots et à 50 % à l'environnement à installer.

b) Coût d'exploitation

Nous retiendrons trois points :

- . la mise en oeuvre nécessitant la programmation et la mise à jour des programmes,
 - . le fonctionnement,
 - . l'entretien. Ce poste peut être coûteux dans la mesure où les matériels s'avèrent parfois fragiles (1 % de panne pour les robots UNIMATE) et nécessitent un personnel qualifié = ceci représente un frein à leur utilisation dans des industries à niveau technologique peu élevé.
- .../...

Il est d'usage de prétendre que le coût de la main-d'oeuvre ne peut qu'augmenter, alors que le coût d'exploitation d'un robot est fixe. Nous pensons qu'il faut être prudent dans la mesure où la part de l'entretien est importante dans l'exploitation. A titre indicatif, nous citons les chiffres d'UNIMATE pour un matériel de 40.000 \$:

. maintenance	1,05	\$/heure
. énergie	0,25	\$/heure
. entretien	0,4	\$/heure
. amortissement	1,25	\$/heure

- l'amélioration de la qualité

Ce point n'est pas toujours chiffrable (quelle est l'incidence de la régularité des soudures sur une carrosserie ?) mais il semble que les japonais y attachent une très grande importance. Dans certains cas, le gain est évident : la fabrication automatique des cartes électroniques permet la quasi-élimination des erreurs et donc un gain sur les tests et les corrections.

- l'amélioration des conditions de travail

est l'argument très fréquemment cité et il est certain que c'est grâce à cela que la robotique a pu faire son apparition sans rencontrer l'opposition des syndicats. Par la suppression de postes dangereux ou pénibles, l'introduction de robots peut faire diminuer le nombre d'accidents ou de maladies professionnelles.

Il faut, cependant, noter que l'introduction d'un robot ne supprime pas toujours la présence d'un ouvrier : dans de telles circonstances, le travail peut alors être pénible - comme toute machine, le robot a un rythme de travail fixé d'avance - voire dangereux - c'est le problème que posent les lignes de soudage mixtes.

- l'adaptabilité et la flexibilité des robots sont les avantages essentiels de tels systèmes par rapport aux automatismes classiques que nous qualifierons de rigides.

- . étant programmable, un robot ne nécessite qu'une faible dépense lors d'une modification du processus de fabrication (changement de cote d'une pièce par exemple) et peut être utilisé pour d'autres tâches que celles initialement prévues. Notons, toutefois, que cet argument est avancé par les constructeurs et que nous n'en avons aucun exemple.
- . il est enfin possible au robot, de traiter successivement des pièces différentes suivant les ordres reçus d'un calculateur externe ou suivant ce qu'il " voit " s'il est doté de capteurs appropriés : on peut ainsi sur une chaîne robotisée de soudage traiter différents modèles de véhicules.

.../...

II - 2. POURQUOI DES ATELIERS FLEXIBLES ?

Comme nous l'avons vu, les ateliers flexibles doivent permettre de fabriquer, en petites et moyennes séries (ou en grandes séries mais avec des lots réduits) avec des coûts de production comparables à ceux des grandes séries.

. Diminution des stocks :

La gestion par un ordinateur doit permettre de produire selon les demandes : nous pensons, par exemple, à l'atelier fabriquant des pièces et les assemblant par la suite - Il faut, cependant, admettre que si la demande est fixée par un client et non par l'atelier lui-même, le niveau des stocks est, sauf au Japon, plus fixé par la prévention des grèves que par des impératifs techniques.

. Saturation des outils de production : la gestion centralisée assure, en effet, à chaque instant, l'utilisation maximale des machines - et le passage le plus rapide des produits.

. Diminution de main-d'oeuvre : pour fixer les idées, l'atelier ROBOGATE de FIAT a permis de passer de 200 à 116 personnes.

II.3) Les principaux matériels existants

II.3.1) Robotique industrielle :

Les principaux constructeurs de robots industriels sont les japonais et les américains. Parmi les européens les Suédois ont une place de leader, les Allemands, Français et Italiens ayant eux aussi des installations intéressantes. Sans prétendre passer en revue de façon exhaustive les différents matériels nous nous proposons de citer les principaux constructeurs et de donner les caractéristiques dont nous disposons sur leurs matériels sur le plan technique et économique. Il faut cependant savoir que beaucoup de matériels ont été développés pour les besoins propres des constructeurs et n'ont pas été commercialisés, les prix indiqués sont dans ce cas peu significatifs.

III.) LE JAPON

Notre principale source d'informations est un rapport de l'Ambassade de France à Tokyo datant de septembre 1979.

La production de robots industriels s'est développée à partir de 1972 pour atteindre un marché de 450 MF en 1978 avec une croissance annuelle de 30 %, plaçant le Japon en tête de cette industrie. En 1978 on dénombrait 135 sociétés fabriquant des robots et des manipulateurs.

- Aida Engineering a développé des robots pour le formage.
 - Auto hand 100 exemplaires par an à 60 KF. C'est un manipulateur réglable par butées et contacteurs et nécessitant 30 minutes pour être installé. La puissance est d'origine pneumatique et la charge maximale de 5 Kg.
- Daini Seiko a produit des matériels pour ses besoins propres :
 - Versatran 20 exemplaires produits à 250 KF
 - Press arm : Robot de découpe produit à 15 exemplaires à 350 KF
 - Tapping manipulator : 20 produits à 750 KF.
- Fujitsu Fanuc Numéro un de la robotique japonaise est un producteur de machines outil à commande numérique. Les robots produits sont les suivants:
 - Sirobot 1 - Produit en Grande Bretagne et RFA. Commandé par microprocesseur et ayant 5 degrés de liberté, il est conçu pour servir une machine outil. Son coût est de 250 KF.
 - Sirobot 2 6 degrés de liberté, 600 KF
 - Model 0 Nouveauté de Fanuc, devant être produit à 1 000 exemplaires par an. Il s'agit d'un manipulateur pour l'usinage (précision 1 mm) de 60 KF.

- Model 1, Robot d'usinage d'un prix de 120 KF produit à 80 exemplaires par an doté de 3 degrés de liberté sur le bras et de 3 sur le poignet.

L'énergie est électrique et pneumatique, la charge utile de 31 Kg.

Hitachi

A développé des matériels pour ses besoins propres.

Hitachi parker Pour la peinture, 20 exemplaires produits à 300 KF
Aros Robot de soudure à l'arc 20 exemplaires à 500 KF.
Machine Hand 30 produits à 200 KF.

Kawasaki

Fabrique des matériels sous licence Unimation en particulier les séries 2600 et 6060 pour la soudure et le nouveau PUMA.
 La production est de 250 modèles par an.

Kobe Steel

Produit des robots pour ses besoins propres
 - Arc man pour la soudure à l'arc au prix de 400 KF et au rythme de 5 unités par an.

Mitsubishi

Robitus RC 50 exemplaires par an au prix de 200 KF
 - Iwata 30 par an à 300 KF

Nachi fuji kooki

A fabriqué 120 exemplaires des séries 4 000 et 7 000 (soudure à l'arc), 5000 (peinture) et 6 000 (soudure par point) d'un prix unitaire de 400 KF environ.

STAR Seiki

réalise 80 % de son chiffre d'affaires dans la branche robotique, avec des matériels pour l'injection de matières plastiques. 1 600 exemplaires des séries K et du MHY ont été vendus (100 KF et 160 KF).

Toshiba Seiki

propose un grand nombre de matériels :

- RBM et RHP : ces robots de découpe et d'emboutissage sont fabriqués à 80 exemplaires par an au prix de 35 et 50 KF.
- IX 25 : produit à 30 exemplaires à 300 KF.
- Tosman IX : Robot du type Unimate, de conception ancienne, à 5 ou 6 axes, hydraulique avec une mémoire de 300 ou 500 pas. Il est proposé au prix de 300 KF.
- Tosman 200 : Pour la soudure par point est produit à 50 exemplaires par an, au prix de 60 KF.

Yaskawa

- Motoman : 60 exemplaires produits, pour la soudure à l'arc, au prix de 300 KF.
- Motohand : 1 800 exemplaires fabriqués à 200 KF.

B. LES ETATS UNIS

On trouve aux Etats-Unis deux grands constructeurs. Unimation du Groupe CONDEC (matériel électrique) et Cincinatti Milacron).

Unimation est le leader de la robotique mondiale.

- Unimate. Les robots sont très répandus surtout dans l'industrie automobile partout dans le monde (PEUGEOT, VOLVO, TOYOTA) et principalement employés pour la soudure par point. Ils ont été produits à 3 000 exemplaires (400 KF).

Plusieurs séries sont proposées, 2 000 et 4 000 capables de porter des charges entre 35 et 135 Kg, avec 6 degrés de liberté et une puissance hydraulique. Ce sont des matériels de conception relativement ancienne, aujourd'hui dépassés au niveau de la précision.

- PUMA. Deux modèles existent le 250 et le 500 au prix de 150 KF. Ces robots sont conçus pour l'assemblage de petits ensembles : ils sont capables de porter de charges de 2 et 2,5 KG, ont 6 degrés de liberté et sont munis de vision artificielle. L'informatique est basée sur l'emploi de 5 microprocesseurs LSI 11 de D.E.C.

Cincinatti Milacron

CH 6

Robot à puissance hydraulique à 6 degrés de liberté employé principalement pour le soudage. Il peut travailler en poursuite, c'est à dire sur des objets défilant sur une chaîne.

Prab Coveyor

Les modèles 4 200 et 5 800, sont en fait de manipulateurs séquentiels à 4 ou 5 degrés de liberté. La puissance est hydraulique et permet de manipuler des charges de 50 Kg. Le prix est de 100 KF mais ces matériels n'ont aucune électronique : la programmation se fait par tambour à cames après réglages de butées fixes.

Autoplace

fabrique un robot doté de vision artificielle.

C. SUEDE :

On trouvera en annexe à ce rapport une étude sur la robotique suédoise, nous voulons cependant citer ici les principaux matériels.

ASEA

Les modèles, RG et IRb 60 ont été vendus à 250 exemplaires : dotés de 6 degrés de liberté ils ont des capacités de 6 et 60 Kg pour des prix de 250 et 400 KF.

Les applications sont nombreuses en particulier le soudage à l'arc l'ébarbage et le polissage. La puissance est électrique (moteur pas à pas). La programmation se fait en point par point ou en continu et les programmes peuvent durer 60 minutes.

ELECTROLUX

L'originalité de la firme est de proposer des robots modulaires, chaque degré de liberté étant assuré par un module. Leur commandes est pneumatique. Leur programmation se fait en choisissant les positions successives à atteindre parmi celles qu'ont déterminé le réglage de butées électromécaniques sur chaque mouvement.

SENIOR	15 KG, 120 KF
JUNIOR	5 KG, 65 KF
MINIOR	1 KG, 25 KF
FILLER	75 KF

est un manipulateur pick and place

est utilisé pour les fonderies sous pression.

RETAB

Est un grand exportateur de machines-outil à commande numérique et propose un seul robot ; le COAT-O-MATIC.

C'est un robot actif (portant l'outil) pour le traitement de surface doté de 6 degrés de liberté. La puissance d'origine hydraulique permet des charges de 5 à 15 KG. 75 robots ont été vendus au prix de 225 KF.

KAUFELDT

A fabriqué 400 robots à partir de la version de base A.3. La puissance est pneumatique, et comme pour les robots électrolux, la programmation nécessite tout d'abord le réglage des butées électromécaniques. La capacité varie de 5 à 30 KG et le prix de 150 à 450 KF.

BRINK HALL

Fabrique le BRINK Spray pour la pulvérisation.

TRALLFA

Nous citons ici ce constructeur norvégien, connu pour ses robots de peinture à 5 ou 6 degrés de liberté, de puissance hydraulique et à commande entièrement électronique. TRALLFA a aussi développé autour de ce robot un poste complet de soudure.

D. REPUBLIQUE FEDERALE ALLEMANDE

Les renseignements dont nous disposons sont, malheureusement, très limités.

SIEMENS

Fabrique les Sirobot 1 et 2 sous licence Fanuc.

KUKA

Robot Famulus à 2 ou 3 axes, pour la soudure légère.

ZF

Fabrique des manipulateurs à 4 axes pour le chargement de machines outil

E. FRANCE

On trouve en France deux pôles de robotique : RENAULT et le CEA dont les matériels sont peu commercialisés, et un certain nombre de petits constructeurs très dispersés.

ACMA CRIBIER du Groupe RENAULT

- Robot de soudage à 6 degrés de liberté et à puissance hydraulique d'une capacité de 80 kgs. L'informatique est basée sur un Mitra 105 et la programmation des 6 axes se fait de manière indépendante.

Ce robot est construit à partir de modules, ce qui permet de l'installer sur pied ou sur portique. Il a été produit à 30 exemplaires en 1979 au prix de 700 KF sans succès commercial.

- Robot de peinture dit trompe d'éléphant à 7 degrés de liberté est le seul de ce type à notre connaissance présent sur le marché. Sa programmation se fait par enregistrement des mouvements d'un pantin d'apprentissage. La puissance est d'origine hydraulique.

CEA

MA 23 issu de télémanipulateur du CEA, ce robot possède 6 degrés de liberté. On en trouve une description en annexe.

.../...

AOIP

A vendu 5 robots de peintures à 6 degrés de liberté programmables par apprentissage.

CAREL FOUCHE LANGUEPIN

Produit des robots de soudage par point à 5 degrés de liberté à puissance électrique (moteurs pas à pas) programmables en point par point ou par apprentissage.

SCIaky

Produit un robot de soudure de 600 KF capable de porter 80 kgs.

F. ITALIE

OLIVETTI

Produit des robots pour l'assemblage.

SIGMA Robot à deux bras ayant chacun 3 degrés de liberté à puissance électrique. La charge est de 10 kgs. La précision de 0,1 mm. Au 31 Octobre 1979, 107 robots de ce type ont été vendus

COMAU du Groupe FIAT

Fabrique le POLAR 6000 utilisé principalement pour la soudure par point. C'est un robot doté de 6 degrés de liberté, d'une capacité totale de 60 kgs avec une précision de 1 mm. Sa puissance est hydraulique.

II.3.2) LES ATELIERS FLEXIBLES

Les réalisations les plus nombreuses dans ce domaine se trouvent au Japon qui possède au moins une centaine d'ateliers flexibles et qui est capable de proposer des systèmes clés en main à ses clients. Aux Etats-Unis, bien que les renseignements dont nous disposons soient très limités, les systèmes DNC (contrôle direct des machines par ordinateur) existent. Les pays européens présents dans le domaine sont les mêmes qu'en robotique.

A. JAPON

- Aida Engeneering fabrique des centres d'emboutissage entièrement automatisés dont la première version a été, sans doute, financée par l'Etat. Le modèle Mark II comprend :

- . des dérouleurs de bande de tôle
- . la presse
- . des centres de stockage d'outils avec des systèmes de transfert pour le changement automatique
- . des magasins de pièces fabriquées
- . un calculateur de commande.

Des versions plus simples que le Mark II livré à Nippon Denso ont été réalisées : Mark III à logique câblée et le Mark IV.

.../...

- FANUC

propose un système DNC série K

- HITACHI SEIKI

livre un système complet allant des palettes à la machine-outil avec l'informatique de commande.

- NIPPON DENSO

Cette firme utilise le système Mark II de Aida ainsi qu'une installation fabriquant des indicateurs de température pour l'automobile. Grâce à la gestion en temps réel de la production, la société peut fabriquer 50 types d'indicateurs sans formation de stock. Le système se compose de :

- 10 postes de travail (montage du bilame, des vis) dont 7 seulement travaillent à un instant donné, le choix des postes dépendant du modèle d'indicateur et étant fait par le calculateur : chaque opération des postes dure environ une seconde et il faut aussi une seconde pour changer de production.

- des convoyeurs entre les postes.

- un système de tri en fin de chaîne.

- un ordinateur de commande.

- TOSHIBA KIKAI

Le système FMS TT 80 construit par la société comprend :

- deux centres d'usinage

- des convoyeurs à commande directe

- l'informatique de commande

- TOYODA

propose le système Tipros capable de gérer entre 4 et 20 machines outils à commande numérique et des systèmes de transfert.

B. ETATS UNIS

- Cincinnati Milacron

a déjà deux références chez Otis et Caterpillar. Cette firme a été choisie par le Department of Defense pour la réalisation d'un atelier flexible en construction aéronautique.

- Kearney Trecker

a fourni une installation à Allis Chalmers et au moins 4 réalisations depuis.

C. LA SUEDE

Selon l'ambassade, on trouve en Suède une vingtaine d'installations flexibles à commande numérique directe. Nous n'avons pu obtenir que peu de renseignements sur ces systèmes.

.../...

- Volvo

a acheté un système à Comau pour l'assemblage de caisses d'automobiles dans son usine de Torslanda.

- Bygg urd Transportekonomi

est un fabricant de matériels de levage. L'atelier flexible est utilisé pour la fabrication de pièces mécaniques et comprend :

- 17 machines outil à commande numérique
- une machine multiopératoire avec 70 outils s'échangeant en 4 secondes
- une grue automatisée pour servir les machines disposées en ligne
- une commande numérique Saab-Scania

Selon les documents remis, l'atelier peut fonctionner à 2 équipes de jour et automatiquement la nuit, ce qui, compte tenu de l'entretien et des pannes, donne 4.500 heures de fonctionnement par an. La rentabilité du capital est alors de 50 %.

D. ITALIE

On compte en Italie une dizaine d'ateliers flexibles. Le système Robogate de Comau est installé à Rivalta et à Cassino pour la construction de Fiat Ritmo. Cet atelier a été vendu à Volvo équipé de robots Unimate à la place des Comau.

- Comau : Robogate

Le système assurant l'assemblage des caisses et des panneaux de côté comporte :

- . deux stations de pointage pour positionner les différents éléments
- . des postes de soudage équipés de robots
- . des chariots automoteurs à guidage au sol
- . un calculateur gérant l'ensemble.

Selon Comau, seulement 20 % du prix de l'installation est spécifique du modèle de voiture.

- Olivetti

En collaboration avec Comau, Olivetti a participé à la construction de deux ateliers flexibles. Le premier à Modena a été livré à Comau, le second doit être livré à Maserati à la fin de l'année 1980. Cet atelier comprendra :

- 8 centres d'usinage conçus par Olivetti
- un système de transport conçu par Comau
- des machines à commande numérique Olivetti
- un système de gestion globale Olivetti.

E. FRANCE

Il existe en France deux ateliers flexibles à notre connaissance. Le premier chez Caterpillar pour la fabrication d'éléments d'engins de travaux publics, le second chez un constructeur d'ascenseurs (Combaluzier) pour la fabrication de cages dont les dimensions ne sont jamais standardisées.

- Renault

Une réalisation importante est en cours de montage à Boutéon chez Renault Véhicules Industriels pour la fabrication de boîtes de vitesse de poids lourds. Cet atelier comprend :

- . 40 centres d'usinage CIT Alcatel
- . des machines modulaires Renault et CIT Alcatel
- . des postes de vissage, dévissage.
- . des postes de contrôle
- . un système de manutention par chariots automoteurs SEIV
- . un calculateur Solar et des commandes numériques NUM.SA

Cet atelier doit employer 3 personnes, dont 2 pour le chargement déchargement à l'entrée et une pour la supervision.

II.4. LA ROBOTIQUE INDUSTRIELLE DANS L'INDUSTRIE AUTOMOBILE

Représentant plus de 30 % de la demande mondiale de robots industriels, l'industrie automobile a largement contribué à faire connaître ceux-ci en France. Les lignes de soudage robotisées de FLINS servent souvent de référence à la presse. C'est d'ailleurs le groupe RENAULT, par l'intermédiaire de sa filiale ACMA-CRIBIER qui fait figure de leader de la robotique en France. De même, le seul système flexible d'usinage commandé à ce jour en France sera livré à RENAULT VEHICULES INDUSTRIELS. Tout ceci fait que, bien souvent, on assimile systématiquement la robotique industrielle à ses applications dans l'industrie automobile.

Nous nous proposons de décrire succinctement le niveau d'équipement en robotique des principaux constructeurs, puis de nous interroger sur les raisons qui ont conduit à ce développement de la robotique dans le secteur, afin d'examiner les besoins futurs les plus probables.

I - LA STRUCTURE ACTUELLE

- L'utilisation de robots industriels la plus courante concerne l'assemblage et la soudure par points des caisses des véhicules et de leurs composants. La plupart des grands constructeurs se sont équipés pour au moins un de leurs modèles de chaînes de soudage robotisées. Il peut s'agir soit d'une ligne transfert, les robots étant disposés sur les côtés de la ligne ou suspendus à un portique (c'est la majorité des cas) ; soit d'un véritable atelier flexible dans lequel les véhicules, transportés par chariots automoteurs se déplacent entre des stations de soudage, le trajet dépendant du type de véhicule. (Système robogate utilisé par FIAT pour le modèle RITMO). Chaque installation comprend de 10 à 50 robots.

Actuellement, la préparation des éléments de carrosserie (côtés de caisse) portes, pavillon, etc ...) est en majeure partie confiée à des machines soudeuses multipoints, les robots n'intervenant le plus souvent qu'au niveau de l'assemblage de la caisse et effectuant donc entre 10 et 20 % des 3 000 à 4 000 points de soudure du véhicule. Il est probable que la proportion des machines multipoints diminue au détriment des robots, par suite, d'une part, de l'abaissement prévisible du prix de ce dernier, d'autre part, de leur possibilité de s'adapter aux modifications des gammes. Certains constructeurs (VOLVO : série 240, FIAT : RITMO, CHRYSLER : HORIZON) utilisent déjà des robots pour souder des éléments de caisse.

- Bien que les réalisations les plus spectaculaires concernent l'assemblage des caisses, l'industrie automobile intègre la majeure partie des utilisations actuelles des robots : peinture, manutention, ébarbage.

Les robots de peinture sont encore peu répandus. Il faut y voir la conséquence de problèmes de fiabilité (BASFER, TRALLFA) ou de rentabilité (RENAULT).

Par contre, l'utilisation de robots servant et desservant des machines outils est très répandue dans les ateliers de mécanique des constructeurs suédois (VOLVO, SAAB) et chez les Japonais.

. Les constructeurs ont opté :

- Soit pour l'utilisation des matériels existant sur le marché, principalement UNIMATE pour la soudure, ASEA pour les manutentions : c'est le cas des constructeurs Japonais, suédois, américains et de P.S.A,
- Soit pour le développement de leurs propres matériels : RENAULT, VOLKSWAGEN, BMW, FIAT.

Notons que RENAULT est le seul d'entre eux à avoir développé un robot de soudure par points et un robot peintre qui ne soient pas, plus ou moins, une extrapolation des UNIMATE.

	RENAULT	P.S.A.	VOLVO	V W	TOYOTA	FIAT
Nombre de robots en mars 1980	40 (80 en 1981)	20	90	?	≥ 300	150 à 200
Principaux types	ACMA-CRIBIER	UNIMATE	UNIMATE CINCINATTI ASEA	UNIMATE V W	UNIMATE (KAWASAKI)	UNIMATE COMAV.

- . Le secteur du véhicule industriel est le domaine privilégié des ateliers flexibles. Les séries évidemment beaucoup plus faibles que dans l'industrie automobile, les variantes nombreuses exigées par les contraintes de la politique commerciale interdisent le recours à une automatisation trop rigide. Il faut s'attendre à voir se développer, entre autres, les systèmes flexibles d'usinage. On compte déjà au moins six installations de ce genre en Italie chez FIAT, IVECO et SOFIM, allant de l'atelier conçu pour 1 000 moteurs par jour, très productif mais modérément flexible, à des systèmes capables d'usiner des petites rafales de pièces aux configurations géométriques très différentes. (Cf. annexe sur l'Italie).

En France, R.V.I. met en place un atelier pour l'usinage de boîtes de vitesses pour poids lourds. Le coût de l'installation est estimé à 45 MF. L'atelier sera constitué de :

- quatre centres d'usinage,
- une machine modulaire d'alésage-dressage fournie par CIT.ALCATEL,
- deux machines modulaires convertibles fournies par la Société Mécanique de CASTRES du Groupe RENAULT,
- des chariots automoteurs fournis par SEIV,

- un minicalculateur,
- des automates programmables,
- les logiciels nécessaires à la commande de l'atelier.

Il s'agira de la première réalisation de ce type en France.

Parmi les nombreuses réalisations japonaises, nous citerons simplement la firme NIPPODDENSO qui fabrique des radiateurs pour l'industrie automobile en utilisant le centre flexible d'emboutissage mis au point par AIDA engineering.

POURQUOI CE DEVELOPPEMENT ?

La robotique industrielle et les ateliers flexibles ont dans l'automobile un champ d'application énorme. Leur développement s'intègre à la politique industrielle des constructeurs qui ne peuvent faire l'impasse sur une telle évolution technique. Il nous paraissait cependant utile de nous poser les trois questions suivantes

- . Quelle est la rentabilité de ces installations souvent spectaculaires ?
 - . Vont-elles réellement dans le sens d'une plus grande souplesse de production ?
 - . Comment s'intègrent-elles dans la stratégie sociale des constructeurs ?
- Le problème de la rentabilité n'est pas le plus évident. La construction d'une ligne de soudage robotisée ou d'un système flexible d'usinage apporte, certes, un gain de productivité du travail impressionnant : l'effectif à production constante passe de 200 à 100 personnes dans le cas du système ROBOGATE de FIAT. Néanmoins, l'incidence sur le prix de revient du passage d'une installation classique à une installation robotisée est encore mal connue (ou considérée comme un secret industriel !).

Dans le cas d'une ligne de soudage, il faut évidemment ajouter au prix des robots, celui d'installations de transfert précises, de dispositif de manutention et de fixation des tôles, d'une mise au point longue et d'éventuels aléas techniques. Ainsi, quoique l'installation d'un robot supplémentaire dans un atelier déjà équipé pour le recevoir puisse s'amortir de façon satisfaisante, qu'en est-il de l'atelier complet ? On peut citer trois exemples

La chaîne de soudage des RENAULT 18 semble d'une rentabilité "limite" par rapport à une chaîne "classique", conséquence de la forte cadence de production (ce qui va à contresens de la conception qui veut que le domaine de la robotique soit celui des séries moyennes).

La chaîne des VOLVO série 240 (Cf. Annexe Suède) s'avère peu intéressante en raison d'un taux de pannes de l'ordre de 30 %.

Enfin, le système ROBOGATE de FIAT s'apparente un peu au projet d'atelier

sans hommes des Japonais. Sa rentabilité réside certainement plus dans ses retombées techniques et commerciales que dans le coût de production du modèle RITMO (Cf. Annexe Italie).

Il est très probable que le coût relatif robot/main_d'oeuvre évoluera dans un sens favorable aux robots, mais nous nous trouvons actuellement dans une période transitoire où l'incertitude de ce rapport constitue un frein au développement de la robotique. Ainsi, l'obligation faite aux constructeurs américains de refondre complètement leurs gammes d'ici à 1985, en application des mesures gouvernementales sur l'énergie, va conduire à des investissements colossaux dont les industriels de la robotique devraient pouvoir tirer profit. Mais, il semblerait que des raisons purement économiques fassent hésiter les constructeurs.

- L'argument le plus couramment cité en faveur des robots concerne leur flexibilité.

Une chaîne robotisée permet, en principe, de fabriquer simultanément plusieurs modèles voisins ou plusieurs variantes d'un même modèle. En cas d'arrêt de fabrication d'un modèle, une grande partie du capital investi peut être réutilisée.

Force est cependant de constater que cette flexibilité des robots est peu utilisée. Le ROBOGATE, l'installation la plus spectaculaire ne fabrique que quatre variantes de la RITMO. Quant à la réutilisation sur un autre modèle, on peut se demander ce qu'il advient d'un robot utilisé pendant huit à dix ans, durée de vie normale d'une voiture.

Certains détracteurs du ROBOGATE vont jusqu'à affirmer que cette installation est d'une intensité capitaliste telle qu'elle lui ôte toute souplesse. Nous n'irons certes pas aussi loin. Néanmoins, il nous semble que cette question de la flexibilité nous amène au problème suivant : faut-il considérer les robots comme des machines-outils comme les autres ou leur emploi doit-il déboucher sur la notion de système flexible, impliquant par là de s'éloigner de la conception classique des lignes de production ? Ainsi, la conception actuelle des lignes de soudage robotisées est très anthropomorphique : le robot remplace un ou deux O.S. parce que le geste de celui-ci s'automatise bien par l'emploi de celui-là et que la cinématique de ce geste est hors de portée de toute autre machine. Son travail est répétitif et de forte cadence, sa flexibilité souvent peu exploitée.

- L'accent est souvent mis sur l'impact social de la robotique remplaçant des tâches pénibles et fort peu valorisantes par des tâches plus " nobles " ou moins dangereuses. Cet aspect a certainement joué dans l'industrie automobile où les cabines de peinture, pour ne citer qu'un exemple, posent d'énormes problèmes de conditions de travail, et constituent, en conséquence, un foyer traditionnel de grève. Mais, c'est certainement autant dans la stratégie sociale à long terme que dans la recherche de l'amélioration des conditions de travail qu'il faut chercher la motivation des constructeurs. L'industrie automobile entre dans une phase d'incertitude : plus faible croissance du marché, incertitudes commerciales quant aux retombées psychologiques d'une éventuelle pénurie pétrolière, difficultés de certains constructeurs, etc ...

.../...

Face à cette situation, l'exigence d'une forte productivité devient déterminante, pour diminuer au maximum l'éventualité d'une crise comparable à celle de la Sidérurgie. La Robotique s'inscrit alors dans le cadre plus général d'une politique d'automatisation progressive, dont elle n'est qu'un aspect.

LE FUTUR

- . Parmi les évolutions les plus probables des matériels, il faut évidemment citer l'emploi de robots à reconnaissance visuelle et/ou tactile. Immédiatement en aval des opérations d'assemblage de la caisse, le ferrage (fixation des ouvrants : portes et capots) nécessite de tels robots, l'emplacement des filets étant trop peu précis pour permettre un travail en aveugle. Il en est de même pour la soudure à l'arc ainsi que pour la saisie et la manutention de pièces aux formes géométriques complexes. Dans le cas où, actuellement, le robot travaille en aveugle, l'adjonction d'un système de reconnaissance visuelle pourrait rendre inutile l'emploi d'un convoyage très précis.
- . Le domaine des utilisations possibles de la robotique dans l'Automobile apparaît déjà comme très vaste. Il couvre dans le secteur Carrosserie-Montage l'emboutissage des tôles, l'assemblage et la peinture des caisses ; dans le secteur mécanique, il s'étend de la fonderie à l'usinage. Ce domaine est loin d'être rempli : chez les constructeurs français, par exemple, on s'est beaucoup préoccupé du soudage et de la peinture mais peu de la mécanique. Il est vrai que le développement de la robotique peut se heurter à une autre nécessité stratégique, l'effort de standardisation.

Tous les constructeurs insistent sur la nécessité de produire des organes mécaniques en série de plus en plus élevés, quitte à s'associer pour produire en commun ces organes. (Exemple : moteur commun PEUGEOT-RENAULT-VOLVO) Une telle tendance rendrait plus intéressant l'emploi de machines-outils spécifiques.

- . Cette tendance n'intervient pas dans le domaine du véhicule industriel. Paradoxalement, la taille trop faible des séries y a limité, pour l'instant l'emploi des robots de soudure. Par contre, les systèmes flexibles d'usinage commencent à se développer. Les ateliers flexibles s'introduisent d'ailleurs dans des stades très divers de la fabrication : le contrôle des moteurs pour ne citer qu'un exemple (Cf. Annexe Italie).
 - . Ce qui vient d'être décrit correspond à des applications où les robots industriels et les ateliers flexibles commencent seulement à s'introduire, mais où ce qui se fera ne représentera pas un bond technologique par rapport aux réalisations actuelles. Les références sont absentes en dehors de quelques réalisations expérimentales (HITACHI : assemblage d'aspirateurs par robot à deux bras). Il s'agit là vraisemblablement de l'enjeu le plus important de la prochaine décennie.
-

III - LE MARCHE MONDIAL DE LA ROBOTIQUE

En l'absence d'une définition précise et universellement acceptée du terme de robot industriel, nous avons vu que cette dénomination couvrirait une gamme de matériels assez large, qui diffère suivant les pays. Cette situation rend toute statistique hasardeuse et interdit un recensement précis du parc mondial de robots. D'autre part, la robotique industrielle est une industrie naissante, et son taux de croissance est élevé. Il s'en suit que tout chiffre ne reste guère significatif plus de six mois.

La situation est encore plus confuse en ce qui concerne les ateliers flexibles. Le nombre d'installations flexibles japonaises n'est-il pas surévalué comme l'est celui de robots ? Les "ateliers à intervention humaine limitée" d'ASEA entrent-ils dans cette catégorie, au même titre que les systèmes flexibles d'usinage de RVI ou SOFIM ?

Les chiffres qui vont suivre sont donc, en valeur absolue, peu significatifs. Nous pensons cependant qu'ils reflètent assez fidèlement les grandes tendances du marché et situent correctement les pays occidentaux les uns par rapport aux autres.

- Le parc mondial de robots industriels se répartit en trois pôles d'importance comparable : U.S.A, Japon et Europe.

D'après le Cabinet FROST & SULLIVAN, on comptait déjà, fin 1975, 5900 robots de génération 1 (i.e. manipulateurs de type "pick and place" exclus), dont :

- Japon : 2 200
- U.S.A. : 2 000
- Europe : 1 700

Une estimation plus récente, excluant les pick and place et les petits manipulateurs programmables de prix inférieurs à 120 kF donnait, pour 1979 :

- Japon : 2 100
- U.S.A. : 1 800
- Europe : 1 000

Ces données évoluent très vite. Actuellement, il nous semble raisonnable d'évaluer à 4 000 unités le parc européen de robots installés ou commandés, dont :

- Suède : 1 000
- R.F.A. : 1 000
- Italie : 800
- France : 300

.../...

En valeur, le marché mondial était estimé à 100 M \$ en 1978, dont :

- Japon : 40 %
- U.S.A. : 30 %
- Europe : 30 %

Ce chiffre, qui est équivalent au sixième de la production française de machines-outils, reste encore relativement faible. Il y a cinq ans, tout le monde s'accordait pour prévoir une explosion du marché au début des années 80 (certaines prévisions tablaient sur un marché de 13 Milliards de \$ en 1985 !), mais, celle-ci se fait attendre, pour des raisons techniques (problèmes de fiabilité, apparition plus tardive que prévue des robots " intelligents ") et économiques (rentabilité peu évidente) . Actuellement, il paraît raisonnable de compter sur un marché mondial de l'ordre du Milliard de \$ vers 1985.

Il resterait à analyser la répartition du marché par type de robots. Le JIRA, qui inclut dans ses statistiques les manipulateurs simples, donne les chiffres suivants pour le Japon :

TYPE DE ROBOTS	REPARTITION EN NOMBRE (%)			REPARTITION EN VALEUR (%)		
	1976	1977	1978	1976	1977	1978
Manipulateurs simples et robots séquentiels	96	94	89	79	67	68
Robots de génération 1	4	6	11	21	33	32

Les manipulateurs séquentiels occupent toujours une place prépondérante mais la part des robots au sens strict croît régulièrement. Néanmoins, la tendance observée à l'heure actuelle est l'abandon progressif des robots à prix élevé et applications multiples et leur remplacement par des robots à prix réduit et spécialisés.

A l'inverse, l'essentiel des productions américaine et européenne est encore constitué de robots à usages multiples et relativement chers. Les exportations japonaises ne représentent encore que 3 à 4 % de la production, mais, s'ils veulent éviter une invasion de matériels japonais, les constructeurs européens et américains auront tout intérêt à pratiquer une politique de réduction des coûts.

.../...

- . La construction d'un atelier flexible est encore saluée comme un évènement (au moins en Europe). Parler dans ces conditions du " marché " des ateliers flexibles relève un peu de la gageure.

En l'absence de recensement plus précis, il nous paraît raisonnable d'avancer les chiffres suivants.

- Japon : un peu moins d'une centaine de réalisations
- U.S.A. : au moins une dizaine de réalisations connues
- Suède : Une vingtaine " d'ateliers à intervention humaine limitée " et une trentaine en projet.
- Italie : au moins dix réalisations
- France : Un système flexible d'usinage (RVI).

Un certain nombre de sociétés, spécialisées dans la MOCN pour la plupart, disposent déjà de références intéressantes :

- au Japon : FUJITJU-FANUC, TOYODA (Filiale de TOYOTA),
AIDA ENGINEERING, TOSHIBA-KIKAI, HITACHI-SEIKI
- aux U.S.A: CINCINATTI MILLACRON, ALLEN BRADLEY, KEARNEY-TRECKER
- En Europe: ASEA, COHAU (Filiale de FIAT).

Il faut noter également l'accord conclu entre SIEMENS et le Japonais FANUC.

IV - LA ROBOTIQUE, LES ATELIERS FLEXIBLES ET LEUR IMPACT SOCIAL

Il était impossible de rédiger un rapport sur la robotique sans consacrer quelques lignes à son impact social. A cause de leur résonnance mythique, parce que leur nom évoque des êtres aux formes anthropoïdes, les robots ne laissent personne indifférent. En caricaturant, on peut distinguer deux sortes de discours sur la robotique et son impact social :

- . l'un met l'accent sur l'influence des robots sur le niveau de l'emploi jugée catastrophique,
- . l'autre, sur leur caractère libérateur, remplaçant des tâches pénibles par des tâches plus " nobles ".

La réalité est certainement beaucoup plus nuancée. Beaucoup de choses ayant été dites sur le sujet, nous nous bornerons à trois remarques :

- . la première concerne les conditions de travail.

On distingue traditionnellement deux groupes de facteurs agissant sur celles-ci : les facteurs ergonomiques qui concernent l'hygiène et la sécurité du poste de travail ; les facteurs psychologiques qui concernent la charge nerveuse, la répétitivité, le contenu du travail, son aspect relationnel.

Quant on parle d'amélioration des conditions de travail, liée à l'introduction de robots, c'est d'abord aux facteurs ergonomiques que l'on pense. Les postes " robotisés " en priorité sont, en général, des postes à forte fréquence d'accidents du travail et à charge physique élevée : forges, fonderies, soudage, emboutissage. La prise de conscience des problèmes de sécurité et les contraintes de la législation du travail ont contribué à cette évolution : dans le cas des ateliers d'emboutissage, certains industriels estiment que la législation interdira pratiquement, à terme, l'emploi de main-d'oeuvre à proximité des grosses presses.

L'influence de la robotique sur les facteurs psychologiques est moins évidente. Une première approche peut consister en l'examen du rapport main-d'oeuvre indirecte/main-d'oeuvre directe. Ce rapport passe spectaculairement de 0,2 à 3 dans le cas du ROBOGATE de FIAT.

Cette approche est, cependant, insuffisante. D'une part, les postes de main-d'oeuvre indirecte ne sont pas tous, hélas, des postes d'ouvriers d'entretien qualifié. Mais, surtout, il existe, paradoxalement, un risque d'aggravation de la pénibilité du poste sur le plan psychologique aggravée. C'est le cas quand l'opérateur est lié au cycle du robot et perd donc la capacité de fixer lui-même son rythme de travail. Nous avons pu, au cours de notre mission en Suède, observer de nombreux cas de ce type.

- . En ce qui concerne l'emploi, il est difficile d'apporter quelque élément sans entrer dans un vaste débat dépassant le cadre de ce rapport : l'automatisation, en général, peut certes constituer une menace pour l'emploi,

mais un rétrécissement des parts du marché pouvant résulter d'une mauvaise productivité, constitue certainement une menace plus grave. Nous nous bornons, ici, à citer la seule contribution chiffrée en notre possession, émanant d'une étude effectuée en Suède. (Source : Ambassade de France à Stockholm). L'étude porte sur 130 robots installés dans diverses entreprises suédoises. En moyenne, l'introduction de deux robots entraîne la suppression d'un emploi d'ouvrier. Encore, cette étude effectuée auprès des seuls acheteurs, ne tient-elle pas compte des emplois créés par l'activité robotique.

Il serait intéressant de faire le bilan des emplois qui disparaîtraient et de ceux qui seront créés, en France, dans les vingt prochaines années, du fait de l'introduction de nouvelles techniques de fabrication.

• Notre dernière remarque concerne le travail en équipes:

La lourdeur des investissements a conduit, de plus en plus, les entreprises à un impératif économique aux conséquences sociales fâcheuses : le recours au travail, en 2 x 8 ou 3 x 8. Une certaine " philosophie " d'utilisation des ateliers flexibles peut conduire à limiter ce phénomène. Au Japon, où le travail de nuit est quasi inexistant dans l'industrie mécanique, des installations automatiques flexibles fonctionnent avec un effectif ouvrier normal de 8 h à 17 h et une seule personne chargée de la surveillance de 17 h à minuit. En Suède, le concept d'atelier à intervention humaine limitée est associé à la même idée.

On voit, sur ces trois points, que les modifications sociales qu'induit la robotique ne lui sont pas intrinsèquement attachées. Son impact social pourra être bénéfique, mais à condition que l'on s'en fixe l'objectif. Il est souvent question d'une éventuelle hostilité vis-à-vis de la robotique, hostilité qui ne s'est pas, jusqu'ici, manifestée. Cette hostilité se manifestera d'autant moins que le développement d'une activité robotique et ateliers flexibles contribuera à créer des emplois ou limiter, par exemple, le travail de nuit.

V - LE SOUTIEN DES POUVOIRS PUBLICS AU JAPON

ET AUX U. S. A.

Nous présentons, dans ce chapitre, les grandes lignes des programmes de soutien des Pouvoirs Publics japonais et américains à la robotique et aux ateliers flexibles.

I - J A P O N

L'automatisation des industries mécaniques de petites et moyennes séries, apparaît pour le M I T I comme un grand objectif national, ce qui a conduit très tôt celui-ci à un soutien actif à la robotique et au lancement du projet connu sous le nom d' "atelier sans homme ".

- a) En ce qui concerne la robotique *, la préparation et la mise en oeuvre des actions de soutien sont confiées par le M I T I à la J I R A (JAPAN INDUSTRIAL ROBOTS ASSOCIATION), sorte de chambre syndicale des fabricants de robots. Les dispositions concernant les robots industriels entrent dans le cadre d'une "loi de soutien aux industries des machines et de l'information ", en vigueur de 1978 à 1985.

Les actions de recherche développement liées à la robotique, entrant dans ce cadre, se verront attribuer des subventions sur un fonds global de 85 MF.

Les acheteurs de robots industriels peuvent bénéficier de prêts avantageux et il est question d'instituer un amortissement fiscal plus rapide pour ceux-ci.

Enfin, le M I T I créera, en 1980, un organisme semi-public pour le leasing des robots, destiné principalement aux P.M.I.

- b) Le projet d' " atelier sans homme " **

Après une première étude exploratoire baptisée M U M (Methodology for unmanned machinshop), le M I T I a lancé, en 1977, pour une durée de sept ans, le programme national d'atelier flexible de fabrication mécanique utilisant le laser, connu sous le nom " d'atelier sans homme ".

.../...

* Renseignements fournis par l'Ambassade de France à TOKYO

** Renseignements collectés auprès du CETIM.

Le budget alloué au programme est de 240 MF.

Il s'agit, par le biais de ce programme, de mettre au point des technologies de fabrication mécanique se prêtant à une automatisation totale mais flexible, destinée aux fabrications de petites et moyennes séries. Le laser sera utilisé pour diverses opérations d'usinage, d'assemblage et de traitement thermique. Vingt sociétés (la plupart des sociétés japonaises concernées par les ateliers flexibles dans la mécanique) associées à trois laboratoires universitaires participent au projet, qui doit déboucher sur la réalisation en vraie grandeur d'un atelier pilote. Cet atelier sera évidemment expérimental et il y a peu de chances, même en 1985, pour qu'il fonctionne de façon satisfaisante sur le plan économique. Par contre, les retombées des nouvelles technologies développées et testées au cours du programme, seront à coup sûr importantes, et le savoir-faire acquis par les participants pourrait déboucher sur des conceptions d'atelier flexible - notamment au niveau de l'architecture du système - très nouvelles. (Il ne faut pas perdre de vue que les réalisations mentionnées dans ce rapport, - exemple : Nippondenso - datent toutes au moins de six ans et que cette génération semble avoir été abandonnée depuis).

<i>Domaine technique</i>	<i>Sociétés contractantes</i>	<i>Laboratoire associé</i>
atelier flexible : système total	. Toshiba Machine Co.	MEL
Usinage	. Toshiba Machine Co. . Makino Milling Machine Co. . Hitachi Seiki Co. . Yasukawa Electric Mfg Co. . Yamazaki Machining Works	MEL
Formage	. Aida Engineering (5.9) . Mitsubishi Heavy Industries . Ishikawagima Harima Heavy Industries Co. . Kobe Steel	MEL NIRIK
Assemblage	. Toyoda Machine Works (5.11) . Yasukawa Electric Mfg Co.	
Laser	. Mitsubishi Electric Co. . Nippon Electric Co. (5.13) . Matsushita Research Institute . Sumitomo Electric Industries . Horiba . Tokyo Shibaura Electric Co.	EL
Diagnostic	. Fujitsu Fanuc (5.4) . Okuma Machinery Works . Shinnippon Koki Co.	MEL
Conception et Programmation	. Oki Electric Industry Co.	MEL

MEL : MECHANICAL ENGINEERING LABORATORY

NIRIK : NATIONAL INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE OF KYUSHU

E L : ELECTROTECHNICAL LABORATORY

II - ETATS UNIS

Aux Etats-Unis, le programme le plus important d'aide fédérale à la robotique est le programme ICAM. (integrated Computer Aided Manufacturing) conduit par l'U.S Air Force. Ce programme qui concerne principalement l'industrie aéronautique militaire a pour objectif immédiat d'abaisser le coût de fabrication des matériels utilisés par l'US. Air Force, mais devrait d'une part accroître le savoir faire des industriels contracteurs en matière d'ateliers flexibles, d'autre part favoriser un transfert de technologie vers d'autres branches de l'industrie américaine. Le budget du programme est de 75 MS, de 1978 à 1985.

Le programme vise un progrès technologique à la fois dans les domaines des robots industriels et de leur utilisation, et dans celui des systèmes flexibles. Il s'agit dans un plan réparti en trois étapes de déboucher sur une réalisation dans l'aéronautique utilisant les robots disponibles actuellement sur le marché.

• Sous-programme A. :

L'industriel contractant est General Dynamics. Ce programme exclue toute recherche et s'attache à optimiser l'utilisation de techniques disponibles. Dans un premier temps General Dynamics a entrepris une mise en commun des connaissances avec Unimation, Cincinatti Milacron, AMF Versatran SRI international, CS Draper Laboratories. Cette phase a débouché sur la définition grossière d'une station robotisée pour le forage de panneaux d'avions. Dans un second temps, General Dynamics avec l'aide des industriels précités a construit et testé cette station utilisant un robot Cincinatti Milacron T3.

Fin 1979, General Dynamics a commencé à utiliser cette station qui peut forer 150 sortes de panneaux d'avions F 16.

Dans une troisième phase, cette station a été complétée par l'adjonction d'un système optique de reconnaissance des pièces, d'un système automatique de changement d'outils, d'un système de manutention et d'un ordinateur central de commande. Le tout est opérationnel depuis mars.

. Sous-programme B. :

Ce sous-programme conduit par Mac Donnel Douglas a démarré en juillet 1978 et doit fournir ses premiers résultats fin 1980. Il s'agit cette fois pour l'essentiel de travaux de recherche dans les domaines suivants :

- . Programmation offline des robots.
- . Langages de programmation pour les robots.
- . Architecture des systèmes flexibles.
- . Systèmes de vision-senseurs.

. Sous-programme C. :

Le contractant est Lockheed. Cette firme doit se baser sur les travaux des deux premiers contractants et les étendre au domaine de l'assemblage. Pour l'instant, la construction d'une unité opérationnelle n'est pas envisagée.

PRESENTATION

Notre mission, organisée par l'Ambassade de France à STOCKHOLM par M. STOPPA a duré du mardi 26 février au vendredi 29, et nous a permis de rencontrer des responsables de VOLVO, SAAT, ELECTROLUX et ASEA, de visiter leurs installations, et enfin de rencontrer des Ingénieurs de l'I.V.F.

On trouvera, dans ce compte-rendu, la description des visites et des entretiens ainsi que des principales conclusions que nous avons tirées de ce voyage.

LA ROBOTIQUE EN SUEDE

C'est en 1974 date à laquelle ASEA et Electrolux ont développé la commercialisation de leurs robots que se situe le démarrage de la robotique en Suède. On compte 800 robots installés en 1978 avec une croissance de 100 unités par an, moins forte que ne le laissaient penser les premières prévisions.

Les principaux constructeurs sont ASEA et Electrolux, Retab et Kaufeldt ayant des tailles plus modestes. Le marché emploie 350 personnes pour un chiffre d'affaires de 30 à 40 MF (10 % du chiffre d'affaires mondial de la branche).

I) Situation actuelle :

C'est principalement par une enquête réalisée en août 1977 que nous pouvons analyser la situation de la robotique Suédoise.

- Les grandes entreprises sont les principales utilisatrices de robots (Cf. Tableau 1) et ont comme Volvo par exemple, une action de promotion en apportant à leurs sous-traitants le soutien technologique nécessaire pour qu'ils s'équipent de tels matériels.

Nb. D'employés	Nb. de robots	%
entre 26 et 100	32	6 %
entre 101 et 500	76	15 %
supérieur 501	405	79 %
TOTAL	513	100 %

TABLEAU 1

Répartition des robots
suivant la taille de
l'entreprise.

- Les utilisations des robots sont très variées. On peut essayer de les classer en deux catégories.

- . Robots actifs (i.e portant un outil) 28 %
- . Robots servant des machines outils 72 %
 - dont servant 1 seule machine (36 %)
 - servant 2 machines (36 %)

L'évolution semble être un développement du nombre de robots actifs.

- Dans le domaine des Ateliers Flexibles l'industrie suédoise est équipée d'une vingtaine d'installations. Le but affiché est de limiter le travail humain sans le supprimer (par exemple : la marche de l'atelier ne serait automatique que la nuit).

II) Les actions en cours

- . Un effort de formation est mené pour pallier le manque de techniciens qualifiés en robotique : en collaboration avec cinq constructeurs, l'association Suédoise de techniciens organise des cours, des conférences sur la robotique industrielle.
- . Un effort de recherche et développement :

La direction pour le développement de la technologie a accordé 3 MF de prêt entre 73 et 78 à des PMI et des laboratoires pour des projets touchant à la robotique. Les grands constructeurs (ASEA, Electrolux) poursuivent leurs recherches sur fonds propres.

- en outre l'IVP a un contrat de 1,1 MF sur un projet de production à intervention humaine limitée (atelier flexible), les études portant sur :
 - . l'élaboration de commandes adaptatives
 - . la coordination entre les robots et les machines outils
 - . la mise au point de logiciels standardisés.

Il n'existe cependant pas à l'heure actuelle de grand projet comme on en trouve au Japon ou aux USA.

ELECTROLUX

Visite à STOCKHOLM du siège d'ELECTROLUX où nous avons rencontré M. SJOQVIST.

Cette visite a comporté trois points principaux :

- . présentation détaillée du matériel ELECTROLUX,
- . présentation d'un film décrivant les principales utilisations du matériel,
- . discussion des aspects généraux de robotique industrielle.

I - LES MATERIELS ELECTROLUX

ELECTROLUX a commercialisé ses premiers robots en 1971 en se plaçant dans le bas de gamme de prix. C'est la conception modulaire des robots d'ELECTROLUX qui en fait l'originalité : chaque module de base ajoute un degré de liberté au système (rotation, translation). Sans donner une description précise des 4 modèles Senior, Junior, Minor et Filler, que l'on trouvera dans les notices jointes, nous décrivons le principe de fonctionnement :

Les robots ont une très bonne précision de positionnement par ce qu'ils travaillent entre un nombre limité de points, déterminés par des butées mécaniques : huit butées pour le mouvement de rotation selon l'axe vertical (360°), six butées pour les déplacements verticaux de la colonne (course de 500 mm), huit butées pour la course du bras (1,1 m) - enfin, différents poignets pouvant être adaptés sur le bras du robot. Ainsi, c'est 392 positions que l'on peut pré-régler et ensuite atteindre à l'aide de la programmation. Le réglage du robot dans son environnement nécessite deux semaines et est effectué généralement par un technicien d'ELECTROLUX.

II- LES EXEMPLES D'APPLICATION

En 1969, les prévisions à long terme pour les besoins propres d'ELECTROLUX en robots étaient de 300 robots, actuellement 200 sont en service. D'après M. SJOQVIST, le marché de ce type de robots, peu chers, est en pleine expansion et l'année 1980 devrait être particulièrement bonne.

Un film de présentation de différentes applications nous a été projeté film dont le texte est joint en annexe.

Deux réalisations nous semblent intéressantes dans la mesure où elles intègrent dans le même atelier plusieurs robots et plusieurs machines-outils, soulevant ainsi le problème de la commande d'un groupe de machines, pas à franchir avant de concevoir des ateliers flexibles.

1. Fabrication d'éléments d'arbre de transmission (voir schéma en annexe)

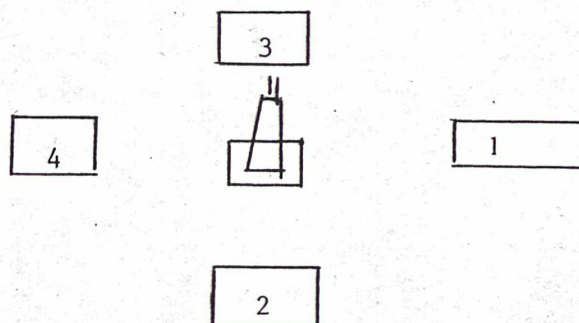
Dans cette réalisation les deux robots sont découplés par l'emploi d'un convoyeur servant de magasin de stockage, et qui permet de changer les outils de l'aléseuse suivant le diamètre des perçages (deux types).

C'est un investissement de 500.000 Couronnes, se répartissant comme suit :

- 200.000 SK pour 2 MHU Senior
- 150.000 SK pour les convoyeurs à rouleaux
- 30.000 SK pour les magasins de sortie
- 125.000 SK pour l'adaptation des machines et les outils

avec un amortissement de 1,5 an obtenu par la réduction de main-d'oeuvre de 2,5 hommes par équipe.

2. Le deuxième exemple concerne la fabrication de petites pièces mécaniques où un robot MHU Senior est utilisé pour servir deux perceuses, une aléseuse, en les alimentant à partir d'un magasin d'entrée.



1. Magasin d'alimentation
2. Perçage grossier
3. perçage fin
4. alésage
5. robot MHU Senior

De même dans cet exemple, l'installation a été amortie en 1,4 an par le gain de 2 hommes par équipe : pour un investissement où les parts étaient les suivantes :

. MHU Senior		62 %
. Magasin		16 %
. Outils,	)	
adaptation	)	22 %

.../...

III - ENTRETIEN AVEC M. SJOQVIST

ELECTROLUX a fourni à l'heure actuelle 300 robots et devrait, si la conjoncture se maintient, en vendre 150 en 1980. Ce développement du marché concerne non seulement les branches traditionnelles (90 % dans l'industrie mécanique), mais aussi de nouvelles branches. Cependant, chaque cas nouveau doit être analysé très à fond et évalué le plus précisément possible : l'abandon du projet d'implanter des robots se situe assez souvent à ce moment-là.

Le problème de l'évaluation de la rentabilité n'est d'ailleurs pas simple et l'expérience vient fréquemment contredire les prévisions la plupart du temps en mieux selon M. SJOQVIST - à cause des gains indirects qui ne sont pas évidents a priori : dans le moulage par injection, la robotisation a permis de limiter considérablement les rebuts de la première pièce de la série grâce à la mise en continu du processus qui évite les refroidissements - la durée de vie des outils est améliorée par l'emploi des robots, et le personnel limité à raison de 0,5 - 0,95 homme par robot.

En revanche, la flexibilité du matériel ne semble pas être un atout réel : on ne change pas de place un robot.

Quant à la durée de vie du matériel, elle correspond à 25 années de travail humain (8 ans en 3 postes).

M. SJOQVIST voit deux évolutions principales dans la robotique :

- 1/ Les robots actuellement proposés garderont une place importante - la demande actuelle en est la preuve - mais ils seront vendus à l'intérieur d'un système pour répondre à un problème donné. Les matériels actuels peuvent répondre à un vaste éventail de demandes, le problème principal étant d'avoir à faire à un secteur suffisamment équipé en techniciens.

L'association du robot à la machine pour fournir un système complet au client peut être effectuée par le constructeur de robots mais aussi par le fabricant de machines : ce genre d'approche, selon M. SJOQVIST se développe, le fournisseur de machines se retournant auprès d'ELECTROLUX pour honorer un contrat.

Pour ELECTROLUX, c'est sur le robot que la marge continue à se faire, l'intégration en un système étant un argument de vente, difficile à réaliser d'ailleurs à cause du risque encouru.

- 2/ Une nouvelle génération de robots doit, par ailleurs, faire son apparition, le PUMA en étant le premier exemple. Il existe actuellement un marché réel pour ce type de machines dans les opérations d'assemblage, notamment et d'autres constructeurs suivront. Le prix de tels matériels serait de 2 MF selon M. SJOQVIST.

Un exemple d'emploi de deux robots PUMA nous a été cité en Australie pour la découpe de moutons sans autre précision.

IV - DOCUMENTS

- . Notice technique des pupitres de commande ELECTROLUX PC 16, PC 50, PC 51,
- . Notices techniques MHU Senior, Junior, Minior,
- . Liste des robots ELECTROLUX en 1978,
- . Présentation du film d'applications.

Nous avons été reçus par M. LENART EVRELL, Ingénieur Marketing des Systèmes des Robots Industriels et de l'Équipement de Commande numérique, qui nous a pilotés dans l'usine et par le Directeur du Département des Robots Industriels et de la Machine-Outil, M. Hans SKOOK, avec qui nous avons pu avoir un entretien.

La visite a porté sur trois installations :

- . Présentation de l'atelier de fonderie sous pression,
- . Présentation de la production automatisée de stators de moteurs électriques,
- . Présentation d'un centre d'ébavurage de pièces plastiques.

I - L'ATELIER DE FONDERIE SOUS PRESSION

Cette installation comporte une presse à mouler et une machine à ébarber servies par deux robots IRb 60. L'intervention humaine a été supprimée, sauf l'alimentation en lingots d'aluminium et les réglages lors des changements de fabrication .

La premier robot prélève la pièce moulée, la refroidit dans l'eau, la dépose dans la machine à ébarber et lubrifie les éléments actifs de l'outil. La deuxième robot décharge la machine à ébarber (c'est le robot qui oriente la pièce devant les différents outils de la machine). La pièce est ensuite évacuée sur un tapis roulant. Devant les machines, il reste cependant du personnel pour la surveillance. et l'entretien.

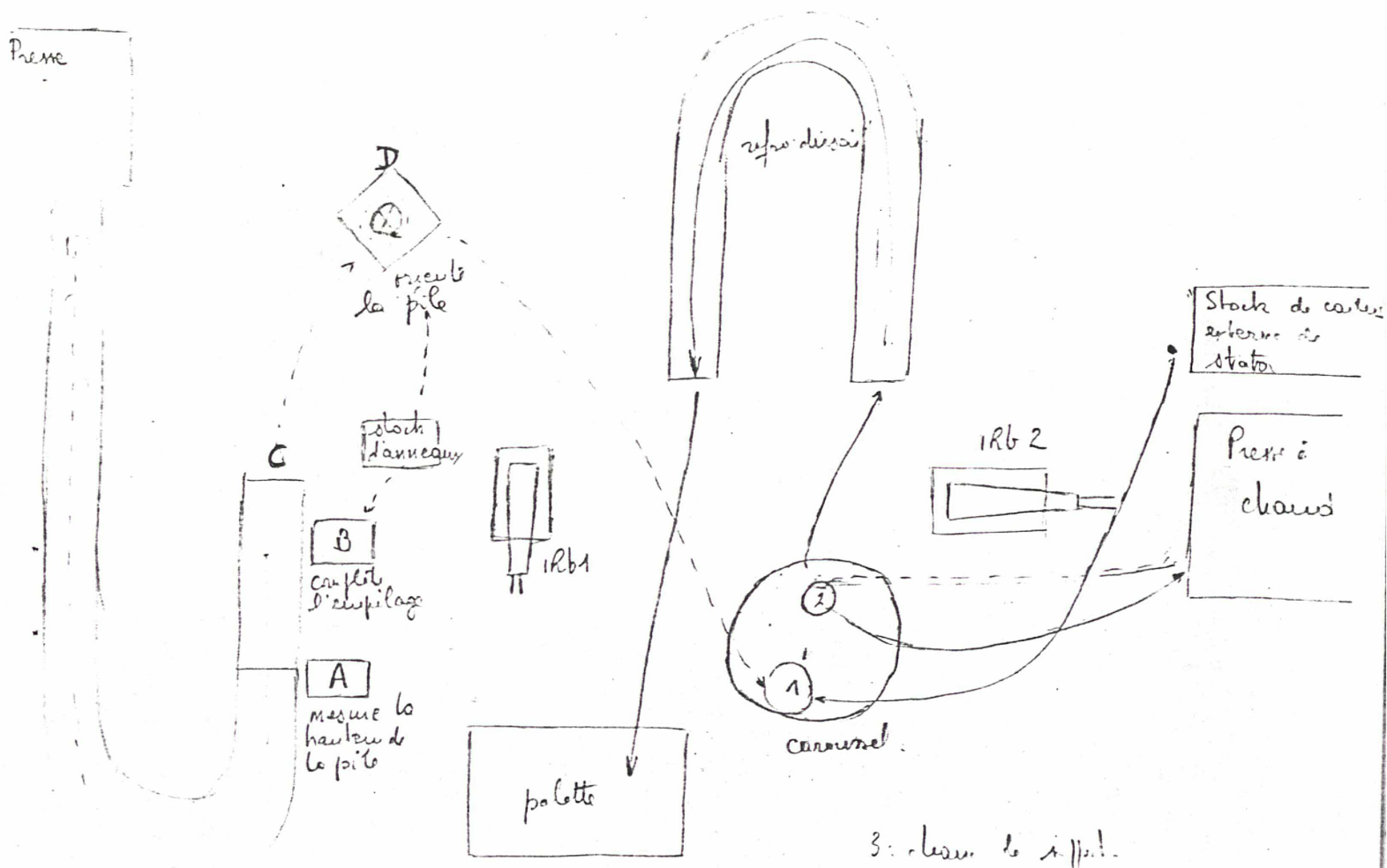
La charge de travail de cet atelier était faible : les problèmes de fiabilité et de taux de panne de ce matériel n'ont donc pas été abordés.

Lors du changement de fabrication (puisque deux types de pièces sont fabriqués par cet ensemble), il faut deux heures d'intervention pour changer les outils et faire les réglages. Le travail se fait en équipes.

L'introduction des robots correspond à un besoin d'éloigner les personnels d'un environnement pénible et non à un souci de rentabilité ou de productivité.

2 - FABRICATION DE STATORS DE MOTEURS ELECTRIQUES

Cet atelier, dont la charge de travail est importante, a été mécanisé et robotisé pour améliorer les conditions de travail mais aussi la productivité (bien qu'aucun chiffre à cet égard ne nous ait été donné).



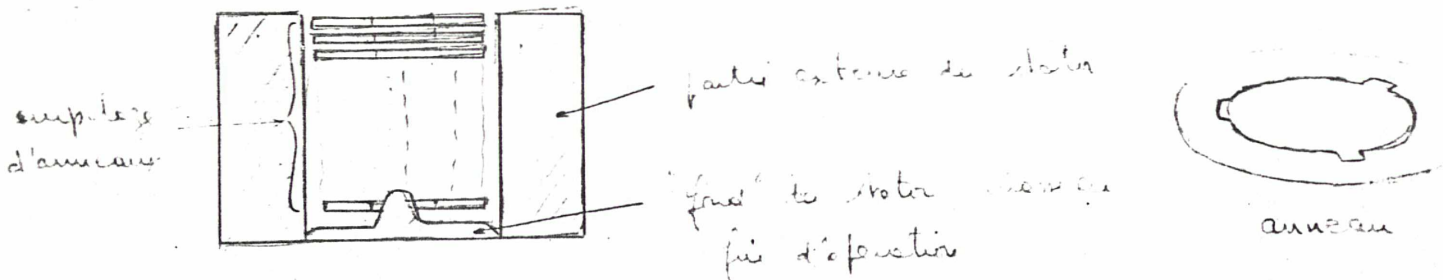
Le plan ci-dessous comprend donc :

- deux robots IRb 60,
- une presse fabriquant des anneaux métalliques,
- une presse à chaud permettant de souder l'empilage d'anneaux métalliques dans le carter externe du stator,
- un stock d'entrées de carters extérieurs de stator,
- une palette pour les produits finis.

.../...

Description

La fabrication consiste, en fait, à empiler un certain nombre d'anneaux magnétiques, présentant des cannelures dans lesquelles seront passés les conducteurs, à l'intérieur d'un carter métallique qui est la partie externe du stator.



Liste des opérations (voir plan page 2).

- 1) Les anneaux sortant de fabrication sont empilés par un dispositif simple sur un transfert. En A, la hauteur de la pile est mesurée, pour permettre à un manipulateur simple, B, de la compléter à la hauteur voulue.
- 2) IRb 1 charge un premier anneau en le retournant sur le dispositif D.
- 3) IRb 1 prend la pile complète en C et la charge au-dessus de l'anneau précédent en D. D oriente les encoches des anneaux.

IRb 1 pose la pile à l'intérieur du carter du stator

IRb 2 charge le carter externe du stator sur le poste 1 du carroussel.

IRB 2 prend l'ensemble et le positionne dans la presse à chaud.

IRB 2 sort l'ensemble de la pièce (à chaud) et le positionne sur la partie 2 du carroussel où le fond du carter est chassé par une presse.

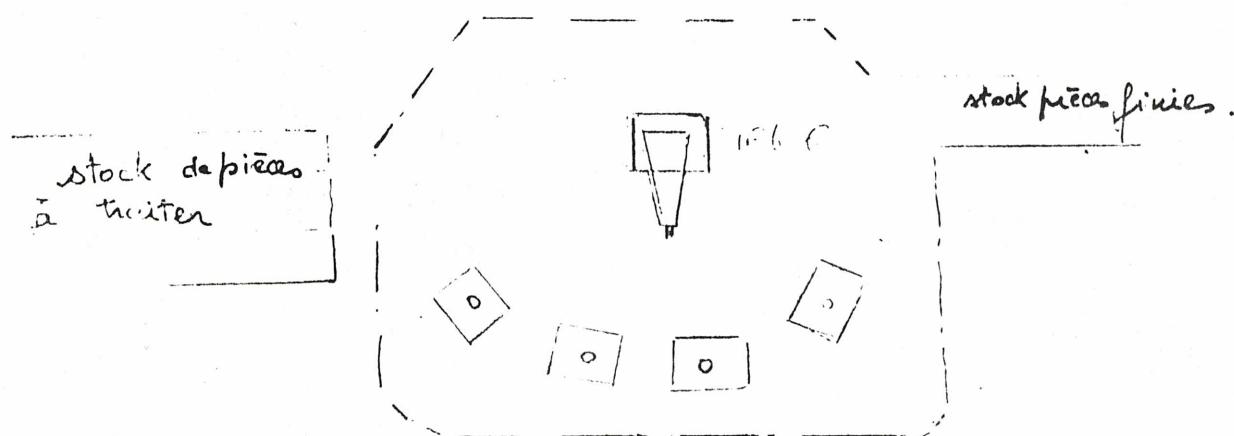
IRB 2 prend l'ensemble et le pose dans le refroidisseur

Cet atelier peut fonctionner sans intervention humaine jusqu'à ce que les stocks soient épuisés. D'ores et déjà, il assure une marche automatique durant les pauses du déjeuner.

Il ne s'agit pas, à notre avis, d'un réel atelier flexible, puisque les changements de production (Cinq types de carter) sont assurés manuellement mais d'un exemple intéressant de fonctionnement d'une cellule autonome comprenant des machines-outils et des robots sous la commande d'un ordinateur.

3 - CENTRE D'USINAGE DE PIÈCES PLASTIQUES

L'ensemble est constitué d'un robot IRB 6,



d'un ensemble de machines simples : forêts, limes, meules, et d'un système de ventilation pour le dépoussiérage.

C'est le robot qui oriente la pièce et la déplace sur l'outil pour les différentes opérations. Tous les outils sont installés à poste fixe, le robot choisissant les machines nécessaires suivant le type de pièce.

Cet ensemble travaille sans aucune intervention humaine. La seule limitation étant la taille du stock d'entrée. L'intérêt de l'installation est sa productivité (cycle de 1 m 30).

Cependant, les réglages nécessitent deux heures (entre des rafales de plusieurs journées) à chaque changement de production (98 types de pièces).

4 - AUTRES REALISATIONS PRESENTEES

Un film réalisé par ASEA nous a été présenté. Les principales applications sont :

- . Soudage à l'arc à l'aide du robot ESAB, pour des cadres de moto,
- . Découpe de carrosseries plastiques pour RENAULT Rodeo,

- . Dépose d'un cordon de colle pour des tôles de voitures,
- . Fabrication de pièces à cire perdue pour les machines à coudre PFAFF,
- . Atelier de polissage d'éviers en inox.

5 - DISCUSSION AVEC MM.SKOOK et EVRELL

- . Le robot doit devenir une machine polyvalente : l'évolution d'ici 1990, selon notre interlocuteur, ne se fera pas sur la partie mécanique du robot, mais sur la partie informatique : c'est par le développement de systèmes informatiques plus poussés et standards que le robot deviendra réellement polyvalent et donc un outil flexible.
- . Le robot sera de moins en moins vendu comme une machine isolée, mais comme une partie intégrante d'une fonction : c'est déjà le cas de l'ensemble de soudage continu ESAB A 30 A qu'ASEA réalise avec ESAB. L'intérêt d'une telle évolution pour le constructeur n'étant pas d'augmenter son bénéfice en augmentant l'importance des contrats : le bénéfice sera toujours réalisé en majeure partie sur le robot : il s'agit, en fait, d'une évolution du besoin des clients, la livraison du système étant un argument de vente. Cependant, ASEA n'envisage pas de construire un atelier flexible, non à cause de problèmes technologiques qu'ASEA peut surmonter, mais parce qu'il n'est pas possible de concevoir un tel équipement de façon standard, et que l'engineering restera aux mains du client.

Dans le cadre de l'atelier flexible, ASEA se contenterait donc de livrer le robot.

Enfin, pour M. EVRELL, l'installation d'un robot est le plus souvent motivée par le souci d'améliorer les conditions de travail dans un pays où la puissance des syndicats dans l'organisation du travail est très grande.

DOCUMENTS JOINTS

- . Notice sur le robot de soudage A 30 A
- . Présentation du soudage robotisé,
- . Liste des installations ASEA,
- . Présentation de l'installation d'ébarbage ASEA chez SAAB,
- . Brochure ASEA sur les robots industriels pour l'utilisateur (en Français),
- . Présentation d'une installation de VOLVO (en Suédois).

V O L V O

Visite de l'usine de GÖTEBORG qui produit les voitures particulières, où nous avons été reçus par M. JOHANSON.

I - LA VISITE

Nous avons visité la ligne d'assemblage des caisses, une partie des presses, l'atelier de peinture et l'atelier de tôlerie.

- La ligne de soudure par point est équipée de 27 robots UNIMATE 4000, groupés par 9 postes de 3 robots, un de chaque côté et un suspendu au-dessus de la ligne. D'après notre correspondant, cette ligne a un taux de panne élevé (de l'ordre de 30 %) à cause des robots.
 1. Une ligne de 27 robots est trop importante vue la fiabilité actuelle de tels systèmes. S'il fallait le refaire actuellement, VOLVO envisagerait la construction de 2 lignes avec un stockage intermédiaire.
 2. Les robots UNIMATE sont peu fiables : le principal problème étant la dérive dans le positionnement du bras due aux jeux mécaniques : il est nécessaire de le reprogrammer tous les trois jours. (Les conditions d'emploi des matériels sont cependant jugées sévères) : VOLVO ne rachèterait pas d'UNIMATE, mais des CINCINNATI.
 - Beaucoup d'autres robots sont utilisés chez VOLVO, principalement pour des opérations de soudure par point, pour le montage de sous-ensembles. Il s'agit généralement de tourniquets ayant deux positions :
 - . la première, où l'homme charge les pièces,
 - . la deuxième où le robot effectue des opérations de soudure.éventuellement, deux robots travaillant simultanément.
- Sur ces postes, les conditions de travail ne nous semblent pas être bonnes puisque l'opérateur se trouve lié à la machine, avec un cycle de travail de 45" pour un exemple particulier !
- Enfin, un banc de mesures des dimensions des carosseries a été testé avec des robots ASEA : la caisse était installée sur un plateau élévateur permettant de donner un point de référence précis.

Cependant, ce système s'est avéré peu fiable et a été abandonné. Il s'agit néanmoins, selon notre interlocuteur, d'un travail tout à fait robotisable et l'expérience sera reprise (FORD l'utilise d'ailleurs aux U.S.A. avec 4 robots CINCINATTI).

L'atelier de peinture ne comprend aucun robot, simplement des tunnels de peinture avec machines à peindre. VOLVO ne semble pas devoir s'équiper, dans l'immédiat, d'un système robotisé.

Malheureusement, nous n'avons pas visité l'atelier de mécanique où les utilisations de robots sont sans doute plus diversifiées.

II - L'ENTRETIEN AVEC M. JOHANSON

L'utilisation des robots par VOLVO a débuté en 1970 par le test de matériel UNIMATE pendant six mois et une première installation en 1973 pour résoudre le problème de la main-d'oeuvre : le type de travail robotisé employant 70 % d'étrangers, de plus en plus difficiles à trouver. Actuellement, le parc de robots de VOLVO se compose de :

- . 44 UNIMATE pour la soudure par point
- . 1 UNIMATE pour la manutention
- . 1 COMAN
- . 1 CINCINATTI
- . 2 ASEA 6, en réserve, seront utilisés pour la pose d'un cordon de sealer,
- . 2 ASEA 60 pour la soudure par point
- + 2 robots TRALLFA)
1 robot BINK) pour la peinture des pièces détachées.

plus les robots suivants dans d'autres usines :

- . 6 UNIMATE pour la soudure
- . 3 UNIMATE pour la manutention
- . 3 TRALEFA)
. 1 ASEA) pour la dépose de colle

et dans l'usine de boîtes de vitesse :

- . 3 robots de meulage et d'ébarbage.
- . 12 ELECTROLUX MHU Senior pour la manutention.

Cette large gamme de matériels a permis à VOLVO de se faire une idée de la valeur relative de ces différents matériels (y compris le robot RENAULT qui a été testé en France), et que nous résumons dans le tableau suivant :

.../...

Type	Précision effective	Répétabilité	Dépassement (*)	Vitesse des programmes	Facilité de programmation
ASEA 60	T.B.	-	-	Rapide	Coordonnées cylindriques → Facilité de programmation
INCINATTI C1H	Des erreurs ont été décelées mais les chiffres sont douteux	-	-	Très rapide	3 systèmes de coordonn. cyl. sphér. cartes → Beaucoup de possibilités
ROMAN	-	-	Faible	Très rapide	Semblable à UNIMATE
RENAULT	Précis	Spécifications tenues	-	Rapide	Utilise un système de coordonnées liées au robot → pénible à programmer
UNIMATE 4000	Problèmes déjà évoqués		Important	-	Pénible

Dépassement : Il s'agit de l'écart entre la position à laquelle arrive le robot à la fin d'un déplacement avec la position cherchée et qui nécessite une correction donc une perte de temps.

D'une façon générale, M. JOHANSON estime que la reprogrammation des robots doit diminuer. Les programmes devraient être améliorés pour permettre d'obtenir facilement une orientation voulue de la pince dans une position voulue, ce qui n'est pas le cas actuellement par exemple avec les UNIMATE, où les programmeurs n'optimisent pas l'orientation de la pince à souder à cause du caractère fastidieux de la programmation.

Ce point est important : La programmation joue, en effet, un très grand rôle ne serait-ce que dans la rapidité effective d'un robot qui est très différente de sa vitesse de déplacement : une programmation astucieuse permet de gagner un facteur 2 (en évitant, par exemple les dépassements de position).

Les atouts d'un robot sont connus,

- . leur possibilité de remplacer l'homme dans des travaux pénibles
- . leur possibilité de remplacer de façon rentable des machines spécialisées dans certaines conditions : par exemple, si l'accès des points à souder nécessite des cinématiques de positionnement qui ne soient pas simples (si les points de soudure ne sont pas d'accès direct par la machine). Cependant, si le positionnement préalable de la pièce doit être très précis, M. JOHANSON pense que le robot n'est pas rentable.

.../...

- . Quant à l'atout souvent évoqué de l'adaptabilité, il ne semble pas avoir été utilisé une seule fois en ce qui concerne l'affectation du robot à une nouvelle tâche lors d'un changement de fabrication.

- en effet, la durée de vie du matériel est estimée à 8 ans et, en cas de changement de fabrication, on achètera du matériel neuf et plus performant,
- les frais d'installation d'un robot ne sont pas négligeables,
- cependant, VOLVO envisage d'utiliser deux vieux UNIMATE - " en retraite " pour des opérations de manutention.

En revanche, la flexibilité a été utilisée pour des changements mineurs dans la fabrication ne nécessitant que de la reprogrammation. Selon M. JOHANSON, le Bureau d'Etudes se trouve, grâce à l'emploi de robots, largement libéré des contraintes de la production lorsqu'il souhaite apporter une modification.

LES EVOLUTIONS POSSIBLES

Dans le domaine du robot lui-même :

- . VOLVO s'intéresse aux robots de peinture, en particulier à ceux de RENAULT, car les autres fournisseurs n'offrent pas une qualité suffisante,
- . VOLVO attend des futurs robots d'être moins chers et plus faciles d'emploi, plutôt que plus sophistiqués : dans le domaine des robots dotés de vision artificielle (par exemple pour la saisie du vrac) VOLVO ne semble pas être demandeur : la recherche de petites astuces simples semble être la philosophie actuelle.
- . de nouvelles tâches s'ouvrent aux robots :
 - travail sur des chaînes en déplacement continu, qui permettrait de faire travailler sur une même chaîne, dans des conditions de sécurité suffisante des hommes et des robots. (Ces problèmes de sécurité des travailleurs près des robots semblent être très à l'ordre du jour chez VOLVO : M. JOHANSON y étant revenu plusieurs fois lors de nos entretiens).
 - travaux d'ajustage et de contrôle,
- . Les travaux de soudure à l'arc et d'assemblage final ne sont pas envisagés actuellement.

Enfin, dans le domaine des ateliers flexibles, M. JOHANSON s'est montré extrêmement discret : si le système ROBOGATE n'est pas envisagé par VOLVO qui veut rester indépendant et ne pas être impliqué dans un tel système, M. JOHANSON nous a parlé d'un système évolué allant de la presse à la peinture. Nous n'avons pu avoir aucun détail !

D'une façon plus modeste, des essais sont menés actuellement pour étudier le problème du travail simultané de plusieurs robots (3 CINCINATTI) par exemple l'alimentation par un seul système hydraulique, pose le problème de la réaction des deux autres robots en cas de panne du circuit du premier.

III - DOCUMENTS JOINTS

- . Comparaison des différents types de robots.

Nous avons visité les installations de SAA'B SCANIA (Division Poids Lourds) à SÖDERTALJE, où nous avons été reçus par M. JOHANSON, Ingénieur pour l'automatisation et la manutention mécanique.

I - LA VISITE DES INSTALLATIONS

L'usine de SÖDERTALJE fabrique principalement des moteurs de camions qui comportent un grand nombre de modèles différents (puissance, cylindrée différentes...). Les installations que nous avons visitées ne sont pas hautement robotisées, les automatismes et robots principaux sont les suivants :

- . Dans l'atelier de presse, le personnel est très réduit puisqu'il n'y a que dix personnes à proximité pour cinq presses, plus le personnel d'entretien.
Le travail de chargement-déchargement est effectué par des robots.

- . Le montage final des moteurs est effectué par des équipes autonomes dans un but d'enrichissement des tâches, qui testent les moteurs.

Ces opérations effectuées, les moteurs sont pris en charge par des convoyeurs automoteurs, qui les stockent dans un magasin automatique.

- . Enfin, un certain nombre de robots sont utilisés à des tâches de manutention entre machines-outils sans installation très originale (principalement des robots ELECTROLUX).

II- L'ENTRETIEN AVEC M. JOHANSON

SAA'B a testé son premier robot en 1972 pour la peinture, avec un modèle de TRALLFA. Depuis lors, 38 robots ont été installés :

- . 4 robots UNIMATE
- . 5 " ASEA dont 3 IRB 60
 2 IRB 6 pour l'ébarbage et la peinture
- . 4 robots TRALLFA pour la peinture
- . 8 " ELECTROLUX pour la manutention entre machines
- . 4 " KANFELDT pour la manutention

Enfin, 13 robots pour la soudure par point de cabines de camion.

Les robots ont été installés pour trois raisons principales :

- . amélioration des conditions de travail,
- . amélioration de productivité (1 robot remplace 2 hommes),
- . nécessité de se familiariser avec des techniques nouvelles.

Les besoins de SAAB pour ce genre de matériel ne semblent pas très pressants puisque la politique actuelle n'est pas de chercher à définir de nouveaux matériels avec les constructeurs pour résoudre un problème, mais d'attendre que les constructeurs présentent de nouvelles possibilités. Pour M. JOHANSON, les nouveaux domaines prometteurs sont les suivants :

- . Les robots fonctionnant en boucle fermée, grâce à un toucher artificiel par exemple, qui sont déjà en service dans certaines installations et dont l'utilisation est principalement freinée par leur coût.
- . Les systèmes intégrant le robot à la machine : dans l'avenir, on verra apparaître des machines hautement sophistiquées ayant, dès leur conception, intégré l'emploi du robot au lieu de le prendre comme pièce rapportée. Cette optique est celle suivie par SWEDISH Machine TOOLS, (entreprise située à VÄSTERÅS).

Dans le même ordre d'idée, un système comme le ROBOGATE est jugé intéressant pour les petites productions bien que SAAB n'ait rien de tel en cours : seul un système de convoyage automatique sur coussin d'air est en discussion pour la fabrication des autocars (sans autre détail).

Pour M. JOHANSON, les ateliers flexibles, tels que les conçoivent les Japonais, sont suffisamment polyvalents pour être facilement adaptés dans de nombreux cas. *

Enfin, Monsieur JOHANSON nous cite un exemple d'atelier flexible réalisé par Kearney Tacke pour BUILD & TRANSPORTATION, fabricant de systèmes de levage à MJOBBY. Cette installation, dont une description en suédois nous a été remise, comporte des centres d'usinage, reliés à un magasin automatique par une grue, elle aussi automatique.

* Cependant, SAAB désire garder, dans tous les cas, la maîtrise de l'ingénierie pour deux raisons :

- . connaissance parfaite du système avant sa mise en service,
- . possibilité de faire évoluer le système au gré des besoins.

.../...

DOCUMENTS FOURNIS

- . Description du système de BUILD & TRANSPORT,
 - . Description de l'installation d'usinage de bielles,
 - . Rapport de SAAB sur les expériences d'organisation du travail.
-

I - L'ENTRETIEN

Nous avons été reçus par M. HOLMLOV, Ingénieur de Recherche.
La visite a consisté uniquement en un entretien qui a porté sur les travaux de l'I.V.F. plus que sur les problèmes d'ateliers flexibles.

Le premier travail de l'I.V.F. qui nous a été présenté concerne les problèmes posés par la commande d'un groupe de machines. Actuellement, l'architecture (voir Fig. 1) d'un tel système comporte de multiples liaisons entre les robots et les machines qui permettent au robot d'être le décideur.

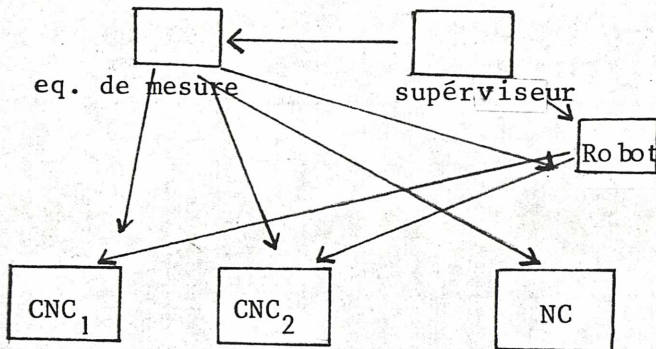
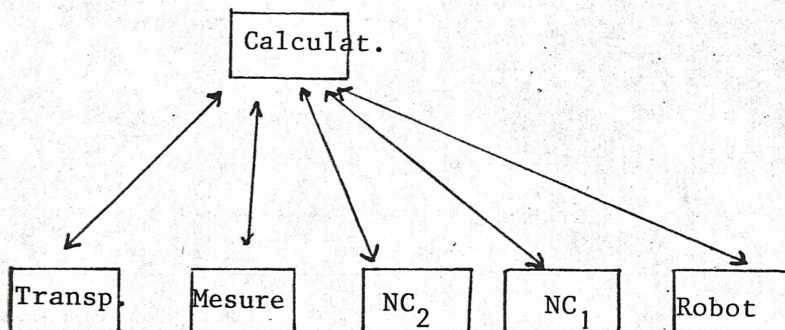


Fig. 1

- Un tel système de liens entre les éléments présente l'inconvénient de ne pas être facilement adaptable : l'adjonction d'une nouvelle machine ou d'un nouveau robot oblige à tout reconcevoir.
- L'architecture à laquelle travaille l'I.V.F. peut être qualifiée de modulaire et hiérarchisée : tous les éléments sont connectés à un ordinateur central qui reçoit à chaque instant l'état du système. Il émet les ordres en conséquence.



Pour cela, l'I.V.F. a développé un programme informatique assembleur qui gère l'ensemble des ordres du ordinateur et a défini le hardware du ordinateur qui serait nécessaire. Ainsi, l'introduction d'un nouvel élément ne nécessite pas de reconcevoir l'ensemble du système, mais seulement une nouvelle liaison avec le ordinateur.

2 - L'I.V.F. travaille, en outre, sur les problèmes de production avec une main-d'oeuvre limitée (Production with Limited Manpower) concept qui semble plus répandu que celui d'atelier flexible. Pour cela, elle joue principalement le rôle de collecteur d'information...

Le principe est d'organiser la production industrielle en deux temps :

- . durant le jour, une équipe prépare les outils, charge les magasins, les programmes de fabrication,
- . en l'absence de personnel, la production est assurée par l'automatisme : robots ou autres. De tels systèmes existent en Suède, notre interlocuteur nous disant qu'il y en a 5 ou 6, sans pouvoir nous les citer, mais ASEA serait en bonne place avec un équipement à LUDVANA et SAAB SCANIA avec un équipement de perçage pour châssis de camions.

Cette approche répond à différents problèmes :

- accroissement de la productivité,
- mise en oeuvre d'un capital plus faible, utilisé de façon plus intensive,
- améliorer les conditions de travail et réduire le temps de travail.

La Suède n'envisage pas du tout l'approche japonaise de créer un atelier automatique bien que cela soit techniquement possible : la pression syndicale est trop forte pour se le permettre.

Un tel atelier nécessite cependant le développement de techniques nouvelles puisqu'il doit avoir dans ses fonctions de fabrication une marche automatique. Ce sont :

- . problèmes de chargement et déchargement de machines,
- . contrôle automatique,
- . contrôle d'outil,
- . commande de groupe de machines (cf. § 1).

Enfin, l'I.V.F. travaille sur un projet d'assemblage automatique :

Les études sont peu avancées puisqu'il s'agit, d'une part, d'une réflexion sur le domaine d'application d'un tel procédé :

- . analyse de la valeur des produits concernés et des coûts d'assemblage,
 - . étude de l'environnement du travail d'assemblage,
- d'autre part, d'un travail sur la vision artificielle.

3 - DOCUMENTS FOURNIS

Deux analyses en Suédois :

- . l'impact sur l'emploi,
- . présentation de techniques d'automatisation.

C O N C L U S I O N S

Le but de cette mission était, en rencontrant des utilisateurs et des fabricants de robots, de connaître l'opinion de l'industrie suédoise sur les points suivants :

- . Quelle est la rentabilité des systèmes automatisés et robotisés déjà installés si on les compare à des solutions plus traditionnelles ?
- . Quels sont les atouts principaux de tels systèmes et sont-ils chiffrables ?
- . Du point de vue technique, peut-on comparer les différents matériels existants et dégager les points qui, dans l'avenir doivent être améliorés ?
- . Quelle peut être l'évolution du marché de la robotique, tant du point de vue des besoins des utilisateurs (y aura-t-il de nouvelles branches industrielles concernées -) que des possibilités des constructeurs ?
- . Dans le domaine des ateliers automatisés flexibles, quelle est la position de la Suède et l'état de l'art actuel ?

A toutes ces questions, nous avons reçu des réponses diverses, dépendant souvent de la bonne volonté de nos interlocuteurs.

I - LES PROBLEMES DE RENTABILITE

Sur ces points que nous avons surtout évoqués avec des utilisateurs, le souci de secret était bien compréhensible et les réponses apportées sont restées très globales. Ce n'est d'ailleurs pas la rentabilité immédiate qui a poussé à installer des robots, mais un souci d'améliorer les conditions de travail, de limiter la taille des investissements par rapport à une mécanisation classique, d'acquérir des compétences dans un domaine d'activité qui demain peut être très profitable. Les critères utilisés sont, on le voit, difficilement quantifiables.

.../...

II - LES CARACTERISTIQUES DES MATERIELS

Tous les robots principaux du marché sont utilisés en Suède, dans un souci de suivre l'évolution des matériels. VOLVO nous a fait part des résultats de ses comparaisons où il apparaît que le souci principal est de posséder un matériel fiable et d'utilisation facile.

III- LES INSTALLATIONS ACTUELLES

Il n'y a pas en Suède, à notre connaissance, d'exemple d'utilisation de robot très originale : dans la plupart des cas, on s'est contenté de remplacer l'homme par un manipulateur sans changer la conception du poste. Ainsi, l'homme se trouve souvent transformé en chargeur de magasins, le robot faisant les opérations précises (soudage, ébarbage...). Les principaux domaines d'utilisation sont : la soudure et la manutention.

Cependant, deux exemples doivent retenir notre attention :

- . le centre d'étavurage et de perçage d'ELECTROLUX,
- . la fabrication de rotors d'ASEA,

car ils constituent, à notre avis, un pas vers la production automatisée.

IV - LES PERSPECTIVES

Dans le domaine des matériels, l'avènement de robots fonctionnant en boucle fermée est considéré comme prochain, grâce à l'avènement de capteurs sensitifs ou optiques, et l'intégration du robot à la machine est aussi une évolution qui semble prévue par l'ensemble des partenaires.

En ce qui concerne les ateliers flexibles, la Suède s'est fixé un programme relativement limité dit de Production avec Main-d'Oeuvre Limitée dont on trouve une description dans le compte-rendu de la visite de l'I.V.F.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE

DIRECTION GENERALE DE L'INDUSTRIE

DIRECTION DES INDUSTRIES
ELECTRONIQUES ET DE L'INFORMATIQUE

Paris, le

120, rue du Cherche Midi - 75006

Téléphone : 567 52 34

Télex : 204116 Dirind

La mission organisée avec l'aide de Monsieur FRECHET, Attaché Commercial à MILAN, s'est déroulée comme suit :

- Mercredi 05 Mars : OLIVETTI - Entretiens avec l'Ingénieur GRILLO
Responsable du marketing pour le département
"contrôle numérique et automatisation industrielle".
Visite des ateliers d'assemblage de composants
électroniques par des robots SIGMA.
- Jeudi 06 Mars : FIAT - Centre de Recherche -
Entretiens avec Monsieur CHIADO, Directeur des Relations
Extérieures et avec l'Ingénieur DE LUCA.
- Vendredi 07 Mars : FIAT COMAU.
Entretien avec Monsieur RANFAGNI, Directeur des Relations
Extérieures.

La mission s'est composée d'entretiens avec les responsables d'Olivetti et de trois filiales du groupe FIAT, et de visites des installations correspondantes.

Les entretiens ont principalement porté sur les systèmes flexibles de production, assez peu sur les robots proprement dit.

Quoique de tailles et de vocations industrielles très différentes, OLIVETTI et le groupe FIAT ont développé leurs activités "robotique" et "système de production automatisée" à partir d'atouts et de besoins comparables.

- . Un besoin interne et donc la possibilité de tester leurs matériels dans leurs propres usines.
- . Une compétence dans le domaine des machines outils à C.N.
- . Une compétence dans le domaine de l'ingénierie.
- . Une volonté (ou nécessité) de diversification.

Ainsi OLIVETTI - qui, en 15 ans, est passé d'une activité à 95% mécanique, à une activité 100% électronique ! - a développé le modèle SIGMA, robot à deux ou à trois bras destiné au petit assemblage (composants électroniques, petites pièces mécaniques, etc...) Le SIGMA constitue un mini-système d'assemblage : robot de base, outillage, dispositif de positionnement des pièces, calculateur.

Le groupe FIAT quant à lui, par l'intermédiaire de sa filiale COMAU - résultat d'une politique de diversification qui fait que l'activité automobile représente aujourd'hui un peu moins de 50% du chiffre d'affaires du groupe - a acquis une compétence certaine dans le domaine des ateliers gérés par ordinateur.

FIAT et OLIVETTI collaborent d'ailleurs actuellement sur un projet d'atelier automatisé flexible d'usinage pour MASERATI.

Il existe en Italie une dizaine d'ateliers gérés par ordinateurs se rapprochant plus ou moins du concept d'atelier automatisé flexible.

- . Cinq installations d'usinage chez SOFIM, FIAT - IVELO, MASERATI, deux d'entre elles étant capables d'usiner des familles de pièces aux configurations géométriques très différentes.
- . Des installations de grande taille et forte productivité dans d'autres domaines que l'usinage, telles que :
 - Le système Robogate à Rivalta et Cassino.
 - Le système LAM à MIRAFIORI
 - Un atelier d'essai et de contrôle de moteurs.

Toutes ces installations ont été réalisées par COMAU ou COMAU et OLIVETTI.

L'industrie italienne se situe donc au premier plan européen en ce qui concerne les ateliers flexibles. Elle dispose pour cela de deux firmes qui réunissent toutes les compétences nécessaires dans ce

domaine, et plus généralement d'une industrie de la machine outil puissante, qui a très bien franchi le passage à la commande numérique. Enfin, son industrie automobile et plus spécialement son secteur poids lourd, suscite une demande intérieure déjà importante.

VISITE D'OLIVETTI A IVREA

L'activité "robotique des ateliers flexibles" au sein d'Olivetti est du ressort de deux filiales : O.C.N. (Olivetti controllo numerico) et OSAI (Olivetti sistemi per l'automazione industriale) la seconde plus spécialement concernée par l'électronique et la conception des robots.

Signalons qu'Olivetti a vendu en 1979 environ 1100 commandes numériques pour machines outils et 100 centres d'usinage.

L'entretien s'est déroulé avec Monsieur L.GRILLO, responsable du marketing pour OSAI.

OLIVETTI commercialise et utilise depuis deux ans le robot SIGMA. (système intégré générique pour manipulation automatique). Il s'agit d'un robot destiné au petit assemblage. (composants électroniques, rubans pour machine à écrire, petites pièces mécaniques...). Tous les modèles ont en commun :

- . La structure mécanique comprenant un bâti sur lequel se déplacent deux ou trois bras indépendants. Les déplacements des bras se font sur trois axes cartésiens. La commande est électromécanique.
- . L'unité de commande : mini ordinateur + console de commande. La programmation se fait par auto-apprentissage.

Il faut ajouter à cette structure de base un outillage spécifique, suivant le type de pièce à assembler : dispositif de fixation des pièces, d'alimentation, d'évacuation, etc...

Le prix de la structure de base est d'environ 60 M Lires soit 300 000 Francs et il faut compter de 250 à 500 000 Francs pour l'outillage. Il existe une autre version du SIGMA destinée au perçage.

OLIVETTI a produit (au 31.10.1979) 107 robots SIGMA, 70 pour le montage, 37 pour le perçage, 28% sont utilisés par OLIVETTI même, 36% ont été vendus en Italie, 36% à l'exportation.

Pendant la visite, ont été présentés trois types d'application :

1 / Assemblage de composants électroniques par robot SIGMA à deux bras.:

Les bras du SIGMA assemble sur les plaques une cinquantaine de types de circuits intégrés. L'un des bras saisit et positionne une plaque nue pendant que le second évacue une plaque complétée. Pendant le cycle d'assemblage, chaque bras saisit un composant, le positionne sur la plaque et en contrôle les connections. En cas de contrôle négatif, le composant est évacué et l'opération recommencée.

Les deux bras peuvent assurer chacun l'intégralité de l'assemblage d'une plaque, ou la moitié à tour de rôle.

2 / Mise au point d'un robot SIGMA à trois axes destiné à la General Electric

Le robot doit effectuer le même type d'opération (assemblage de composants électroniques) mais avec des composants de type DIP ou axiaux. La difficulté supplémentaire vient de l'adaptation nécessaire des organes de préhension et de l'orientation à donner à certains composants. Monsieur GRILLO espère, après l'expérimentation du modèle par General Electric, obtenir un débouché important en Amérique du Nord.

3 / Robot SIGMA à deux axes destiné à l'assemblage de petites valves d'amortisseur pour Alfa Romeo.

D'après Monsieur GRILLO, les principaux atouts du SIGMA sont :

- . Le système de coordonnées cartésiennes, bien adapté au petit assemblage.
- . Une structure de base dissociée de l'outillage, d'où possibilité de réutilisation à moindre coût.
- . Une utilisation "optimale" des possibilités du robot.

Tous les SIGMA installés depuis deux ans effectuent, outre l'opération d'assemblage, un contrôle final. Ce qui permet une bonne rentabilité par rapport à un système rigide. (play back de 1,5 à 2 ans).

Ceci étant, l'originalité de l'outillage qui fait de chaque modèle, un modèle quasiment unique, semble pour le moment gêner OLIVETTI.

En effet, la conception assez délicate de cet outillage spécifique, plafonne la capacité de production à 20 types d'application par an. (environ 70 personnes travaillent sur le SIGMA chez OSAI et OCN).

Actuellement, la production de la structure de base dégage une faible rentabilité, mais l'outillage est souvent vendu à perte.

Enfin, sur le plan technique, celui-ci pose des problèmes :

- . Blocage des systèmes d'alimentation
- . Non conformité des pièces à assembler, que le robot, après contrôle peut évacuer, mais qui souvent, provoquent l'arrêt du dispositif de chargement.

Signalons encore qu'il est possible qu'OCN développe un manipulateur programmable "classique" (ie de type ASEA, Unimate...)

Une des applications intéressantes, d'après Monsieur GRILLO, en serait le changement d'outil pour les centres d'usinage.

En ce qui concerne les ateliers flexibles, OLIVETTI a participé avec COMAU à la conception d'une ligne transfert flexible pour l'usinage de carters de bloc moteurs livrée à FIAT IVECO. (cf visite à la COMAU).

OLIVETTI et COMAU sont associés depuis Janvier 1980 à la conception d'une ligne flexible d'usinage qui doit être livrée à MASERATI avant la fin de l'année 1980.

Les 8 centres d'usinage du système, les commandes numériques, et la gestion de l'ensemble seront livrés par OCN et OSAT, COMAU assurant la conception du système de transport.

D'après Monsieur GRILLO, ce genre d'ateliers devrait se multiplier dans les prochaines années, sans qu'il soit possible de parier sur des chiffres précis. Chaque installation représente un investissement lourd, de l'ordre de 50 à 100 MF. OLIVETTI pense utiliser ses compétences dans le domaine des centres d'usinage, de la commande numérique et de la robotique pour ce placer sur le marché. Ses liens avec COMAU lui confèrent d'ailleurs, au minimum, une excellente position sur le marché de l'industrie automobile, qui sera vraisemblablement, l'un des principaux débouchés de ce genre de système.

GROUPE FIAT CENTRE DE RECHERCHE

Entretien avec Monsieur CHIADO , Directeur des relations extérieures
et Monsieur DE LUCA, Ingénieur au département Engineering

Brève présentation des activités du centre, divisé en 6 départements :

- .Recherche à long terme sur les véhicules de transport
- .Sous ensembles, composants et matériaux pour véhicules
- .Techniques de design
- .Contrôle
- .Techniques de fabrication.
- .Sources d'énergie

Quoique les activités du centre soient plus spécialement concentrées vers le long terme, (véhicule de l'an 2000), celui-ci travaille également pour COMAU sur des projets à plus court terme concernant les ateliers flexibles ou la robotique.

Ainsi, Monsieur DE LUCA et son équipe ont mis au point le système EDELINE système de simulation d'un atelier flexible. Le système a déjà été utilisé pour la conception de l'atelier flexible livré à FIAT IVECO.

EDELINE permet d'abord une rapide définition de la ligne d'usinage en fonction des opérations à effectuer. Ensuite, la simulation de la marche de l'atelier, dans des conditions normales ou anormales, permet de déceler les faiblesses du système et de fixer de façon optimale la vitesse de déroulement des opérations, et de connaître rapidement la productivité de la ligne.

D'après Monsieur DE LUCA, EDELINE permet de gagner un temps précieux dans la conception d'un atelier flexible et de comparer très rapidement ses performances à celles d'une ligne transfert classique.

En ce qui concerne les robots, la principale activité du centre a trait à l'opération de "ferrage". Il s'agit de visser les portes d'un véhicule sur sa " caisse ", ce qui nécessite de fonctionner en boucle fermée car la position du filet est très peu précise. Deux problèmes se posent donc :

- .La mise au point du système de vision, ce qui n'est guère qu'une question de temps, d'après Monsieur DE LUCA
- . La transmission de l'information au robot.
Le capteur visuel transmet un ordre de position qui est défini par des coordonnées cartésiennes. Un microcalculateur transforme cette information en coordonnées du robot. Une fois ce déplacement opéré, un autre ordre de déplacement est transmis, etc ...
Actuellement, l'équipe de recherche s'efforce de réduire le temps de fonctionnement de la boucle qui ralentit de façon non négligeable, la vitesse de déplacement du robot.

.../...

GROUPE FIAT FIAT AUTO USINE DE RIVALTA SYSTEME ROBOGATE

L'installation Robogate mise en place à RIVALTA et à CASSINO a été conçue par la COMAU.

Il s'agit d'un atelier flexible qui effectue la quasitotalité des points de soudures sur les caisses des modèles RITMO, à 3 ou 5 portes, avec conduite à droite ou à gauche. La production de 900 véhicules par jour est effectuée en 2 X 8 Heures.

Le système se compose de :

- .13 stations de soudure comportant des robots
- .Le système de déplacement assuré par des chariots automoteurs (licence DIGITRON).
- .Le système de gestion de l'ensemble assuré par deux ordinateurs PDP 11.

L'atelier est divisé en trois parties.

- .Une première partie comprenant cinq stations pour le soudage des côtés du véhicule.
- .Dans une seconde partie la caisse est assemblée sur des palets (avec cette fois-ci, intervention de main d'oeuvre directe), puis évacuée vers le secteur de soudage des caisses comprenant huit stations.

L'installation utilise 50 robots, UNIMATE 2000 ou 4000, à l'exception de 4 robots COMAU.

Par rapport à une installation classique, la main d'oeuvre passe de 216 personnes à 114 personnes, la part de la main d'oeuvre directe passant de 177 à 26 personnes.

Impressions personnelles

Le robogate représente de toute évidence ce qui se fait de plus moderne dans le domaine des ateliers de tôlerie, mais il semble conserver un caractère expérimental.

Le taux de panne est paraît-il élevé mais ses incidences en sont réduites par la présence permanente du personnel d'entretien. D'autre part certaines stations de soudure semblent réduire la flexibilité de l'installation. En effet, dans chacun des deux tronçons (panneaux de cotés et caisses) la première station, dite de pointage, est munie d'un dispositif de balancelle destiné à bloquer les panneaux ou la caisse. Ce dispositif est spécifique à chaque modèle.

Enfin, la Direction de FIAT semble actuellement hésiter entre la solution du Robotage et celle de lignes de soudage robotisées (type Renault 18 à Flins). Cette dernière solution a été retenue pour le soudage des caisses des modèles 131 et Panda.

Ajoutons enfin, qu'il est quasiment impossible d'aborder le problème de la rentabilité de l'installation Robogate avec les responsables de FIAT AUTO ou COMAU.

GROUPE FIATCOMAU

Entretien avec Monsieur RANFAGNI, Directeur des relations extérieures

La COMAU, constituée en 1974, est la filiale machines-outils du groupe FIAT. Elle emploie 6000 personnes répartis dans 8 usines. Chiffre d'affaire 1979 : Environ 1,5 milliards de francs, dont 20% avec le reste du groupe FIAT et 70% à l'exportation.

La conversation s'est concentrée sur le thème des ateliers flexibles, qui semble préoccuper d'avantage COMAU que les robots proprement dits, quoique celle-ci ait développé son propre robot : le modèle POLAR 6000. Pour Monsieur RANFAGNI, la véritable évolution réside en effet dans la réalisation d'ateliers automatisés gérés par ordinateur. Les graves difficultés sociales du groupe FIAT et la hausse des coûts salariaux l'ont conduit rapidement à s'intéresser à ce problème, que COMAU a résolu par étapes.

En ce qui concerne l'usinage, COMAU distingue deux catégories de problèmes.

. Soit la famille de pièces à usiner est constituée de pièces semblables entre elles, avec variation de certaines dimensions, mais laissant supposer des usinages mécaniques de même type. Cette catégorie est appelée famille fermée de pièces. Les productions standards vont de 35 à 80 pièces/heure, de 3 à environ 35 types différents.

. La deuxième catégorie comprend au contraire des pièces de formes différentes, mais nécessitant des usinages communs, et caractérisées par des variations de volumes limitées. Cette catégorie est appelée famille ouverte. Les productions standards vont de 5 à 40 pièces par heure de 3 à 35 types différents.

FAMILLES FERMEES

Il a été possible dans ce cas d'adopter des solutions de type machines-transfert, en introduisant certaines innovations visant à conférer d'avantage de souplesse.

On peut citer l'installation pour l'usinage de blocs cylindres de moteurs poids lourd, réalisée pour la SOFIM à Foggia.

Cette installation assure l'usinage de 7 types de moteurs par jour. L'installation fonctionne par rafales, le passage d'un type à l'autre étant assuré moyennant la sélection du programme d'usinage et le changement de certains outils. D'après Monsieur RANFAGNI, l'exigence de forte productivité de la ligne ne pouvait conduire qu'à une flexibilité moyenne. On peut citer dans le même ordre d'idée, une ligne transfert livrée à FIAT IVECO pour l'usinage de 35 types de ponts arrière de camion.

Un second pas a été franchi avec la ligne transfert pour l'usinage de demi-arbres de camion livrée à FIAT IVELO.

Les 21 types de demi-arbres sont introduits pêle-mêle, un dispositif de détection en début de ligne assurant la programmation automatique des sept stations d'usinage.

FAMILLES OUVERTES

Le premier système flexible d'usinage pour famille ouverte installé en Italie a été réalisé par COMAU en 1979 pour FIAT IVECO à BRESCIA. Le système assure l'usinage de carters de blocs-moteurs et de corps avant et arrière de boîtes de vitesse pour camions tracteurs et engins de terrassement.

L'installation se compose de 12 unités d'usinage à commande numérique, connectées par un système modulaire de circulation de palets, l'ordinateur central (PDP 11) contrôlant le système productif depuis l'optimisation du parcours des palets jusqu'à la commande des machines à contrôle numérique.

Monsieur RANFAGNI a tenu à se montrer discret sur le projet de système flexible d'usinage en cours de réalisation pour MASERATI, mais pense que COMAU s'apprête à produire dans l'immédiat deux ateliers de ce type par an.

Dans des domaines autres que l'usinage, COMAU a également réalisé plusieurs installations s'apparentant à la notion d'atelier flexible. On peut citer :

- . Un atelier d'essai des moteurs, livré à la SOFIM.

La salle d'essai comprend 32 chambres insonorisées et diverses zones d'accumulation. Les moteurs (7 types différents) sont véhiculés entre ces différentes zones par des chariots automoteurs, le chargement et le déchargement de ceux-ci étant automatiques. Une fois fixé au banc d'essai, le moteur est commandé par un technicien de l'extérieur de la cabine. L'ordinateur central, outre la gestion des déplacements, assure pendant la durée de l'essai (76 mm) l'enregistrement des paramètres de contrôle et évacue en fonction du résultat le moteur vers la livraison ou la zone de révision.

- . Le système LAM (FIAT AUTO, usine de MIRAFIORI).

Il s'agit d'un atelier de montage de moteurs. (1500 moteurs par jour, avec une centaine de versions).

- 10 modules de travail pour le montage (manuel) des moteurs
- 1 magasin général à gestion et manutention automatiques
- 4 lignes de transfert effectuent automatiquement une partie du montage
- 37 chariots automoteurs assurant les approvisionnements des différents postes.
- Le calculateur central qui gère les déplacements des chariots en fonction des besoins.

. Enfin dans le domaine des lignes de soudage de caisses employant des robots, on peut citer :

- 2 installations pour le modèle FIAT 131 à CASSINO et MIRAFIORI, chacune employant 24 robots.
- La livraison à VOLVO d'une ligne robotisée pour le montage des véhicules 242 et 244.
- La livraison à CHRYSLER U.S.A. d'une installation Robogate pour le modèle HORIZON.

Le concept de robot industriel, comme celui d'atelier automatisé flexible, est en général, associé aux industries métallurgiques, mécaniques et électriques, et souvent, de façon encore plus restrictive à la seule industrie automobile.

C'est pour cette dernière ou ses sous-traitants qu'a été construite, jusqu'à ce jour, la plupart des ateliers flexibles. Il est cependant clair, qu'à terme, la pénétration de la robotique industrielle se fera sur un marché bien plus vaste. Il nous a donc paru indispensable d'élargir notre étude au-delà du secteur du travail des métaux.

L'Industrie de l'Ameublement offre, de ce point de vue, un exemple intéressant. Puisqu'il s'agit d'une industrie de main-d'oeuvre, fabriquant des séries de taille moyenne, le problème de l'automatisation se pose, à première vue, en les mêmes termes que pour les industries mécaniques. Face à une concurrence internationale très puissante, l'évolution de la profession peut laisser prévoir un effort en matière d'équipement.

Cependant, passées assez tard au stade industriel, les entreprises du secteur conservent un aspect artisanal. La plupart d'entre elles sont de taille moyenne.

Nous verrons que la pénétration de la robotique industrielle dans le secteur de l'ameublement, quoique techniquement intéressante, se heurte en fait à bien des obstacles.

I - APERCU DE L'INDUSTRIE DE L'AMEUBLEMENT

Le secteur de l'ameublement est traditionnellement divisé en six branches :

- . meubles dits " meublants "
- . sièges
- . meubles de cuisine
- . literie
- . meubles divers et produits annexes (meubles en rotin, cercueils, luminaires..)
- . mobilier fonctionnel.

Il se présentait comme suit en 1978 (source : UNIFA)

	NOMBRE * D'ENTREPRISES	EFFECTIFS	Chiffre d'Affaires (HT en MF)
meubles meublants	684	37.746	5.848
sièges	296	22.880	3.827
cuisine	159	13.395	2.413
divers meubles	148	7.638	1.047
bureaux	28	1.720	311
TOTAL	1.315	83.379	13.346

* Entreprises employant plus de 10 salariés.

Dans la suite, nous retiendrons le plus souvent la séparation en deux branches : meubles et sièges.

Excédentaire au cours des années 50, le commerce extérieur est devenu largement déficitaire au début des années 60, le taux de couverture oscillant autour de 0,40

	1979 (Estimation)	1978
Exportations (MF)	1 620	1 314
Importations "	3 870	3 140
Déficit "	2 250	1 826
Taux de couverture	0,419	0,418

II - LES PROCEDES DE FABRICATION

A. MEUBLES MEUBLANTS

De façon schématique, il faut distinguer deux familles de techniques : l'une qui s'applique aux panneaux, l'autre au bois massif. Les machines sont en général spécifiques à une technique et les ateliers spécialisés par type de fabrication.

Le travail du bois massif commence par des opérations de débit et de séchage. Puis, viennent les opérations d'usinage et de corroyage : de traitement de surface (teinture, vernissage) puis de montage.

Le travail des panneaux est, après mise aux dimensions, essentiellement composé des opérations de placage (PVC, bois naturel,...) et d'opérations finales très diverses selon la nature du meuble (perçage, pose de charnières, de boutons de porte, etc ...). Seules, quelques grandes entreprises possèdent une unité de fabrication des panneaux.

De façon générale, le panneau se prête mieux que le bois massif à une automatisation du processus de production, en raison d'une part de sa qualité régulière, d'autre part de la structure des meubles plus simple que dans le cas du bois massif. Dans certaines unités (Usines du Groupe DUMEST PARISOT) la fabrication des panneaux, le placage et la découpe sont entièrement automatisés et relèvent autant de l'industrie de process que de l'industrie manufacturière. A l'inverse, les secteurs de bois massif emploient une main d'oeuvre abondante dont une large part est non qualifiée.

B. SIEGES

La fabrication comprend trois étapes : la fabrication des carcasses, le garnissage à l'aide de crins ou de mousses et la tapisserie (opérations de coupe et de couture). Il s'agit d'une industrie de faible intensité capitalistique, (sauf quelques entreprises importantes disposant d'unités de fabrication de mousse), une large partie du personnel effectuant un travail de confection.

.../...

III - STRUCTURE DE LA PROFESSION

L'industrie de l'ameublement est encore largement constituée de P.M.E. On ne comptait, en 1976, que 19 entreprises de plus de 500 personnes, sur 1315 entreprises de plus de 10 personnes.

Cependant, hormis le secteur artisanal, qui a toujours une place à tenir notamment dans le mobilier de haut de gamme, il semble que la taille des entreprises augmente, une taille convenable, sinon optimale, se situant entre 200 et 1 000 salariés.

Notons qu'une entreprise, le groupe DUMEST-PARISOT, premier fabricant européen, fait figure de géant, avec plus de 5 000 salariés et un chiffre d'affaires de l'ordre de 1 000 MF.

IV - LES PROBLEMES DU SECTEUR

Engagée assez tardivement dans la voie de l'industrialisation, la profession s'est trouvée mal placée lors de l'ouverture des frontières pour faire face à ses rivales, allemande puis italienne.

Parmi les faiblesses les plus fréquemment citées, retenons :

- . la conception du produit : peu d'entreprises peuvent intégrer un véritable bureau d'études et le recours à des " designers " professionnels n'est pas encore assez répandu,
- . la fonction commerciale, souvent peu développée,
- . la fabrication même qui n'échappe pas à la critique, beaucoup d'entreprises n'ayant pu surmonter les problèmes d'organisation induits par le passage du stade artisanal au stade industriel.

V - LA ROBOTIQUE ET L'INDUSTRIE DE L'AMEUBLEMENT

Si l'on s'en tient aux seuls procédés de fabrication, un certain nombre de facteurs pourraient laisser prévoir une pénétration de la robotique dans le secteur de l'ameublement. Le domaine le plus favorable serait assurément la fabrication de meubles en bois massif, les grandes unités de panneaux étant déjà largement automatisées.

Un survol succinct d'un atelier d'usinage de bois massif laisse entrevoir quelques similitudes grossières avec l'industrie mécanique. La part des ouvriers spécialisés dans le personnel ouvrier est prépondérante, la grande majorité d'entre eux effectuant des opérations de chargement et déchargement de machines outils. Ainsi, l'essentiel du cycle de fabrication est constitué de manutentions, temps d'attente, stockage, etc...

D'autre part, le problème de nocivité des travaux de teinture ou de vernissage du bois se pose dans les mêmes termes que celui des cabines de peinture de l'industrie automobile. Le fait qu'il existe déjà des machines à vernir, en service pour des pièces de bois de forme plane, peut laisser supposer l'achat de robots peintres existant actuellement sur le marché.

Enfin, les séries sont relativement faibles de l'ordre de quelques milliers au maximum. Une tendance se dessine d'ailleurs au raccourcissement de la durée de vie des modèles, militant pour une plus grande flexibilité de l'appareil de production qui permettrait de s'adapter plus rapidement aux évolutions de la " mode ". (Ainsi, l'industrie allemande, basée sur de lourdes chaînes de fabrication a été fortement pénalisée par la percée du meuble de style au détriment du meuble contemporain au cours des années 70).

Malgré ces facteurs favorables à l'utilisation de robots industriels et - pourquoi pas - de systèmes flexibles d'usinage, une approche plus complète de la réalité du secteur fait apparaître de sérieux obstacles. D'un point de vue technique, d'abord, quoique la précision de l'usinage du bois soit de loin inférieure à celle requise pour l'usinage des métaux, le caractère irrégulier, pour ne pas dire aléatoire de la qualité du bois massif, rend indispensable un contrôle visuel à toutes les étapes du processus opératoire. Tous nos interlocuteurs au sein de la profession se sont montrés sceptiques quant à la possibilité d'un usinage en aveugle. Le caractère tridimensionnel de l'usinage de bon nombre de pièces pose une difficulté supplémentaire.

Par ailleurs, le secteur, issu de la tradition artisanale, reste d'intensité capitaliste faible. Ceci induit, d'une part, un état d'esprit souvent plus proche de celui d'artisans que d'industriels, d'autre part, une certaine impréparation technique à utiliser du matériel de pointe. Le concept d'atelier automatisé flexible représente un saut d'au moins vingt ans par rapport aux procédés les plus couramment utilisés. L'emploi de machines outils à commande numérique est quasiment inexistant. (L'industrie automobile aurait-elle pu passer aux techniques de fabrication des années 80, en sautant le stade des machines transferts). A titre d'exemple de ce retard industriel, le Centre de Productivité de l'Ameublement et de la Literie cite une entreprise à laquelle l'emploi d'un planning plus cohérent a fait gagner 10 % dans le cycle de fabrication.

Les constructeurs de machines à bois, habitués à spécialiser leurs machines par fonction, non à concevoir des lignes pour un produit pourraient, d'autre part, constituer un obstacle. La principale société française d'ingénierie dans le domaine, CHAMBON ENGINEERING, ne paraît pas non plus décidée à parier sur la robotique.

Les capacités financières de la profession sont modestes, ce qui ne saurait constituer un obstacle à l'équipement en manipulateurs de bas de gamme, mais s'oppose à priori à la conception de systèmes d'usinage gérés par ordinateur.

Enfin, le problème de la productivité, s'il n'est évidemment pas inexistant, n'apparaît pas comme la première des priorités, et vient, par exemple, derrière l'effort nécessaire à fournir sur la conception du produit.

Par conséquent, il ne faut pas s'attendre à ce que le secteur de l'ameublement constitue plus qu'un marché ponctuel pour les constructeurs de robotique. Il

.../...

pourrait s'y installer dans les années à venir quelques unités de manipulateurs programmables de bas de gamme servant et desservant des machines-outils et quelques robots peintres. Mais, il ne saurait s'agir d'un marché de plus de quelques unités par an.

L'utilisation de systèmes flexibles de découpe ou d'usinage gérés par ordinateur apparaît quant à elle plus lointaine, sauf évolution rapide et imprévisible des possibilités et de l'état d'esprit de la profession.

Nos interlocuteurs connaissent, en général, le processus d'aide à l'automatisation des processus de production. Un effort d'information technique paraît cependant souhaitable : l'un des industriels contactés, n'excluant pas, a priori, la possibilité de s'équiper en matériel de robotique, ignorait le nom des principaux constructeurs.

Visite de l'usine de Saint LOUP du groupe DUMEST - PARISOT
et entretien avec MM. PARISOT

L'usine de St LOUP (environ 2.000 employés) est une des cinq unités du groupe, qui compte 6.000 employés. Deux types de fabrications de meubles y sont menées : les meubles en aggloméré et les meubles en bois naturel.

1) La fabrication des panneaux d'aggloméré

Cette fabrication peut se diviser en quatre étapes ayant chacune une spécificité quant aux possibilités d'automatisation envisageables ou déjà réalisées.

- Fabrication du panneau

Le bois est trituré, séché, et trié en fonction de la granulométrie des copeaux. Un enrobé, mélange et colle et de grains de bois est déposé en épaisseur uniforme sur un tapis transfert et polyencrisé à chaud.

Le panneau continu qui en sort est alors découpé à longueur fixe.

Il s'agit d'un procédé en continu, dont la mécanisation est déjà effectuée et qui nécessite peu de main d'oeuvre.

- Traitement de surface

Trois types de traitements sont effectués suivant l'aspect que l'on souhaite donner au panneau :

- . collage à chaud d'une feuille de PVC
- . collage d'un papier imprimé
- . pose d'un revêtement stratifié

Dans les trois cas, le traitement est mécanisé - le poids des éléments rend la mécanisation indispensable - la main d'oeuvre est peu nombreuse et se voit confier principalement des tâches de contrôle (éviter le décollement du revêtement sur les bords par exemple).

- Découpe des panneaux

Elle est effectuée par une machine de forte puissance permettant de scier simultanément plusieurs panneaux suivant un plan de coupe pré-réglé. Il n'y a pas de commande numérique installée sur ce matériel. Les panneaux découpés sont alors déchargés manuellement et classés par taille. Cette opération de manipulation nécessite beaucoup de main d'oeuvre (six personnes).

- Montage des meubles

Nous n'avons pas visité l'ensemble des installations de montage mais seulement certaines opérations. Nous en reparlerons par la suite puisque les panneaux sont utilisés chez DUMEST à St LOUP comme éléments plans de certains meubles (étagères, fond...).

2) L'atelier de fabrication des meubles en bois naturel

Nous distinguerons là encore trois étapes bien que toutes les opérations ont le même degré de mécanisation.

- Fabrication des éléments constituant le meuble

Les éléments qui ne sont pas de forme plane - pieds, montants...- sont usinés sur des machines outil classiques - raboteuses, tourneuses - pilotées par un homme - Pour certains éléments fabriqués en grande série les machines sont regroupées en ligne et sont automatiques. La main d'oeuvre reste cependant nombreuse pour les opérations de contrôle et d'empilage défilage. Ce genre de travaux est l'un de ceux qui sont susceptibles d'être effectués par des robots.

Les éléments plans sont découpés sur des scies suivant un gabarit pilotés par des opérateurs. Les rainures et motifs décoratifs sculptés sont effectués de la même manière.

Il est difficile de prévoir l'évolution de la technique dans ce domaine : va-t-on par exemple vers la commande numérique des machines pour ce genre d'opérations ou vers l'estampage de la pièce de bois comme l'étudie actuellement PARISOT ? Il est clair qu'il s'agit de deux évolutions conduisant à des automatisations très différentes.

- Assemblage et traitement de surface

Ce sont des opérations effectuées manuellement : après collage et assemblage des éléments, les ensembles ou sous-ensembles sont suspendus sur une chaîne transfert qui passe devant les différents postes de traitement :

. peinture au pistolet, séchage, essuyage, ponçage, vernissage.

Il s'agit d'un travail effectué dans des conditions pénibles et qui semble difficilement automatisable, que ce soit pas des procédés classiques de tunnel de peinture - à cause des pertes que cela causerait - ou par des robots de peinture - à cause du nombre important de modèles.

- Montage final

La pose des équipements - poignées, serrures - se fait par des machines automatiques alimentées manuellement. Le montage est manuel.

3) L'entretien avec Mr. PARISOT

Le secteur de l'ameublement est caractérisé selon Mr. PARISOT, par la nécessité de changer très souvent de production pour suivre la mode. L'outil de production doit donc être flexible.

C'est pour cela que les problèmes de robotique sont dans l'ameublement tout-à-fait à l'ordre du jour. Mr. PARISOT a décidé la création d'une équipe de travail chargée de mettre au point un robot adapté aux besoins de l'industrie du meuble et qu'il serait prêt à commercialiser.

Il s'agit d'un bras manipulateur remplaçant un geste humain - en manutention ou en peinture - dont le prix ne devra pas excéder 100 KF. Les contacts pris avec RENAULT et KRFMLIN n'ont donc pas été poursuivis (curieusement notre interlocuteur ne connaissait pas d'autre fabricant).

Il existe dans l'industrie du meuble d'autres exemples d'automatisation qui s'ils ne sont pas des robots sont indispensables pour permettre l'emploi des robots : la Vosgienne du meuble utilise une machine qui détecte les défauts et optimise la découpe de ses panneaux en fonctions de ces défauts.

CONCLUSION

La volonté affichée par les responsables de l'usine, ainsi que l'état d'automatisation de l'entreprise nous font penser que l'on verra apparaître ponctuellement quelques robots. Il s'agira cependant de matériels très simples dont la maintenance devra être facile car il nous semble douteux que l'on puisse effectuer le saut technologique que représente le passage de la machine outil simple à des systèmes à l'informatique complexe.

Cet entretien s'étant déroulé au téléphone, a été relativement succinct et nous avons abordé seulement les problèmes directement liés à la robotique.

GAUTIER est une entreprise employant plus de 1.000 personnes, ce qui en fait un des grands du meuble.

Il n'y a pas actuellement de robot chez GAUTIER et ce n'est pas un souci quotidien, même si le problème est évoqué pour les opérations de maintenance et de traitement de surface. Le blocage de la situation est dû à trois raisons principales :

- 1°/ Il reste beaucoup d'autres choses à faire dans d'autres domaines pour améliorer la productivité, ne serait-ce que de regrouper les machines sur des lignes de fabrication.
- 2°/ Si l'on passe en revue l'ensemble des opérations intervenant dans la fabrication d'un meuble, un petit nombre seulement est susceptible d'être robotisé.
 - . dans l'usinage des pièces (tournage par exemple) la solution passe par l'utilisation d'un tour automatique réglable par un jeu de cales et de gabarit, les pièces étant manipulées par un opérateur,
 - . le traitement de surface : les panneaux sont traités par des machines spécialisées sans recours au robot,
 - les meubles pleins actuellement peints à la main nécessitent des systèmes électrostatiques du type machine à peindre lorsque les formes sont simples (portes, ...) seuls les meubles peints après le montage (chaises par exemple) peuvent relever de l'utilisation d'un robot,
 - . l'assemblage n'est pas un problème pour GAUTIER qui livre ses meubles à assembler.
- 3°/ Enfin, le bois est un matériau non industriel, qui comporte donc de nombreux défauts : les contrôles sont nécessaires à tous les stades de la fabrication et ne permettent donc pas de se passer de présence humaine.

.../...

REMARQUE :

Le coût des systèmes robotisés n'a pas été évoqué dans cet entretien ce qui nous confirme à quel point ce problème n'est pas prioritaire. Ceci est caractéristique de ce secteur qui ne semble pas prêt à franchir le pas de la robotisation.

CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

Le secteur de l'ameublement est constitué d'un grand nombre de petites entreprises. Sur 1300 entreprises employant plus de 5 personnes, 20 dépassent 500 employés - qui ne sont pas intégrés verticalement: seules les plus grosses entreprises fabriquent leurs panneaux d'aggloméré. Il n'est donc pas étonnant que le niveau d'industrialisation soit faible comparé à celui de la R.F.A. où les entreprises sont plus importantes et plus mécanisées.

Il faut distinguer deux types principaux de produits :

- le bas de gamme, fabriqué en grande série par de grandes entreprises,
- le haut de gamme, fabriqué par des artisans ou des petites entreprises.

Les problèmes que l'industrie du meuble aura à résoudre sont de trois ordres, que nous avons classés par importance :

- conception de produits originaux pour stopper la pénétration du style italien,
- gain de productivité,
- économie de matières premières.

Ces deux derniers points nécessitant un effort de mécanisation auquel le secteur aura du mal à faire face à cause de ses possibilités de financement limitées. Cet effort passe par exemple par la mécanisation de l'usinage, de l'assemblage et du montage des meubles ou par l'automatisation de la découpe et du traitement des panneaux.

ENTRETIEN AU CENTRE DE PRODUCTIVITE DE L'AMEUBLEMENT

ET DE LA LITERIE.

Il y a actuellement très peu de machines-outil à commande numérique dans l'industrie du meuble, et seules une dizaine d'entreprises en France sont susceptibles d'en acquérir, principalement pour effectuer de la découpe de panneaux. Il existe cependant quelques études menées actuellement en vue d'automatiser la production:

- Recopie d'une pièce plane par lecture et reproduction électronique. Ce système permet de s'affranchir de l'utilisation des gabarits dont se servent actuellement les fabricants de meubles.
- Etudes allemandes pour la mise au point d'empileurs -dépileurs permettant d'automatiser une opération retardant actuellement les machines d'usinage. Ce problème est étudié par le C.P.A.L.
- Machine de défonçage des portes (fabrication des canelures).

Cependant, le gain de productivité est, dans la plupart des cas, à rechercher ailleurs que dans l'automatisation : le C.A.P.L. nous cite le cas d'une unité de placage de panneaux. employant 32 personnes. où l'installation d'un simple planning a permis d'obtenir des gains de productivité supérieurs à 10 %.

Pour le C.A.P.L.. le dynamisme de secteur est nettement insuffisant ce qui explique le retard de productivité de l'industrie du meuble en France.

ENTRETIEN AVEC M. CROS ET SES COLLABORATEURS

de CHAMBON INGENIERIE

CHAMBON est le numéro un français des sociétés d'ingénierie dans le domaine des usines à bois. Installant de nombreuses machines - principalement allemandes et italiennes - cette société est donc bien placée pour connaître l'évolution des techniques et les besoins des industriels.

Selon M. CROS, il n'existe pas de machine à bois très évoluée à cause d'une rentabilité insuffisante. Par conséquent, bien que la robotisation soit envisageable techniquement - dès la conception des machines par exemple - il n'y en a pas encore d'exemple.

Si l'on distingue les deux domaines du meuble, le panneau et le massif, on peut prévoir deux évolutions distinctes :

- . le meuble massif fera encore appel à des machines-outil traditionnelles,
 - . dans le domaine du panneau, l'automatisation déjà amorcée s'accentuera comme le prouvent les trois exemples suivants :
 - . MOBALPA a installé une ligne d'assemblage de meubles de salles de bain : l'automatisation a été rendue possible grâce au procédé d'assemblage par injection,
 - . Il existe en Europe trois chaînes de placage de champ, automatisées et pouvant plaquer trois couleurs différentes,
 - . BAUMANN possède un système d'analyse des défauts du bois permettant d'optimiser la découpe (l'économie de matière est de 5 à 10 %).
-

LA ROBOTIQUE AU C.E.A.

- . Entretien avec Mr. DE MICHEL. Diversification
- . Visite au Centre d'Etudes Nucléaires de SACLAY
- . Visite à EVRY sur le projet SPARTACUS

1. Présentation Générale :

Dans le domaine de la robotique le C.E.A développe des télémanipulateurs légers, - d'une capacité de quelques dizaines de kilogrammes, par l'intermédiaire de la société la Calhène - La caractéristique de ces machines est la présence d'un homme dans la boucle, dont les mouvements sont simplement reproduits : il ne s'agit donc pas à proprement parler de robot.

Le C.E.A développe actuellement une deuxième génération de machines :

- . Le MA 11 apparu en 1947 est un télémanipulateur où la liaison maître-esclave est entièrement mécanique ce qui oblige à ne pas les éloigner l'un de l'autre. Le fonctionnement est réversible et le maître sent donc les efforts exercés sur l'esclave.
- . Le MA 23 (1980) est à asservissement électronique ce qui permet non seulement l'éloignement mais aussi le pilotage par un programme pré enregistré - il s'agit alors d'un robot - Dans ce matériel le retour d'effort a été conservé, ce qui rend l'éventuel rovo sensible à son environnement (sens tactile).

2. Le projet SPARTACUS :

En association avec la SAGEM, SIT INTEL et des Laboratoires de recherche, la Calhène développe le programme SPARTACUS, robot de manipulation pour tétraplégique. Les problèmes de transmission d'information entre le handicapé et l'appareil ont été résolus par deux voies différentes :

- création d'un langage de commande utilisant les ressources du handicapé à savoir les mouvements du cou, la voix, les mouvements des yeux.
- "aide au pilotage" par écriture de procédures automatiques telles que le positionnement précis de la prise sur l'objet saisi, la tenue automatique des objets lors de leur transport.

Il s'agit donc d'un télémanipulateur évolué qui peut être utilisé comme robot facilement puisque l'interface maître-esclave est électronique.

L'expérience qui nous a été présentée à EVRY, illustre les possibilités du matériel (il s'agit de la saisie automatique d'objets dont la position est inconnue). On peut la décomposer en quatre étapes.

.../...

- Repérage de la position de la table où sont déposés les objets : le bras est descendu lentement jusqu'au contact, la cote trouvée est gardée en mémoire et le robot adopte une position de travail située à quelques centimètres au dessus.
- Balayage rapide en zigzag de la surface de la table - Lorsque les capteurs infra-rouge situés dans la pince détectent la présence d'un objet (la portée du capteur en mode détection est de 60° sur 15 centimètres). Le balayage est interrompu et le bras se dirige vers lui.
- Saisie de l'objet et transport grâce au toucher doux dont est équipé la pince.
- Dépose au point pré-enregistré dans le programme.

L'intérêt de cette expérience est la démonstration de la qualité du capteur mis au point ainsi que du programme de pilotage. Il reste que ce matériel est limité dans ses performances : n'étant pas équipé d'acquisition et d'analyse d'image il ne peut trier ni orienter les objets.

3) Les marchés des produits C.E.A :

- Le principal marché, pour lequel ont été étudiés les manipulateurs reste le secteur nucléaire et le retraitement où l'opérateur doit être éloigné de la source radioactive. Ce marché nécessite d'après M. DE MICHEL un manipulateur à bras télescopique d'une capacité de 25 KG pour 500 exemplaires en France et quelques centaines à l'étranger. Le C.E.A. est prêt à développer un tel matériel - de coût unitaire 150 KF - pour concurrencer la firme allemande WALLISCHMILLER ou américaine CRL.

Les possibilités offertes par l'asservissement électronique permettent l'utilisation de ces matériels en océanographie ou en travail off-shore - l'engin ERIC développé par le C.E.A. est prévu pour travailler par 6.000 mètres de fond.

Enfin des essais sont réalisés en collaboration avec l'ADETIEF - Association d'Etudes Techniques des Industries de l'Estampage et de la Forge - pour tester le MA 23 comme robot de manipulation. Un film sur les essais nous a été projeté. Après une phase d'apprentissage consistant à enregistrer en mémoire les mouvements correspondants, le robot répète les gestes, en fonctionnant en boucle fermée : le robot résiste aux chocs du mouton de 5 t sur la pièce grâce au bras non rigide - En plus le traitement du retour d'effort permet de détecter un éventuel collage de la pièce estampée et d'agir en conséquence.

Cependant, si le robot est capable d'effectuer une série d'opérations successives, les essais de fatigue n'ont pas été menés pour permettre de se faire une idée de la tenue du matériel dans un environnement industriel et avec un nombre de cycles élevé.

En conclusion, les télémanipulateurs et robots du C.E.A en raison du créneau sur lequel ils se placent (100. 150 KF) peuvent couvrir un marché important. Mais, si certaines applications leur sont bien adaptées, les débouchés industriels nouveaux ne sont pas encore assurés.