

Mardi 8 janvier 1985

"La mutation en cours dans la production industrielle"

Le mardi 8 janvier, Monsieur SIMON, directeur général scientifique et technique du C.E.T.I.M.* , nous a parlé de "la mutation en cours dans la production industrielle".

Chacun d'entre nous perçoit que nous vivons une période de profonde mutation industrielle. La montée du chômage traduit les difficultés d'adaptation à la nouvelle structure économique qui se met en place.

Cette structure se caractérise par trois éléments essentiels : une mutation technique, une profonde évolution sociologique et une intercorrélation mondiale si généralisée que rien ne peut plus se traiter de façon purement locale.

Sur le plan technique, la mutation industrielle que nous vivons est souvent perçue comme la conséquence de l'automatisation de la production. C'est une idée fautive, ou à tout le moins incomplète. L'effort d'automatisation ne date pas d'hier. Utiliser la force mécanique de l'eau, puis du vent, pour entraîner les moulins c'était déjà de l'automatisation.

L'automatisation a jalonné toute l'histoire de l'artisanat, puis de l'industrie, mais elle n'a longtemps su faire que des produits indéfiniment répétés à l'identique : farine, papier, verre, tissus et en fin de compte produits mécaniques avec les lignes transferts et les lignes de montage qui ont vu le jour après la guerre.

L'élément vraiment nouveau dans l'économie contemporaine est l'arrivée des moyens de traitement et de diffusion de l'information.

Ce n'est plus du tout une évolution régulière comme celle dont nous parlions tout à l'heure pour l'automatisation. A partir des années 60 la diffusion extrêmement rapide tant de l'informatique que des moyens de communication audiovisuels se présente comme un véritable raz de marée.

Dans la mécanique, et d'autres productions d'ailleurs, la nouveauté ce n'est pas essentiellement de pouvoir fabriquer des pro-

*Centre Technique des Industries Mécaniques.

duits indéfiniment répétés à l'identique sur des chaînes automatiques, c'est de pouvoir fabriquer sur ces chaînes des produits différents. Ceci n'a été possible que grâce à l'informatique. La première application de ce genre a été la commande numérique des machines outils, puis on a vu arriver les robots programmables, voire les robots dits intelligents de deuxième génération capables de s'adapter à des circonstances variables et les opérations diverses assistées par ordinateurs en mode interactif.

La véritable mutation technique c'est celle-là car elle étend l'automatisation à la quasi totalité de la production alors qu'elle restait réservée jusque là aux produits fabriqués en très grande série.

Toutes les tâches industrielles sont désormais automatisables en tout ou partie : devis, conception des pièces (CAO), calculs de dimensionnement, préparation du travail, optimisation des matières, ordonnancement, usinage sur machines outils, chargement-déchargement, gestion des stocks, montage, contrôle, etc ...

Pour illustrer cette évolution, Monsieur Simon nous a présenté de nombreuses diapositives sur les manipulateurs programmables, les robots, les machines à commandes numériques et les ateliers dit flexibles dont les premières réalisations ont été mises au point au début des années 1970 et qui se généraliseront dans l'avenir.

Le deuxième élément de l'analyse de Monsieur Simon est la mutation socio-culturelle.

L'élévation du niveau de vie et la généralisation des enseignements moyen et supérieur modifient le comportement des individus dans les pays développés. L'évolution technique a permis de confier aux machines et à l'électronique des tâches dont l'individu se chargeait jusqu'alors, tâches souvent répétitives et sans véritable initiative.

Mais, si la technique l'a permis, les seuls progrès de l'enseignement l'auraient exigé car rien n'est plus dangereux que de séparer le travail et la culture "Fou celui-là qui prétend distinguer la culture d'avec le travail, disait déjà Saint-Exupéry, car l'homme se dégoûtera d'un travail qui sera la part morte de sa vie, puis d'une culture qui ne sera plus qu'un jeu sans caution".

Cette mutation sociale a souvent été perçue par ceux qui sont allés au Japon. Dans ce pays près de 95% des individus atteignent le niveau du baccalauréat local et 40% ensuite entament des études supérieures. Il a été souligné dans une usine de Kobé, où la main d'oeuvre disposait de l'atelier pour se retrouver dans les services commerciaux ou de programmation de la production, que le jeune ayant bénéficié d'une formation intellectuelle ne veut plus remplir certaines tâches de production.

Ne croyons pas que les hommes soient opposés au travail manuel quand ce travail comporte une part de création, mais ils fuient à juste titre tous les travaux répétitifs où la machine asservit l'individu. Ne se réalisant plus dans leur métier ils cherchent ailleurs leur épanouissement personnel.

Cette transformation sociale se traduit d'une autre façon : montée du tertiaire, accroissement très important des effectifs consacrés à la recherche. Sait-on que les 3/4 des emplois créés en France de 62 à 75 l'ont été dans le tertiaire et 53% au Japon en 1976 ?

Sait-on que 95% des chercheurs ayant jamais existé sont actuellement vivants ? Ceci est une modification aussi brutale que celle que l'on a notée pour l'informatique. La recherche étant autrefois beaucoup plus individualisée que maintenant. Elle est devenue la tâche d'équipes nombreuses et bien outillées, c'est une activité économique comme une autre, mais qui commande l'évolution technique.

Les modifications culturelles peuvent être considérées comme l'a dit A. Sauvy à la fois une conséquence de l'augmentation de la productivité (niveau de vie, possibilité de s'instruire) et comme une cause de cette efficacité. Prenons-y garde car nos vieux pays risquent de se voir intellectuellement dépassés s'ils ne se maintiennent pas dans le peloton de tête.

Le troisième élément de la mutation présente est l'intercorrélation généralisée du monde actuel.

L'évolution des moyens de transport est extrêmement rapide. Les distances entre pays se réduisent. On ne parle plus en miles ou en kilomètres, même plus en jours, mais en heures de trajet. Hong-Kong est aujourd'hui à la même "distance" de Paris que l'était Auxerre en 1830. Que dire aussi des moyens de transfert de l'information. Il n'est pas d'évènement politique, social ou technique qui ne soit instantanément connu à l'autre bout de la planète. Cette instantanéité a littéralement créé, comme l'avait fort bien vu Teilhard de Chardin, un organisme nouveau, moderne support d'une évolution que nos yeux de myopes avaient cru arrêtée.

Le Président des Ingénieurs & Scientifiques de France soulignait, lors de l'inauguration de son mandat en 1982, que le transport aérien par colis groupé d'une montre venue du Japon coûtait moins de la moitié du timbre d'une lettre courante expédiée en France. Les marchés et la concurrence se mondialisent.

Voilà les 3 éléments de ce que nous appelons la crise mondiale.

Freiner délibérément notre adaptation au nouveau monde qui vient ne ferait qu'aggraver notre situation. Il faut en sortir "par le haut".

L'idéal serait d'adapter en temps réel les individus aux nouvelles tâches qui les attendent plus intéressantes, plus motivantes, mais on ne bouleverse pas du jour au lendemain la structure des emplois.

Le seul facteur, hélas que l'on ne puisse réduire facilement, comme le disait un observateur économique, est le facteur temps. Plus tard nous mettrons en place les nouveaux moyens de production, plus nous retar-

derons l'accès au nouvel équilibre, plus la crise fera de victimes, provisoires espérons-le.

Il nous appartient de ne pas laisser les autres grands pays industriels nous devancer dans cette voie.

FILMS.-

1.- Renault.-

Une réponse aux besoins concrets de manipulations automatiques est donnée par des robots industriels qui ouvrent ainsi des perspectives nouvelles.

La direction des automatismes de la Régie Renault a conçu et développé un projet robotique pour fournir à l'industrie les outils appropriés à cette évolution. Première application pour une approche globale de ces nouveaux moyens de production : 2 familles de robots ont été créées pour la soudure, la peinture et la manutention. Des robots d'une structure portique soudent à l'usine de Flins des éléments de R5. Leur mécanisme est constitué d'un assemblage de modules dont l'étude a été confiée à une filiale de la Régie Renault. La constitution modulaire permet de réaliser dans une même famille des robots de structure géométrique variée ayant des performances équivalentes. Il est ainsi possible de choisir selon la nature de l'opération à réaliser la configuration la mieux adaptée aux buts recherchés. La structure du portique facilite son implantation dans les chaînes d'assemblage qu'il engendre.

Par contre le robot vertical sera implanté latéralement à ces chaînes ou utilisé seul dans le contexte de manutention. Ce robot vertical exécute des soudures sur un côté de caisse de véhicule.

La fiabilité des robots est testée par des essais systématiques aux bancs puis confirmée dans les usines par l'épreuve d'endurance sévère qu'impose la production de grande série.

L'animation des structures mécaniques est gérée par un calculateur numérique.

Autre robot de la même famille, le robot horizontal.

Sa structure permet une très grande vitesse appréciée pour certaines opérations.

Une caractéristique de ces robots est de pouvoir changer eux-mêmes d'outils ce qui justifie leur emploi pour des fabrications de moyenne ou petite série. Différents systèmes de changements d'outils sont proposés selon les applications.

Le programme de travail d'un robot est enregistré sous forme d'une trajectoire constituée de points remarquables appris lors d'une pre-

mière exécution commandée manuellement par un opérateur. Pour se faire, le système le plus simple est une boîte à boutons permettant un déplacement axe par axe du robot. Des tâches un peu complexes obligent alors à un travail d'apprentissage toujours long et fastidieux. Un manche à balai à 6 degrés de liberté supprime cette difficulté en permettant un pilotage intuitif de l'outil sans avoir à tenir compte de la structure du robot.

Le calculateur du robot assiste l'opérateur et les apprentissages les plus complexes sont alors extrêmement précis.

Cependant les robots de cette famille ne répondent pas à tous les besoins rencontrés dans l'industrie par exemple la peinture de l'intérieur des véhicules.

En effet, la structure classique du poignet adaptée pour l'extrémité du robot est limitée pour l'accès aux cavités.

Elle peut être avantageusement remplacée par un ensemble polyarticulé appelé trompe d'éléphant.

Cette trompe est un module de la famille des robots de peinture, plus léger et rapide que les précédents.

Ces robots sont pilotés par un calculateur.

L'accès à la totalité de l'intérieur du véhicule nécessite une structure à 7 degrés de liberté et la possibilité de travailler en poursuite. L'avance de la chaîne joue le rôle d'un 8ème degré de liberté. La nature particulière des trajectoires de peinture, la présence d'obstacles et les conditions de sécurité ont conduit à utiliser une réplique légère du robot. Ce dispositif appelé "pantin" permet aux peintres d'enregistrer des trajectoires calquées sur ses propres gestes. Ces robots sont commercialisés par la société ACMA, filiale de la Régie Renault. Les différents modèles sont fabriqués et montés dans l'usine de Beauchamp. La ligne d'assemblage finale du véhicule R 18 à l'usine de Flins illustre très concrètement les possibilités de ces robots dans le travail de soudure.

Ces machines, bien qu'appelées robots, sont bien proches de l'automate programmable car elles nécessitent une intervention humaine pour s'adapter à une situation inconnue. Elles sont aveugles à leur environnement et répètent inlassablement un nombre de gestes ou de trajectoires limités. Il faut leur adjoindre des facultés de perception et d'interprétation de l'environnement.

Alors dotées d'un sens de la vue par exemple, ces machines sont capables de tâches plus complexes comme de reconnaître des pièces, de les localiser et de les saisir afin de les trier, de les ranger ou de les déposer dans une machine. L'oeil, une caméra de télévision donne au repos une image qu'il doit interpréter.

Afin de saisir une pièce, il faut connaître la face sur laquelle elle repose, l'endroit où elle se trouve et son orientation. Le nombre de positions stables d'une pièce posée sur un plan est limité. De chacune de ces positions la caméra donne l'image d'une silhouette plus ou moins grise. Au cours du balayage de l'image, l'analyse du signal vidéo résultant donne

la mesure de la surface de la silhouette considérée.

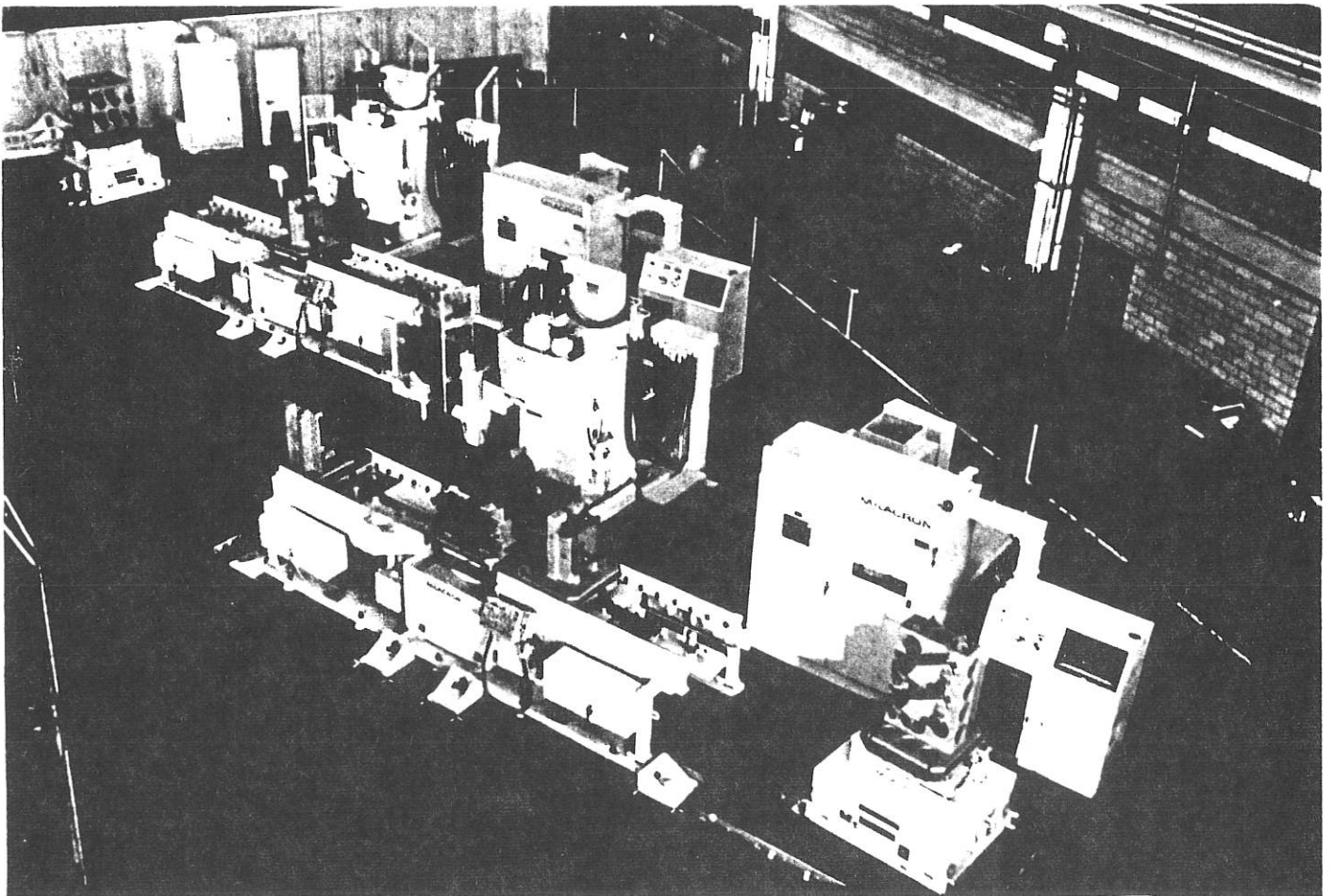
Une phase préalable très simple et automatisée a permis de constituer une mémoire de toutes les valeurs significatives de ces surfaces. Ainsi, à chaque silhouette type, est associée sa surface. La comparaison entre la valeur mesurée et les valeurs en mémoire permet alors de reconnaître la silhouette analysée. Le calcul du centre de gravité donne la position de la pièce dans le champ de la caméra. L'orientation de la silhouette nécessite la mesure des coordonnées de son centre de gravité par rapport à son rectangle exinscrit puis est déterminée par comparaison à des valeurs apprises et mémorisées.

Cette technique de mesure et de comparaison de grandeurs caractéristiques permet d'extraire de l'image les informations globales nécessaires au robot pour l'adaptation de son comportement à chaque nouvelle situation.

Le robot a donc la capacité originale pour une machine de s'adapter au nombre quasi infini de situations différentes à partir de l'apprentissage d'un très petit nombre de cas.

L'originalité du robot comme moyen de manipulation est évidente. Les aptitudes qu'il présente lui assureront une place importante sur le marché des équipements industriels.

2.- Le deuxième film que nous avons vu est un film muet qui présente un atelier flexible des usines Cincinnati Milacron, avec des chariots automoteurs.



Toute pièce compatible avec les moyens d'usinage peut entrer dans le système dans un ordre aléatoire et en sortir usinée. Les opérations sont totalement automatiques de même que le remplacement des outils usés, les corrections de positionnement ou d'avance pour compenser les excès de métal ou le positionnement incorrect des pièces. Ce système se situe entre les ateliers flexibles spécialisés et les cellules de fabrications traditionnelles de pièces. Les machines sont en général des centres d'usinage à changeur d'outils et peuvent comprendre également des tours verticaux et des unités de fraisage ou d'alésage. L'alimentation des unités de travail est faite par des convoyeurs à rouleaux, des chariots guidés par fils ou par chaîne, et l'ensemble est géré en temps réel par un ordinateur qui distribue les programmes de commande numérique sur les machines-outils, donne les ordres d'acheminement des pièces, contrôle les files d'attente et commande les transferts, contrôle l'inventaire des outils résidents, leurs corrections dimensionnelles, leur remplacement éventuel, fait l'entretien préventif par diagnostic en temps réel.

3.- Le troisième film nous montre un atelier flexible français en essais au siège de la société H. Ernault-Somua. Cette société a réalisé une ligne flexible capable d'usiner, entièrement automatiquement, 6 types de pièces différentes dans 3 familles.

La société Ford-France à Bordeaux a fait appel à H.E.S. pour la réalisation de cette ligne flexible qui prend place dans l'extension de ses usines.