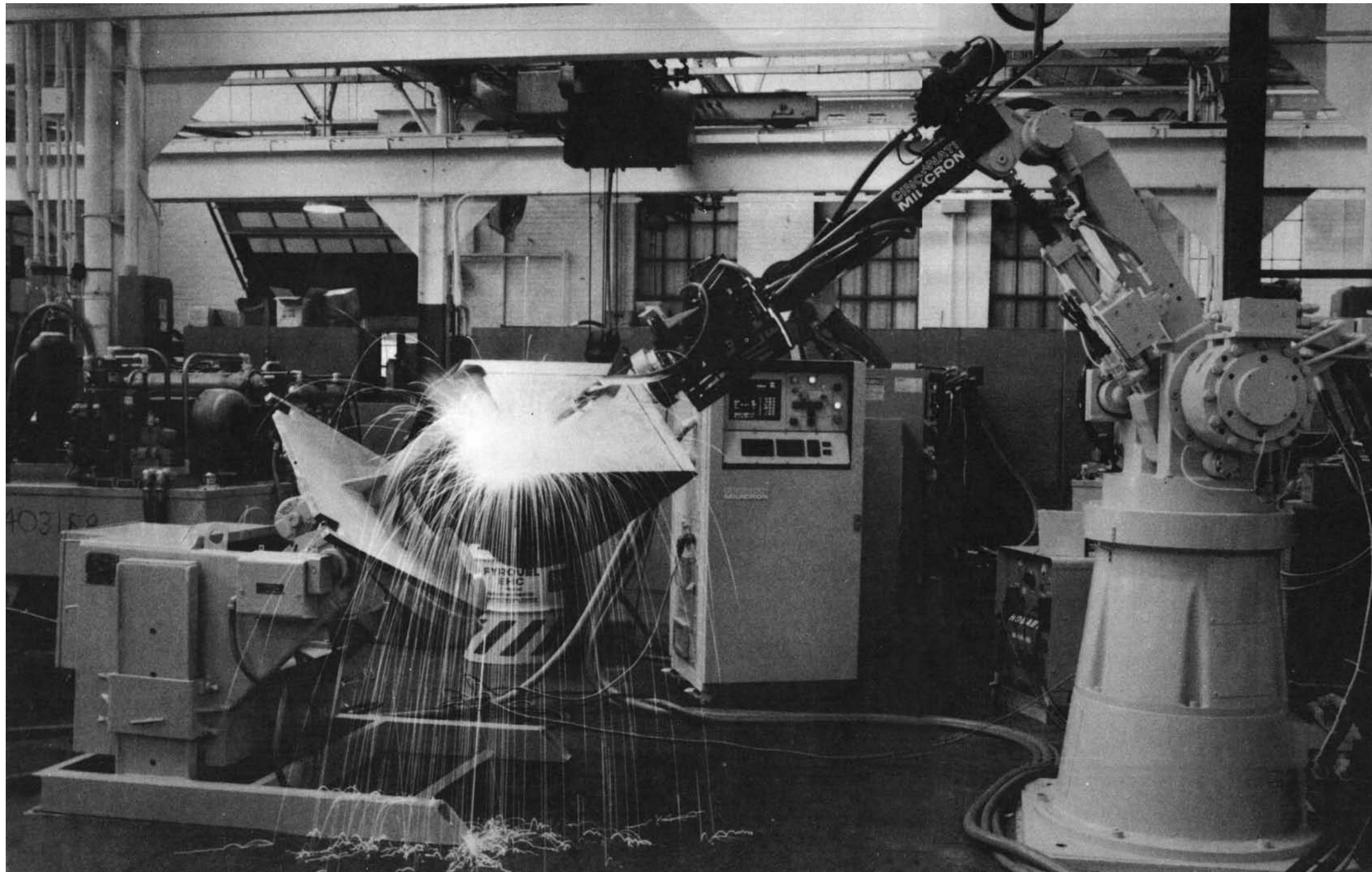


Charles
Halary.

L'industrie du robot

Robot de soudage Cincinnati Milacron



Introduction.

L'analyse par des sociologues des effets de la micro-électronique sur la société est toujours une entreprise délicate. Il faut tout d'abord se familiariser avec la technologie en question, en mesurer ensuite les incidences sur la vie économique pour enfin formuler une série d'hypothèses qui se vérifieront ou non dans un avenir plus ou moins lointain.

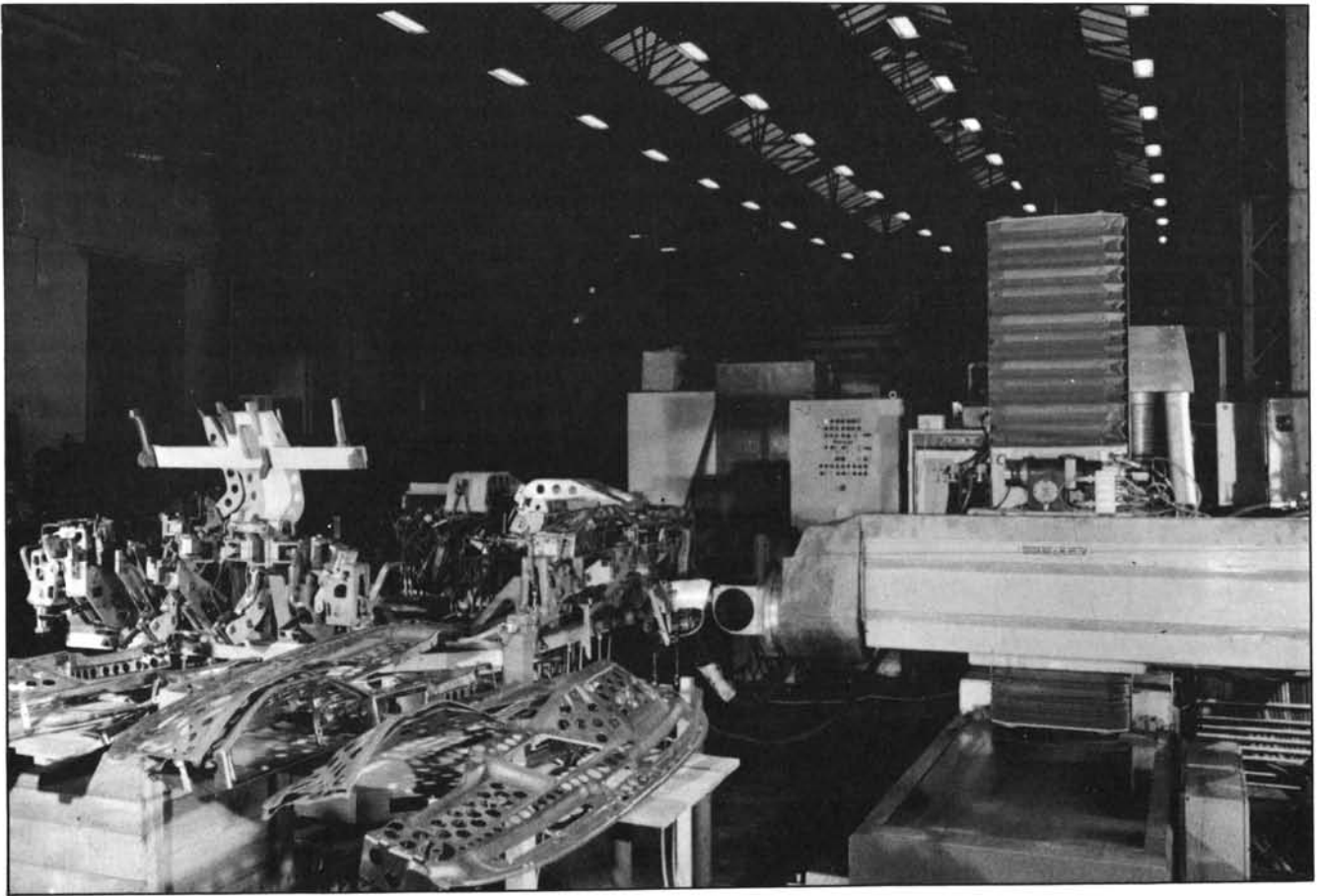
Dans la foisonnante expansion de la micro-électronique il est maintenant nécessaire de distinguer certaines branches particulières. Il y a tout d'abord les activités productives automatisées et celles qui visent à la destruction du genre humain. C'est ce qui distingue le secteur civil du domaine militaire. Dans les innombrables activités productives il est coutumier de distinguer entre le secteur industriel et celui des services. Cette division a engendré deux termes spécifiques : la *bureautique*¹ pour désigner l'application de la micro-électronique aux services et la *robotique*² pour décrire l'animation d'instruments mécaniques par la même micro-électronique.

C'est la robotique que nous allons particulièrement étudier afin de mesurer les possibilités réelles de voir se développer d'ici la fin du siècle des entreprises manufacturières où le travail humain direct aura disparu.

Nous essaierons d'abord de définir la réalité industrielle du terme robot, et de montrer que la reproduction du travail manuel simple est infiniment plus difficile que celle du travail intellectuel simple. Ensuite que les fonctions sociales sont inégalement bouleversées par la micro-électronique et que la concurrence économique livrée par le Japon aux Etats-Unis sera décisive pour la configuration du capitalisme international des années 80. Enfin, nous verrons comment des effets de miniaturisation d'équipements militaires ont permis de développer dans tous les secteurs de la production des robots spécialisés.

Le cadre du débat.

De multiples émissions de radio, de TV, d'articles de journaux ont popularisé depuis quelques années la technologie micro-électronique. Sur ce sujet des livres sont diffusés à des millions d'exemplaires en plusieurs langues³. La vulgarisation est toujours tentative délicate



▲ Robot Sciaky. Cliché Sciaky

▼ Hall de montage.



et le doute le plus profond doit accueillir les réflexions lyriques et enthousiastes qui accompagnent les commentaires sur les « puces savantes », la télématique et autres expressions concentrées de la « société informative ». Plus souvent qu'autrement les efforts des manufacturiers de tube cathodique pour construire des écrans plats sont accompagnés des platitudes intéressées des spécialistes de l'audio-visuel qui se présentent sous la forme d'appel à la révolution (la troisième et industrielle seulement). Malgré cela il n'est pas dans notre intention non plus de négliger l'importance des progrès technologiques en déclarant que rien n'a changé sous le soleil depuis Socrate... ou Marx. Pourtant on ne rappellera jamais assez que les chaînes les plus automatisées de Ford ont produit le cerceuil roulant à moteur qu'est la Pinto et que le vidéophone dont on escomptait la généralisation au début des années 60 n'a pas enthousiasmé les abonnés du téléphone qui se voyaient déjà dévisagés lors d'appels par trop inopportuns. Ainsi ceux qui voient le bureau électronique pour demain matin feraient bien de considérer les multiples problèmes légaux, techniques et culturels qui en empêchent l'extension⁴. A l'heure actuelle, les merveilleuses machines de traitement de textes dévorent plus de papiers que jamais.

Les Etats qui sont à l'avant-garde de cette révolution micro-électronique comptaient en 1979 dix-sept millions de chômeurs déclarés. Or si la semaine de travail de 40 heures reste la règle, tout permet de prévoir une accentuation de cette tendance. Dans les récents développements technologiques il ne faut donc voir qu'une péripétie : la crise interne de la société américaine va se poursuivre. Le Tiers Monde, malgré certains pays en expansion, continue globalement de s'appauvrir malgré les dires d'Alvin Toffler et de Jean-Jacques Servan-Schreiber. Le capitalisme n'est pas entré dans un « âge du silicium » comme l'affirme A. Sivanandan⁵. Pour sa part, l'Union soviétique qui maîtrise parfaitement la technologie spatiale doit certainement posséder une industrie développée du robot⁶.

Le travail ne libère pas, il aliène. Seuls les nazis (*Arbeit macht Freiheit*, Le travail rend libre), les corporatistes cléricaux (Travail, Famille, Patrie) et les staliniens (Rééducation par le travail) affirment le contraire avec conviction. L'étymologie du mot français « travail » ne permet aucune confusion en le faisant remonter à une torture⁷.

Pour s'émanciper du travail, l'humanité a créé des machines aux automatismes de plus en plus complexe. Cependant, la voie de l'exploitation de la force du travail d'autrui a été et reste encore le moyen pour les classes dominantes d'éviter d'assumer des tâches nécessaires au bien-être collectif. Depuis les Grecs, si l'on se fie aux textes, l'espoir que les machines suppriment toute peine pour l'humanité était cependant présent.

Le vieux mythe du robot, objet non humain doté d'intelligence est aujourd'hui en train de prendre une consistance plus grande. En effet, une nouvelle industrie est en train de naître, celle de la fabrication des robots. Implantés massivement dans les lignes d'assemblage des usines automobiles, les nouveaux robots permettent de supprimer certains postes aux tâches monotones, répétitives, voire dangereuses.

Bien sûr la théorie classique de la compensation y trouvera un motif de réjouissances en arguant des nouveaux emplois qualifiés apparaissant dans l'industrie de la robotique tandis que la critique marxiste verra plutôt dans l'augmentation du nombre des chômeurs l'effet essentiel de cette technologie encore dans les limbes. Précisons tout d'abord la nature du produit.

Qu'est-ce qu'un robot ?

La science-fiction en poursuivant la tradition littéraire fantastique a déjà abondamment décrit le « robot ». Dès 1920, le Tchèque Carel Capek dans *Rossum Universal's Robots* (R.U.R.) popularise le terme en Occident. Pour les Slaves, en effet, « robot » signifie déjà travail et en Pologne le titre de l'organe du Comité de Défense des Travailleurs (K.O.R.) « Robotnik » nous le rappelle encore aujourd'hui. Robot signifie donc pour nous machine non humaine créée pour le travail.

Le mythe du robot est presque aussi vieux que l'humanité elle-même. Dans l'Antiquité, faute de ressources technologiques l'esclave déchu de son humanité jouait le rôle du robot, instrument parlant dans la terminologie latine⁸. Le machinisme industriel prenait le relais de l'esclavage en transformant des masses humaines en appendices de chaudières à vapeur, de tubes, de pistons et de rouages crénelés. Une nouvelle forme de robot apparaissait, celui qui vendait, aliénait son temps pour travailler à l'usage d'autrui.

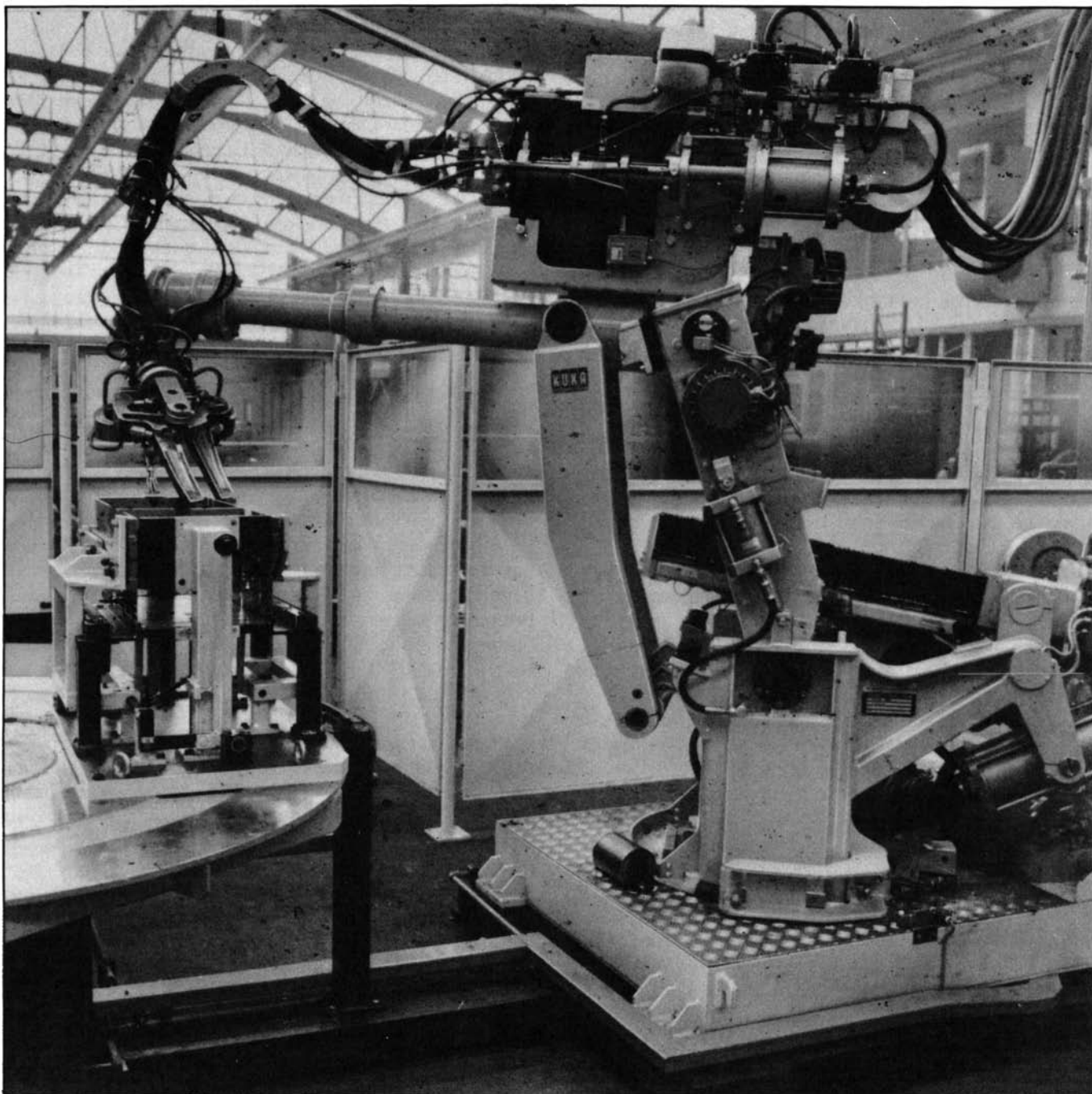
Mais dès le Moyen Age européen des horlogers passaient leurs loisirs à créer des automates mécaniques pour divertir les nobles et leurs suites. Des prodiges de mécanique se concentraient dans des oiseaux, des soldats de métal et des carillons de cathédrale. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle ces réalisations étaient difficilement surpassées et seule la maîtrise des phénomènes électromagnétiques a commencé à laisser entrevoir la possibilité de dominer des mouvements plus précis encore et imperceptibles au sens commun. Après avoir reproduit les mécanismes musculaires élémentaires, leur contrôle par des influx électriques était rapidement réalisé. Le développement des systèmes automatiques s'est ainsi poursuivi jusqu'à la Seconde Guerre mondiale pour donner naissance à la *cybernétique* ou reproduction artificielle de l'intelligence humaine. Cette nouvelle discipline réalisait un premier *ordinateur* en 1946 dont les capacités imitaient celles du cerveau humain dans le domaine du calcul. L'alliance de l'ordinateur et de la mécanique permettait dans les années cinquante la création de la *machine-outil à commande numérique* capable de réaliser rapidement des tâches complexes à la suite d'une programmation soigneusement pré-établie. Au cours des années soixante et soixante-dix se sont développées des *technologies micro-électroniques* d'origine militaire qui ont rendu possible la distribution de l'intelligence à de multiples outils de production. Contrairement aux lourds automatismes industriels l'utilisation de micro-processeurs dans l'animation de mécanismes permet une grande polyvalence et une souplesse d'exécution dans l'atelier de production. Ce progrès est à l'origine de la génération actuelle de robots.

La reproduction de la main.

L'imagerie populaire associe le terme robot au travail manuel exécuté de manière autonome par un objet d'apparence humaine. Le robot se caractérise alors par une performance physique nettement supérieure à celle du corps humain. Cependant, à l'heure actuelle, l'habileté et la polyvalence de la main, résultat des mécanismes les plus perfectionnés de l'humanité ne sont que faiblement reproduites par les robots aux pinces d'acier. Contrairement aux théories classiquement propagées par le groupe social des intellectuels sur la supériorité intrinsèque de leur travail sur celui des « manuels », l'histoire de la *robotique* montre le symbole de la concentration supérieure de l'esprit représentée par le jeu d'échecs en passe d'être totalement maîtrisé par l'ordinateur alors que la main experte de la couturière est encore sans

rivale. On doit ainsi noter que la fabrication en série des micro-ordinateurs est loin d'être automatisée. En effet, l'assemblage des composants nécessite une vue aiguisée et des gestes précis, en l'occurrence la main-d'œuvre féminine joue un rôle-clef dans le domaine. Les cinq ou six articulations des robots industriels ne pourront pas rivaliser avant longtemps avec la souplesse des mains humaines. Celles-ci renferment en effet cinquante des deux cent six os du squelette humain. Le mécanisme vivant que constitue l'être humain est d'une telle complexité que l'imagination ne peut encore véritablement le saisir.

Les robots actuels reproduisent grossièrement le travail manuel élémentaire. En ce sens les robots ne sont plus des outils, prolongement de la main, mais des substituts pour la main. La majeure partie des robots en service se présente sous la forme de bras mécaniques polyvalents fixés sur un support stable. Les quelques robots



Robot Kuka

mobiles sont encore au stade expérimental. Le problème principal des robots est la perception de l'information extérieure, son interprétation, la conception d'un projet et sa réalisation dans un temps limité⁹.

Que le mécanisme artificiel prolonge la main n'est pas un phénomène nouveau. L'autorégulation est le produit de générations à la recherche du mouvement perpétuel¹⁰. Le robot n'est cependant pas identique à l'automate que l'on fabriquait déjà au XVI^e siècle¹¹. Il n'est plus lié à des phénomènes de régulation simple, répétitifs et monotones, il s'oriente de plus en plus vers des tâches simples, évolutives et multiformes.

L'industrie de fabrication des robots s'oriente ainsi selon deux axes de développement :

1. Elargir la marge d'initiatives laissée aux mécanismes par une programmation plus élaborée qui inclut des structures d'apprentissage par l'expérience.
2. Doter les mécanismes de moyens de contrôle nouveaux (électronique, optique, calorique, gravimétrique...) leur permettant d'obtenir les informations nécessaires au bon fonctionnement du système de production (sens artificiel du toucher et de la vue).

L'utilisation des robots.

Les robots se sont développés pour au moins quatre raisons :

1. L'exploration d'espaces inaccessibles aux êtres humains comme l'espace interplanétaire et le fond des mers.
2. L'accomplissement de tâches dangereuses pour l'être humain dans le domaine industriel : manipulation de matériel radioactif, de produits chimiques, ou bien travail de soudure et de peinture sur un chaîne de montage.
3. Le perfectionnement d'armements destinés à frapper l'adversaire avec une précision presque parfaite.
4. La nécessité de rentabiliser certaines productions de grande série de petits objets comme les moteurs électriques.

Une caractéristique commune marque tous les robots : la programmation. Ce sont des mécanismes déterminés dont les réactions sont prévues dans une gamme de tâches pré-sélectionnées qui constitue la manœuvre de la décision autonome du robot. Ainsi même dans les programmes complexes des jeux d'échecs électroniques, il n'est pas prévu de lancer le jeu à la face du partenaire humain en cas de défaite. Le logicien responsable de la programmation incorpore un comportement rationnel et prévisible à la machine en fonction de ce qui est jugé tel par l'expérience humaine collective. La machine ne doit pas surprendre, sinon elle est dangereuse ou inutile et rejetée immédiatement. La notion de *fiabilité* est ainsi indissolublement liée à celle de mécanisme robotisé. Ce qui fait le succès du robot, c'est sa fiabilité qui doit faire face à la faiblesse et à l'impulsivité de l'être humain. Cette fiabilité est cependant relative et trouve sa limite dans les propriétés particulières des ondes électro-magnétiques, les mêmes qui animent notre cerveau et les microprocesseurs. L'appréciation du temps, dont l'étude est très embryonnaire, joue un rôle essentiel dans le développement des machines en robots. En effet, afin d'obtenir un résultat efficace en temps humain la micro-électronique doit tenter

d'imiter le cerveau en compressant dans des périodes de plus en plus réduites des milliards d'opérations logiques binaires. Dans ce contexte coordonner une multitude d'unités logiques n'est pas une tâche facile pour bâtir un programme. Cette contrainte atteint ses limites dans le robot spatial.

Le robot spatial.

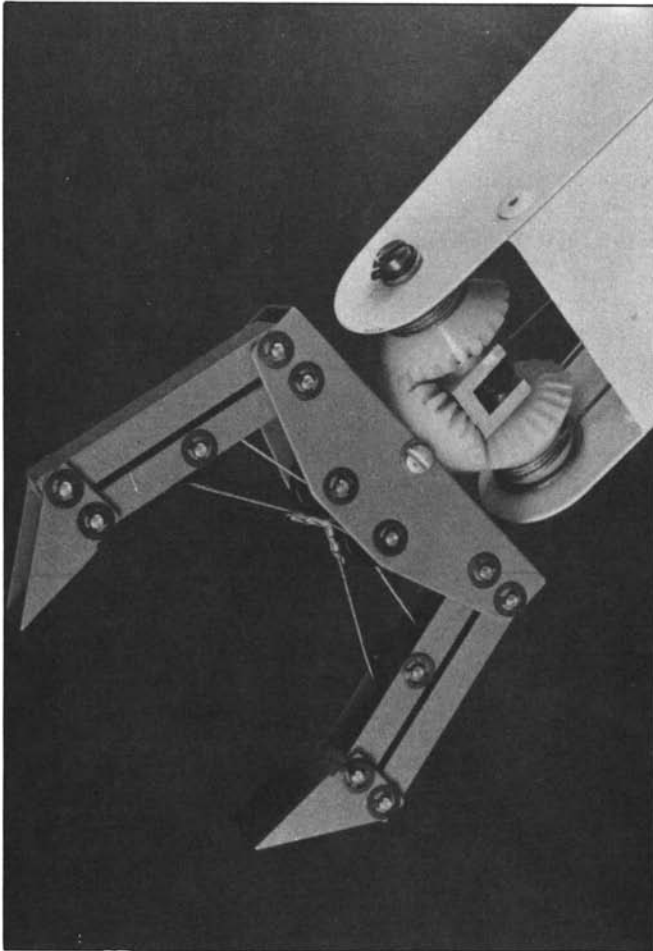
La théorie de la relativité d'Albert Einstein attribue à chaque point d'observation un écoulement du temps particulier. Un tel problème n'entre véritablement dans nos préoccupations immédiates qu'au moment où un robot photographe gravitant au large de la planète Saturne envoie ses images *deux heures* avant que les techniciens de la Terre les reçoivent sur leur écran de télévision. Par conséquent, il n'est pas question de lui transmettre des ordres à application immédiate. La sonde spatiale par principe doit se comporter de manière autonome car pour chaque distance de 300 000 km, deux secondes sont nécessaires pour télécommander un satellite et recevoir la confirmation de l'exécution d'un ordre. La mise en valeur de l'espace situé entre la Terre et la Lune ne pourra être le fait que d'une nouvelle génération de robots soigneusement construits en Amérique du Nord depuis plusieurs années dans le cadre du programme de la Navette spatiale. A partir de 1983 différentes expériences de fabrication de biens manufacturés de très haute précision s'effectueront dans l'espace¹². Le matériel électronique dont la fiabilité a été testée dans le vide spatial a permis le développement de la technologie nécessaire à la généralisation des robots.

Le robot dans le travail dangereux.

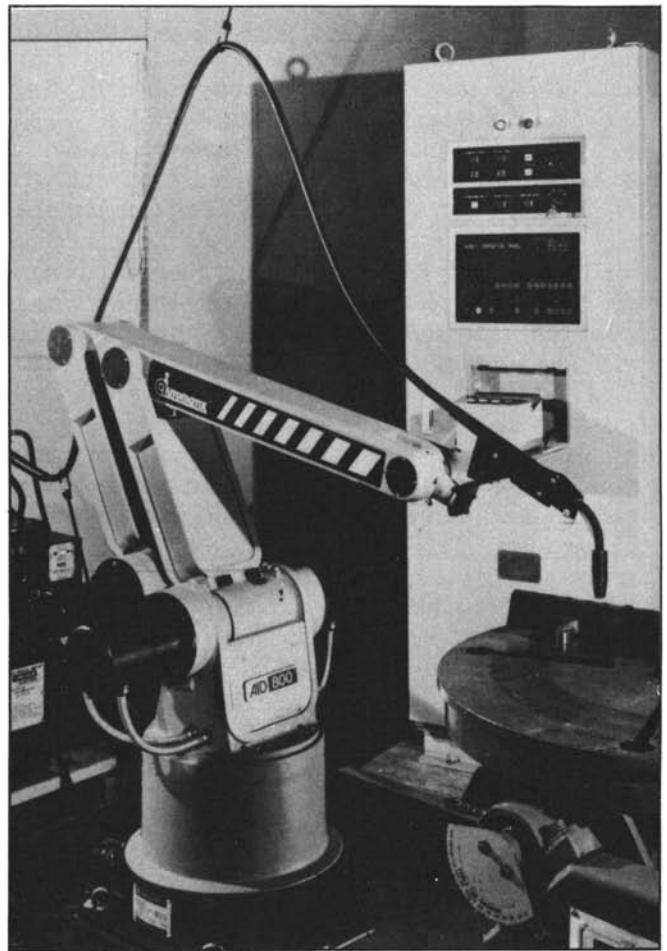
L'utilisation de robots ne pourra éliminer tous les travaux dangereux pour des raisons aussi bien techniques qu'économiques. Cependant, dès maintenant des robots peuvent assumer des tâches de soudure, de découpage, de peinture, de chargement et de déchargement de pièces lourdes. Avec les travaux de mine et de construction ce sont les tâches manuelles qui entraînent le plus d'accidents et de décès. Il en est de même avec la manipulation du matériel radioactif dans les centrales nucléaires.

Dans l'industrie automobile les robots soudeurs et peintres¹³ se répandent rapidement. En voici quelques exemples :

1. Les usines de Rivalta de FIAT produisent la STRADA en employant des robots soudeurs COMAU. Ainsi 25 ouvriers peuvent produire de 800 à 1 200 carrosseries par jour¹⁴. La régie Renault possède des robots pour souder à son usine de Flins les carrosseries des R 18 mais ne dispose d'aucune industrie propre de microprocesseurs¹⁵ située en France.
2. La British Leyland à Longbridge supprime avec des robots 70 % des postes de soudure¹⁶.
3. La Nissan (Datsun) à Zama près de Tokyo opère 96 % des 3 000 points de soudure des carrosseries d'autos par des robots¹⁷ et Toyota a commandé 720 robots à la firme Kawasaki¹⁸.



Microbot. Minimover 5



Robot soudeur ARC. AID 800

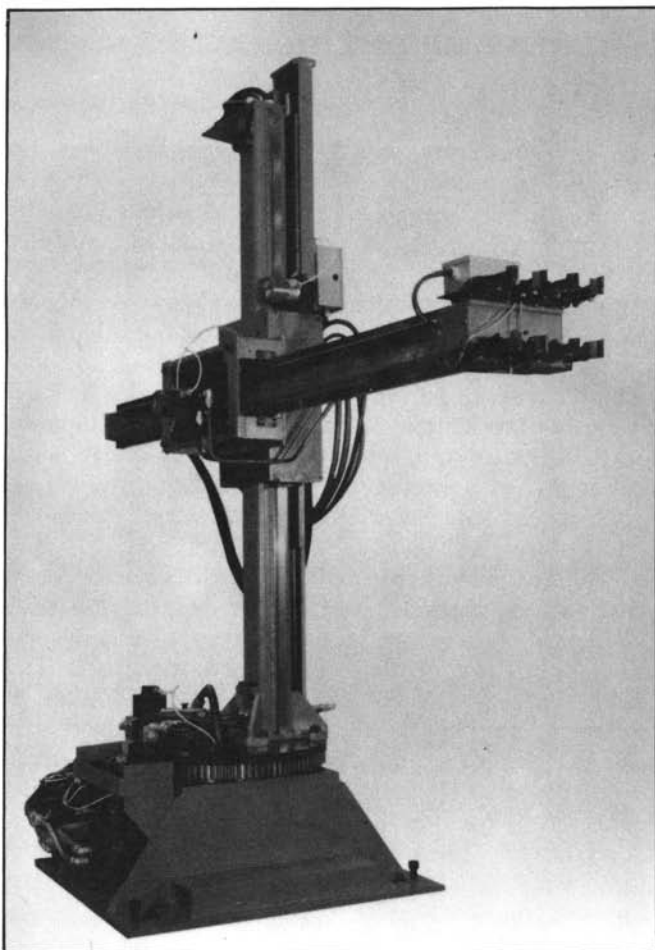
4. L'enquête DELPHI effectuée aux Etats-Unis prévoit qu'en 1982, 25 % des systèmes automatiques d'assemblage utilisent des capteurs susceptibles de remplacer la main-d'œuvre... En 1985, 25 % de la main-d'œuvre dans les assemblages d'automobiles sont remplacés par des automates programmables... En 1988, on assistera à l'entrée en service de systèmes d'alimentation programmables pouvant convenir à des pièces variées... En 1995, 50 % de l'assemblage final des automobiles s'effectueront au moyen d'automates programmables¹⁹ ».

5. En septembre 1980, le Département du Commerce a annoncé la création d'un centre de développement du robot de soudure²⁰. Les grands manufacturiers General Motors et Chrysler ont respectivement introduit des robots PUMA d'Unimation et des Milacron T.3²¹ sur leur ligne d'assemblage pour la soudure des carrosseries. Les Travailleurs Unis de l'Automobile (T.U.A.) considèrent cette robotisation avec une juste méfiance. Ils ne s'opposent pas à l'introduction des robots mais revendiquent une semaine de travail plus courte, une retraite avancée et une garantie que la nouvelle technologie ne sera pas utilisée pour accélérer les cadences et mieux contrôler les travailleurs²². G.M. prévoit d'acheter 1800 robots d'ici 1984 et Chrysler utilise également des ROBOGATE de COMAU (FIAT) et des Unimate d'Unimation.

Le robot tueur.

Charles Barnhaby, directeur du Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) indique les conséquences pour la survie du genre humain des dernières découvertes en matière d'armements en soulignant le rôle décisif des bombes dirigées par des robots animés par la micro-électronique²³.

La miniaturisation des armes atomiques rendue possible par les microprocesseurs accentue dangereusement les possibilités d'embrassement généralisé. Il y aurait ainsi l'équivalent d'un million de bombes de la taille de celle qui a pulvérisé Hiroshima dans les arsenaux de la planète. La micro-électronique permet ainsi aux missiles stratégiques intercontinentaux d'atteindre leur cible dans un rayon de 100 mètres. Le programme MX de l'US Army coûtera \$ 50 milliards. Celui de l'US Navy, \$ 120 milliards pour la construction des sous-marins TRIDENT dont chaque exemplaire sera capable de détruire l'ensemble des grandes villes de l'URSS. De plus les nouveaux missiles-robots CRUISE peuvent délivrer leur charge mortelle à domicile en volant au ras des arbres avec un petit ordinateur capable de « voir » le paysage pour se repérer et déjouer les manœuvres adverses. « Small is beautiful »... Ces nouvelles armes ont pour commune caractéristique des systèmes de guidage robotisés qui rendent l'ogive nucléaire indépendante de son lieu de lancement.



Prab conveyors

Le robot assembleur.

La société Olivetti utilise des robots PRAGMA pour l'assemblage de composants et la General Electric prévoit de remplacer 37 000 travailleurs des lignes d'assemblage par des robots assembleurs²⁴. L'assemblage du moteur électrique est le premier à être entièrement effectué par un robot. Il est relativement simple car il s'effectue par empilage²⁵. L'assemblage, travail manuel élémentaire, est encore une opération très complexe à reproduire pour un robot. Le couple vision/manipulation nécessite des programmes très élaborés qui ne sont pas encore au point. Si le robot soudeur ou peintre est aveugle, celui qui assemble doit, pour être efficace, posséder le sens du toucher et celui de la vue.

Les robots actuels dérivent des deux types suivants :

1. Le robot manœuvre : il est programmé pour une tâche simple : prendre ► transporter ► déposer. Très répandu dans les industries japonaises il ne se développe que lentement, là où la main-d'œuvre humaine peu qualifiée est abondante²⁶. Coût US \$ 3 000 à 15 000 en 1980.

2. Le robot complexe : il est programmé pour des opérations délicates et guidé par un puissant ordinateur. Sa finesse mécanique lui permet d'accomplir de multiples et diverses opérations auparavant confiées à des machines-outils à commandes numériques d'usage moins souple. Coût US \$ 40 000 à 150 000 en 1980.



Automatrix. Autovision II.

Les fabricants de robots.

Aujourd'hui, le marché du robot est encore très restreint. En 1979, on en vendait pour \$ 60 millions aux Etats-Unis. Cependant, c'est une industrie en pleine expansion. En 1990, les prévisions oscillent entre \$ 700 millions et \$ 2 milliards²⁷. Parmi les producteurs de robots on retrouve les pays suivants :

1. Tout d'abord le Japon avec près de 140 sociétés productrices de diverses formes de robots. La principale est Kawasaki. Mais, en janvier 1981, s'ouvrait une usine robotisée de pièces de robots, la firme Fujitsu Fanuc, qui compte produire 100 robots par mois.

2. Aux Etats-Unis quatre grandes sociétés se partagent la majeure partie du marché. Tout d'abord le premier manufacturier mondial, Unimation Inc. of Danbury du groupe CONDEC fondée par Joseph Engelberger. Cette société fabrique le PUMA conçu par Victor Scheinman, elle contrôle la moitié du marché américain. Viennent ensuite Prab Conveyors Inc. of Kalamazoo, Michigan ; Auto-Place Inc. of Troy, Michigan et la division des robots de Milacron à Cincinnati. Renault Technique et Industrie et Ransburg Corp. se sont par ailleurs associés pour fabriquer en 1981-82 des robots destinés à American Motors.

3. La Grande Bretagne n'avait en 1980 que deux constructeurs de robots : Newtool et Hall Automation. En Suède, il y a ASEA qui est la troisième société mondiale. En Norvège, la firme Trallfa. En France, les constructeurs sont Renault-ACMA, Languépin et

Sciaky. L'Allemagne de l'Ouest produit également des robots industriels avec entre autres les sociétés Reis et Kuka. En Italie, Comau de Fiat et Pragma de Digital Electronic Equipment de Turin sont présents sur le marché du robot soudeur, peintre et assembleur.

La bataille des robots se joue essentiellement entre les Etats-Unis et le Japon. Ce dernier dispose d'un atout important : une main-d'œuvre très qualifiée en mécanique et en électronique alors que les Américains handicapés par une pléthore d'administrateurs et de gestionnaires conservent cependant un avantage dans le domaine de la recherche scientifique d'avant-garde et la maîtrise des logiciels²⁸. Le rôle du système d'enseignement professionnel sera déterminant et le Japon dispose en la matière d'une avance évidente et pourrait fort bien conquérir le marché américain du robot industriel²⁹.

Les expérimentations.

Tous les robots industriels sont fixes. Les robots mobiles sont munis de roues ou de chenillettes, l'un d'entre eux est développé à Toulouse au Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes (LAAS), son nom est HILARE. Il se déplace au moyen de lasers, d'ultra-sons et d'une caméra vidéo aidée d'un télémètre. L'explorateur martien ROVER en construction au Jet Propulsion Laboratory de Pasadena sera le premier robot mobile complexe construit par les scientifiques pour circuler dans un environnement inconnu.

Dans le bas de la gamme, la société allemande Black and Decker a largement perfectionné l'outillage de l'atelier familial en commercialisant en 1981 des perceuses à commande numérique³⁰.

Il est de plus en plus certain que la longue chaîne hiérarchique ingénieur ► ouvrier sera bientôt effectuée totalement par des moyens électroniques et mécaniques. Les micro-ordinateurs (PET Commodore, Radio Shack TRS-80, Apple...) peuvent d'ores et déjà être programmés avec un langage simple (ARMBASIC) pour contrôler un « robot de table » (MINI MOOVER 5)³¹. De manière plus sérieuse l'US Navy et l'US Air Force encouragent la construction d'usines complètement automatisées. Les robots Milacron T.3 sont déjà présents dans l'industrie aéronautique (pour le F.16 de General Dynamics construit à Fort Worth) mais d'ici 1985 il est prévu de bâtir une usine complètement automatisée. En plus petit la firme Magnussons i Genarp AB (16 ouvriers), située dans le sud de la Suède, utilise des robots fonctionnant seuls en fin de semaine sous la supervision du propriétaire qui, de sa résidence, contrôle par écran vidéo la fabrication de pièces de barils inoxydables pour les laiteries.

Enfin, la société IBM et les militaires américains effectuent d'énormes efforts de recherche pour que les robots répondent à la voix humaine. Particulièrement utile dans le rapport pilote/avion lors du combat aérien, de telles recherches faciliteraient l'utilisation de robots industriels en supprimant le clavier alphanumérique de commande.

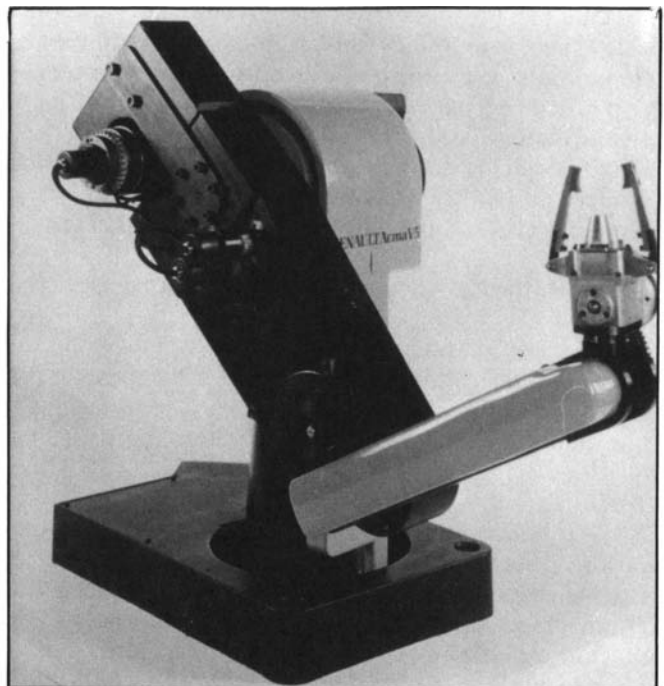
Mécanique de précision ou intelligence artificielle.

Le développement de l'industrie du robot est confronté au dilemme suivant. Une programmation simple doit s'accompagner d'une mécanique parfaite. Inversement, une mécanique approximative peut être corrigée par une programmation complexe. La miniaturisation des circuits électroniques permet de résoudre ce problème en « distribuant l'intelligence » tout au long du processus de production. Ainsi un robot assembleur serait précédé d'un robot fournisseur et suivi d'un robot stockeur³². Ainsi la précision mécanique ne sera nécessaire que pour produire les moyens de production et l'intelligence artificielle permettra de suppléer à son approximation relative dans la production de masse pour la consommation.

L'expansion rapide de l'industrie des microprocesseurs va donc entraîner la résolution de cette contradiction. Le microprocesseur permet la répartition physique des capacités de contrôle, d'analyse et de mesure *dans* les instruments de production eux-mêmes. En effet, la présence d'un robot dans un processus de production ne peut que réagir en amont et en aval. Par conséquent, le problème de la fabrique automatisée doit être rapidement résolu pour améliorer la rentabilité des robots actuels. La fabrication et même la conception des microprocesseurs est aujourd'hui partiellement réalisée par des ordinateurs³³. De plus, d'ici dix ans de nouvelles formes de microprocesseurs vont apparaître et permettront d'accroître la puissance des micro-ordinateurs³⁴.

En 1990, la majeure partie des grandes entreprises de biens manufacturés seront dotées de robots. Tout d'abord dans les chaînes d'assemblages, les opérations de stockage et de déplacement. Ensuite, pour l'agriculture, la maintenance, l'entretien et les mines. D'ici à la fin du siècle, des usines de cet ordre seront répandues.

Mini robot ACMA



Les deux problèmes techniques majeurs qui devront être résolus seront :

1. La coordination toucher/visuel des robots à bras mécanique³⁵.
2. La réalisation de logiciels capables de programmer le travail d'une unité de production³⁶.

L'avenir de l'économie mondiale.

La division internationale du travail va sérieusement se compliquer avec la micro-électronique et différents facteurs contradictoires vont s'entremêler. Les usines robotisées seront certainement concentrées au Japon, en Amérique du Nord et en Europe. Tant que les problèmes de coordination toucher/visuel ne seront pas résolus la main-d'œuvre du Tiers Monde, comme celle d'Asie du Sud-Est aujourd'hui, sera employée pour l'assemblage et surtout les opérations de câblage. Dans l'industrie textile les automatismes favoriseront les pays du « centre » et la conception des patrons par ordinateur, la coupe au laser et l'assemblage par soudure des textiles artificiels compenseront largement les bas salaires du Tiers Monde dans la confection des vêtements.

Des bouleversements sociaux vont affecter certaines sociétés de manière inégale. Il s'agit donc d'adopter une analyse nuancée qui ne tombe pas dans la vogue technologiste de la Troisième Vague ni dans un marxisme où la recherche du moteur de l'histoire se bornerait à effectuer l'histoire des moteurs. D'autres errements qu'Harry Braverman n'a pas évités conduisent à voir à chaque changement technologique une inévitable « déqualification » pour les travailleurs qui sont présentés comme victimes passives du capital. Cette perspective ne semble pas partagée par les organisations ouvrières qui cherchent maintenant à négocier les changements technologiques non plus seulement dans les rythmes mais dans leur nature.

Il y a ainsi toute une différence entre la réaction d'un typographe qui regrette le « bon vieux temps » de la composition au plomb, de l'odeur chaude du métal en fusion mêlée aux vapeurs de l'encre et celui qui cherche à améliorer par une lutte syndicale les conditions de travail en profitant de la photocomposition par ordinateur. Là où les unions sont fortes la conversion aux nouvelles technologies s'effectue avec des bénéfices pour les travailleurs. La faiblesse syndicale ou une tradition corporatiste de métier entraîne souvent un affrontement ouvert avec le patronat qui en sort généralement vainqueur. On doit de plus constater, par exemple, que la micro-électronique a permis en France la survie d'une presse quotidienne de gauche (*Le Matin*, socialiste et *Libération*, libertaire).

Il est également utile de ne pas effectuer de manière directe une adéquation entre « grosse technologie » avec centralisation et « petite technologie » avec décentralisation. Une telle classification que l'on retrouve dans les travaux de Murray Bookchin, André Gorz/Michel Bosquet et le père du slogan « Small is beautiful » E.F. Schumacher ne rend pas compte des transformations sociales effectives³⁷.

Il est pourtant souvent expliqué que les grandes concentrations ouvrières d'Europe occidentale ont freiné la centralisation étatique en instaurant des

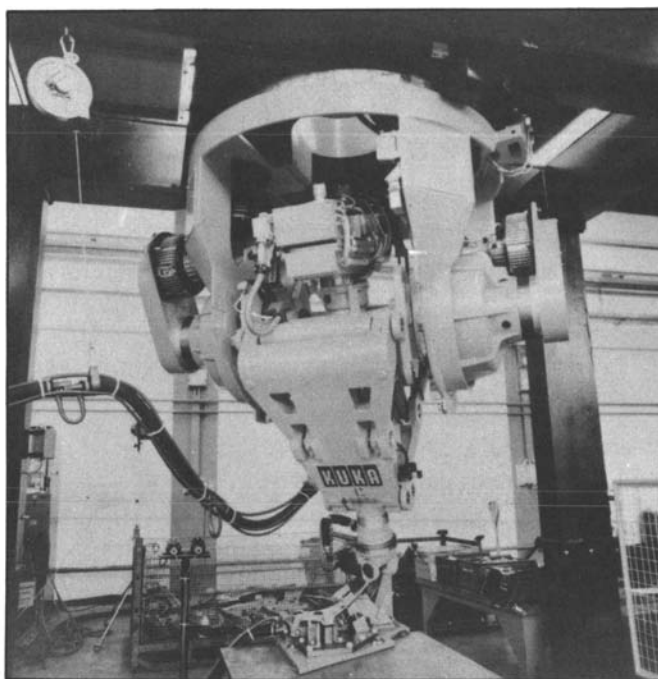
contre-pouvoirs massifs. Inversement, les sociétés paysannes parcellaires ont traditionnellement soutenu des régimes autoritaires. De fait, les technologies n'ont pas d'effets en elles-mêmes. Tout dépend de la structure sociale qui les incorpore. Les microprocesseurs peuvent donc avoir des effets radicalement différents aux Etats-Unis et en Indonésie.

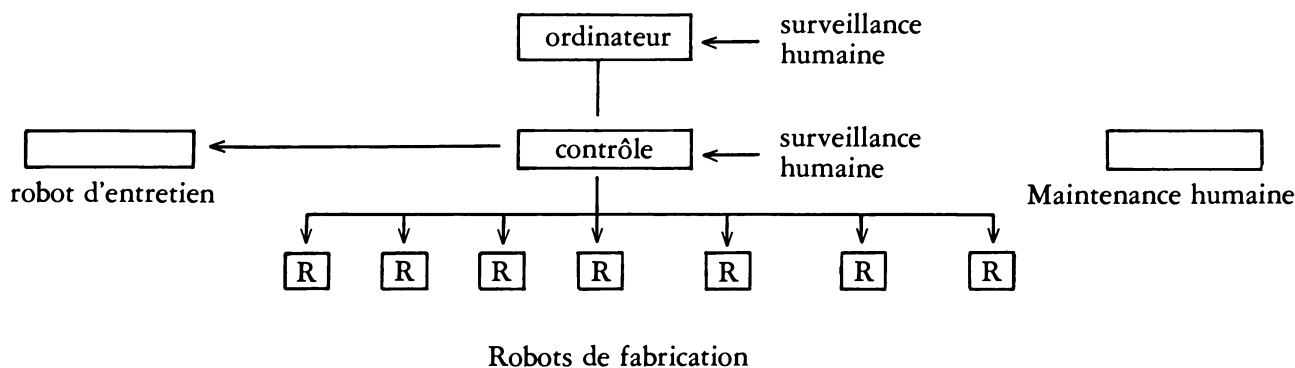
Pour une analyse sociologique de la micro-électronique.

Dans chaque société une étude des caractéristiques sociologiques particulières des personnels liés à l'informatique et à la micro-électronique serait nécessaire pour connaître avec une certaine assurance quels effets sociaux auront la généralisation des microprocesseurs et des robots. D'ores et déjà il est cependant possible de constater que les employés de ce secteur profitent de leur situation conjoncturelle de privilégiés sur le marché du travail (hauts salaires), du fait de leur relative rareté et du prestige que la nature de leur activité confère. Ce prestige entretenu par les médias reproduit une incompréhension populaire face aux nouvelles technologies qui leur attribue des possibilités inexistantes dans la réalité et en fait des magiciens de l'électronique. Le milieu social des informaticiens et de la micro-électronique est de plus en plus directement relié aux structures établies de pouvoir : armée, banque, management. La créativité indéniable de ce milieu s'inscrit dans la plupart des cas dans le cadre de la petite entreprise libre et pas toujours dans un souci de développement social collectif. De plus, la généralisation de leurs découvertes dépend toujours des réseaux financiers et commerciaux qui passent avec une remarquable stabilité au travers de toutes les crises industrielles.

Une analyse sociologique de la diffusion des robots dans les sociétés industrielles devrait donc partir des hypothèses suivantes :

Robot Kuka





1. Le travail manuel salarié restera largement dominant dans les sociétés industrielles et va se répandre dans celles du Tiers Monde d'ici à la fin du siècle.

Cette hypothèse conditionne toute appréciation sérieuse de l'évolution de l'humanité excluant le cataclysme nucléaire. Le salariat est la situation juridique commune de centaines de millions d'êtres humains et le travail manuel leur condition la plus répandue. Le développement des robots ne touchera donc qu'une faible partie des travailleurs manuels salariés des sociétés industrialisées (environ 5 %) qui perdront leur emploi ou seront recyclés à des tâches de services³⁸. Le rythme d'implantation des robots se déterminera en fonction de critères de rentabilité sur le marché mondial, pour des raisons de stratégie militaire ou pour supprimer sous la pression syndicale des postes de travail dangereux. Les prévisions monétaires les plus optimistes ne donnent aux robots industriels que des centièmes des budgets alloués aux armements stratégiques nucléaires.

2. Les robots vont se développer avant tout dans le domaine militaire.

La technologie du robot peut évidemment donner un avantage décisif à une puissance militaire. De ce fait, une part importante de la recherche en ce domaine est couverte par le secret d'Etat et se trouve par conséquent inaccessible à la sociologie. Comme 50 % des scientifiques, ingénieurs et techniciens supérieurs s'occupent à trouver le meilleur moyen d'exterminer le reste de l'humanité, le domaine est vaste... Il faut constater que les robots les plus perfectionnés sont réalisés dans le but d'explorer, de surveiller et de détruire et non pas de produire.

3. Les organisations syndicales sont généralement favorables à l'introduction des robots dans l'industrie.

Sous certaines conditions, les syndicats ouvriers acceptent les nouvelles technologies liées au robot. Ils cherchent surtout à faire participer les travailleurs aux décisions qui conduisent à l'implantation des robots, afin que les conditions de travail s'améliorent. L'opposition actuelle à l'implantation de robots vient surtout du management et des actionnaires qui ont peur des risques qu'entraîne un investissement massif dans ce

secteur et la chute des dividendes qui l'accompagne. Bien entendu, une utilisation des robots pour dégrader les conditions de travail rencontrera l'opposition résolue des syndicats ouvriers.

4. La socialisation de la technique doit résulter de la convergence entre la sociologie et la technique.

La division institutionnelle entre science sociale et technique permet le détournement de la technologie des robots par des militaires improductifs ou par la logique de profit de l'entreprise privée. Elle entretient l'impuissance du discours sociologique qui se ramène à la défense de privilèges de caste universitaire ou au discours populiste censé représenter les aspirations de « classes populaires ». Les sociologues doivent donc se familiariser de manière approfondie avec les techniques, leur histoire et leur potentiel afin de mieux analyser le rôle social que peuvent avoir les ingénieurs, techniciens et chercheurs une fois écartés les objectifs de destruction de l'humanité de la recherche militaire.

Notes

1. Le terme bureaucratique a été inventé par Louis Naugès. Sa définition est particulièrement vague. Voir Claude Barjonet, « Le bureau du futur n'est pas pour demain », *L'Expansion*, 19 sept./2 oct., p. 166-170.

2. Le terme robotique provient de l'écrivain et vulgarisateur scientifique Isaac Asimov qui a conçu de nombreux romans de science-fiction sur sa description.

3. Alvin Toffler avec *La Troisième Vague*, Denoël, 1980 et Jean-Jacques Servan-Schreiber avec *Le Défi mondial*, 1980 ont exploité avec un succès commercial certain et un talent inégal la curiosité générale dans le domaine des microprocesseurs. Le premier cherche à donner une suite cohérente au *Croc du Futur* en montrant comment va s'effectuer un retour sur des petites communautés de vie fondées entre autres sur la « maison électronique ». Le second veut démontrer qu'au *Défi américain* des années 60 succède le *Défi mondial* des années 80. Celui-ci sera relevé par l'introduction de la micro-électronique au développement du Tiers Monde.

4. Peu d'auteurs critiquent la platitude bombée ou véritable des écrans de télévision. On croirait que, tout à coup, les médiocrates retournent à l'émerveillement de l'après-guerre devant la petite boîte à images. Or la réalité est plus banale. Pour des dizaines d'années encore l'image de TV sera mauvaise car grossièrement définie (405 lignes pour l'Amérique du Nord et 625 pour l'Europe). Cela est parfaitement visible sur les écrans géants installés dans certaines brasseries. De plus cette image sera pour la même période sans relief ni perspective. Les hologrammes sont encore, et pour longtemps, des curiosités de laboratoire. Enfin, la civilisation de l'image a négligé le son qui est de qualité médiocre dans toutes les retransmissions télévisées. Quant aux problèmes légaux, soulignons simplement que le document de papier paraphé, est la base de toutes les juridictions humaines.

5. Une exagération manifeste anime certains détracteurs de la micro-électronique comme A. Sivanandan, « L'impérialisme à l'âge du silicium », *Politique d'aujourd'hui*, nouvelle série, n° 3/4, mars-avril 1980, p. 47-58.

Une vision tiers mondiste abstraite attribue cette technologie à une volonté consciente du capital d'accroître sa mainmise sur des sociétés déjà dépendantes. L'Asie du Sud-Est qui matérialise cette tendance ne peut être schématisée ainsi. La formation d'une nouvelle classe ouvrière en Corée du Sud, à Hong Kong, Taïwan et Singapour ainsi que des centres capitalistes relativement autonomes ont des effets très contradictoires sur les diverses puissances impérialistes traditionnelles du Japon, d'Amérique et d'Europe.

6. « Robotic in the Soviet Union », *Robotics Age*, vol. 1, n° 1, Été 1979; I. Artobolevski et A. Kobrinski, *Les Robots*, Editions Mir, Moscou, 1980.

7. *Travail* dans son sens étymologique signifie douleur et par extension ou analogie l'effort effectué. Ce terme vient du bas latin *tripalium* qui désigne un instrument de torture du XI^e siècle (Dictionnaire encyclopédique Quillet).

8. Pour l'étude du travail de l'*instrumentum vocalis* (esclave en latin) voir Perry Anderson, *Les Passages de l'Antiquité au féodalisme*, Maspéro, 1977, p. 19-31.

9. Patricia Pineau, « Quand les robots deviennent intelligents », *La Recherche*, n° 113, juillet-août 1980, p. 839-41. L'auteur explique ainsi que l'Intelligence artificielle est la discipline que les informaticiens tentent aujourd'hui de développer.

10. Les recherches des mécaniciens du Moyen Age en aboutissant à l'horloge ont ouvert le champ de la technique moderne. Lewis Mumford, *Technique et Civilisation*, Le Seuil, 1950, p. 23 et suivantes. L'horloge est pourtant le produit de la recherche du mouvement perpétuel. Cet enthousiasme pour la mécanique devait certainement animer également les Grecs qui ont construit la célèbre machine d'Antikythera, Derek de Solla Price, *Gears from Greeks*, Science History Publications, 1975.

11. Le terme *automate* a été employé par Rabelais en 1532, il provient du grec *automatos*, « qui se meut ». Les termes *automatique* et *automatisme* proviennent de la fin du XVIII^e siècle. *Automatisation* accède au Larousse en 1877. *Automation* provient de l'anglais et a été inventé en 1956 par Del Harder, un cadre de Ford. Les automates les plus perfectionnés ont été réalisés par le Français Vaucanson et les Suisses Jacquet-Droz au XVIII^e siècle. Il s'agissait en particulier d'un joueur de flûte traversière, d'un canard nageur, d'un enfant écrivain et d'une joueuse de piano. On retrouve certains de ces mécanismes inégaux au Musée d'art et d'histoire de Neuchâtel.

12. Le débat sur les manufactures et colonies de l'espace utilisant des robots est bien résumé par T.A. Heppenheimer, *Colonies in Space*, Warner Books, New York, 1977.

13. La soudure et la peinture par compression constituent des travaux pénibles dont les ouvriers essayent de sortir le plus vite possible. Il y a ainsi 850 000 soudeurs aux Etats-Unis formés en quelques mois. Des robots élimineraient la majeure partie de ces travaux.

14. « Car Firms Drives Toward New Robot Technology », *New Scientist*, 12 juin 1980.

15. Philippe Dumez, « Machine-outil: de l'automatisme au robot », *Industrie et Techniques*, n° 423, avril 1980, p. 20; A. Roche et J.-P. Devimeux, « Manipulateurs et robots industriels », *CETIM Informations*, 2^e partie, n° 66, juin 1980, p. 6 à 10 et Jacques Fontaine, « La course folle au microprocesseur », *L'Expansion*, 19 sept./2 oct. 1980, p. 148-153.

16. « The Longbridge Robot Will March Over the Transport Union », *The Economist*, 19 avril 1980 et « Robots Change the Rules », *The Economist*, 19-25 juin 1980, p. 93-94.

17. « Ce que savent faire les robots industriels », *L'Usine nouvelle*, n° 24, 12 juin 1980, p. 96-102. Au Japon ce dernier texte signale que l'utilisation des robots est le résultat des luttes pour la santé et la sécurité et de la législation en découlant. Les normes de sécurité pour la chaleur, le métal en fusion, les émanations gazeuses et les mouvements mécaniques ont facilité l'irruption des robots. Ainsi une loi oblige l'alimentation automatique des presses.

18. Joseph Engelberger, *Robotics Age*, janv.-février 1981, p. 19.

19. Pierre Salmon, « Les robots progressent dans l'assemblage », *Industries et Techniques*, n° 413, 10 décembre 1979, p. 82-91.

20. *US News and World Report*, 22 sept. 1980, « Rebuilding America, It Will Cost Trillions ».

21. *Time*, 8 sept. 1980, « Detroit Uphill Battle » et déc. 1980, « The Robot Revolution ».

22. Harley Shaken, « The Brave New World of Work in Auto », *In this Magazine*, 19-25 septembre 1979 et Marianne Debouzy, « Les syndicats américains face à l'innovation technologique », *Politique d'aujourd'hui*, n° 1-2, janvier-février 1980, p. 43-52.

23. Charles Frank Barnaby, « Quelles armes pour demain », *La Recherche*, novembre 1980, n° 116, p. 1304-1311.

24. « How Robots are Already Cutting Costs for G.E. », *Business Week*, 9 juin, 1980.

25. James L. Nevins et Daniel E. Whitney, « Le montage de pièces mécaniques par automates programmables », *Pour la Science*, Paris, avril 1978, p. 25-41.

26. Le robot Seiko 700 est standard pour fabriquer des pièces mécaniques qui nécessitent d'être transportées à un rythme régulier d'un fournisseur à une machine-outil. La production manufacturière de pièces détachées s'effectue généralement selon deux principes : enlèvement de matière ou bien moulage. Les robots fonctionnent encore le plus souvent selon le premier de ces principes. Le développement des outils de coupe au laser accentuera cette tendance. Pierre Naville pensait pour sa part en 1963 que le moulage l'em-

porterait. Il avait raison mais dans le cadre des matières plastiques et de la tôlerie.

27. Gene Bylinsky, « Those Smart Young Robots on the Production Line », *Fortune*, 17 décembre 1979.

28. Des aberrations peuvent cependant se remarquer dans le développement des robots aux Etats-Unis. Ainsi la firme de jouets Milton Bradley qui commercialise un tank programmable à \$40, dépense \$600 000 en recherche par an soit autant que le département de robotique de la NASA. *Robotics Age*, vol. 2, n° 1, printemps 1980, p. 39.

29. Les sociétés qui ont entravé l'automatisation de la production en ayant recours à une main-d'œuvre immigrée à bon marché sont en retard dans la course aux robots parce que le renouvellement technologique y a été sacrifié à des exigences de profit à court terme. La France se compare ainsi désavantageusement au Japon car sa main-d'œuvre active est composée de millions d'immigrants peu qualifiés alors que la robotisation au Japon a exigé l'élevation générale des qualifications techniques. Ainsi le célèbre rapport Nora-Minc publié en 1978 ne contient que quelques pages en annexe sur la robotique. On doit aussi noter que de 1974 à 1978, l'indice de production de biens d'équipements d'automatisation du processus industriel a baissé de 172,7 à 155,8 (base 100 en 1970). Voir Guy Tussan, *Les Industries électriques et électroniques*, Notes et Etudes documentaires, 27 mars 1980, p. 86.

30. *Popular Science*, novembre 1980, p. 109.

31. John W. Hill, « Introducing Mini Moover 5 ». *Robotics Age*, Vol. 2, n° 2, été 1980, p. 18-27.

Le marché des petits ordinateurs (entre \$5 000 et \$40 000) est ainsi en pleine expansion aux Etats-Unis (138 000 produits en 1979 et 382 000 prévus en 1984) et repose sur une main-d'œuvre peu ou pas syndiquée. Cependant, ce marché est encore économiquement secondaire : \$658 millions en 1979. Cf. Colin Norman, *Microelectronics at Work : Productivity and Jobs in the World Economy*, World watch Paper, n° 39, octobre 1980, p. 22-23.

32. Stephen Kahne, Irving Lefkowitz et Charles Rose, « Automatic Control by Distributed Intelligence », *Scientific American*, juin 1979. Ainsi, comme l'avancé déjà Pierre Naville dans *Vers l'automatisme social* (Gallimard) en 1963 la production manufacturière se rapprochait des industries de flux (pétrole, chimie) où l'automatisation est déjà très avancée avec un personnel exerçant surtout les tâches de surveillance et d'entretien. Il existe déjà des robots entrepreneurs dans l'industrie pétrochimique. Ainsi, l'entrepôt Shell de Montréal est entièrement automatisé. Onze employés peuvent contrôler 50 000 tonnes de marchandises par an grâce à un chariot-robot de la firme suisse Digitron. François Berger, *La Presse*, 15 août 1980.

33. André G. Bonnet, « Les microprocesseurs et leurs futures applications », dans *Informations sur les sciences sociales*, SAGE, Londres et Beverly Hills, 19, 2 (1980), p. 420.

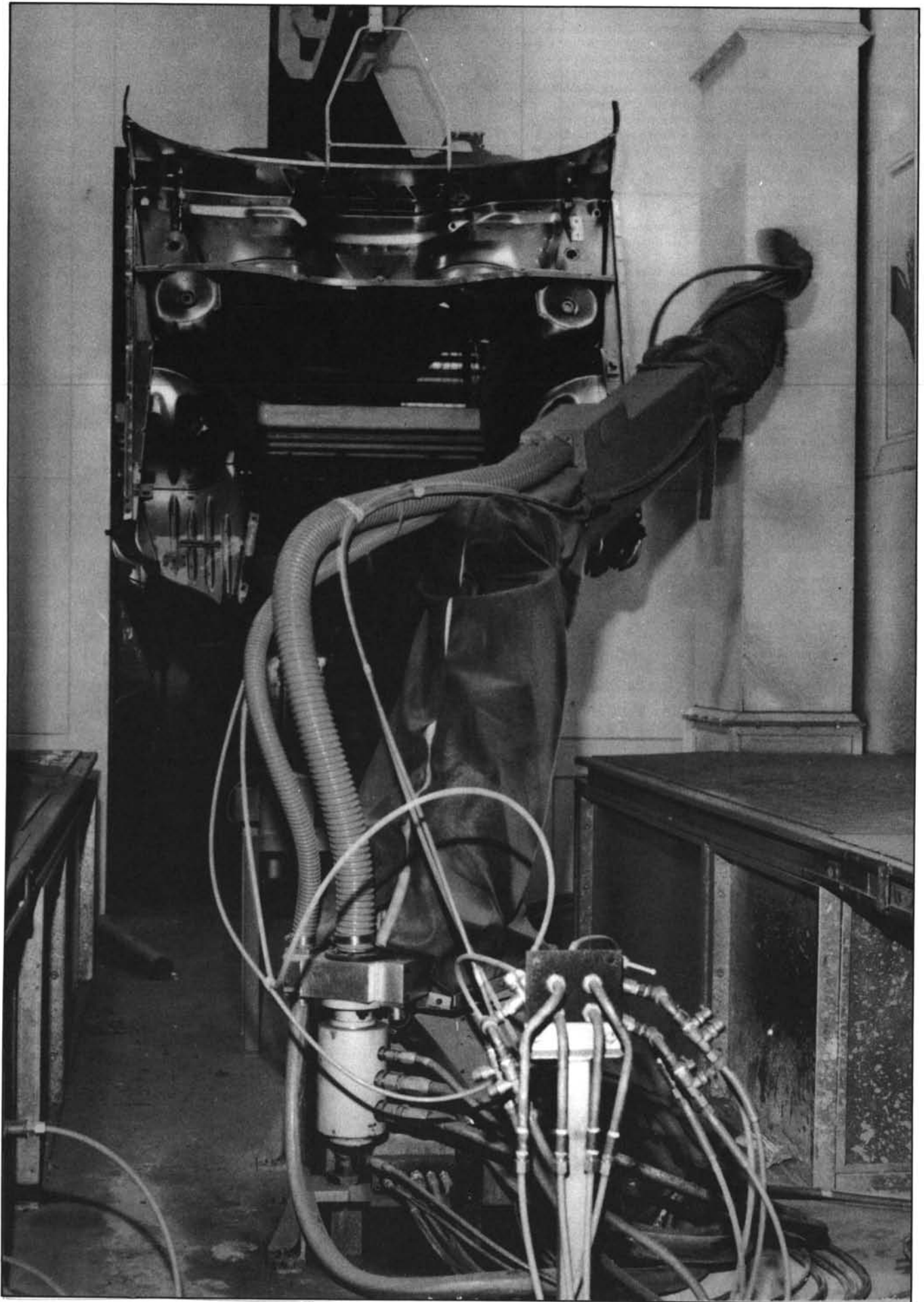
34. Outre les mémoires à bulles magnétiques qui commencent à se répandre, IBM met au point des mémoires à « effet Josephson » avec des composants supra-conducteurs plongés dans l'hélium liquide (-269°C). Jean-Louis Lardy, « La micro-électronique à très grande intégration », *La Recherche*, n° 116, novembre 1980, p. 1246-1257. D'autres recherches voient dans les mémoires à transfert de charges ou dans le remplacement du silicium par l'arsénite de gallium un moyen d'améliorer les microprocesseurs, *The Economist*, 19-25 juin 1980, p. 94-95.

35. C'est encore la reproduction du travail manuel qui constitue l'obstacle technique majeur à la généralisation des robots. J.W. Saveriano, « Industrial Robots: today and tomorrow », *Robotics Age*, vol. 2, n° 2, été 1980, p. 6. Un pas dans le sens de la reproduction du toucher a été effectué par le constructeur canadien du bras mécanique de la Navette spatiale où l'opérateur humain est capable de « sentir » l'effort fourni, *Discover*, octobre 1980. De plus le LAAS de Toulouse a produit une « peau artificielle » chimique pour un bras mécanique, *Sciences et Avenir*, novembre 1979, n° 303, p. 49-50.

36. La formulation de nouveaux logiciels va constituer l'effort principal du ministère de l'Industrie au Japon d'ici 1983. (\$1 milliard d'investissement). Le logiciel pose cependant un problème culturel important qui se révélera le jour où la communication verbale sera couramment employée avec les ordinateurs, Yves Leclerc, « Un obstacle majeur : le logiciel », *La Presse*, 10 février 1981. A l'heure actuelle les Américains et les Français dominent cette discipline. Voir aussi « Missing Computer Software », *Business Week*, 1^{er} septembre 1980.

37. Michael Goldhaber, « Politics and Technology: Microprocessors and the Prospect of a New Industrial Revolution », *Socialist Review*, n° 52, vol. 10, n° 4, juillet-août 1980, p. 9-32, passe sous silence l'origine militaire des microprocesseurs et leur attribue à tort une dynamique sociale décentralisatrice, donc démocratique. Or, à la fin du XIX^e siècle, le petit moteur électrique s'était déjà développé en pleine période de concentration du capital.

38. Déterminer les modifications dans l'emploi est assez malaisé. Une étude faite en Grande-Bretagne dans une région industrialisée autour de Manchester montre que les pertes d'emplois de 1980 à 1990 à cause de la micro-électronique toucheront le textile (-8,4%), la construction électrique (-7,5%), le papier et l'imprimerie (-6,2%). Rod Coombs et Ken Green, « Slow March of the microchip », *New Scientist*, 7 août 1980, p. 448. La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) va permettre la liaison directe de l'ingénieur et du robot, donc supprimer l'ouvrier outilleur. Les capacités de simulation d'un ordinateur permettent d'éviter les études sur maquette. A la Régie Renault d'ici à 10 ans le personnel sera réduit de 12%, *Le Monde*, 14 février 1981, p. 33.



Robot de peinture Renault ACMA

ANNEXES

UN CAS EDIFIANT

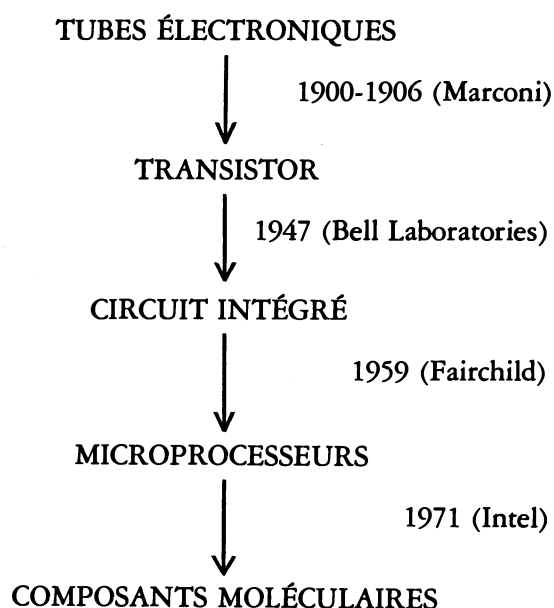
L'industrie horlogère suisse a été abattue par les microprocesseurs. Dix-sept manufacturiers suisses sont en banqueroute et 46000 postes de travail ont été supprimés dans les années 70; une main-d'œuvre non qualifiée a été utilisée en Asie du Sud-Est. L'électromécanique de faible dimension est remise en cause par les microprocesseurs dans tous les domaines. Les firmes électroniques qui sont à l'initiative de la nouvelle technologie licencient en masse leurs employés.

European Trade Union Institute, *Impact of Microelectronics on Employment, in Western Europe in the 1980's*, Brussels, 1979.

ALGORITHME

C'est un procédé de calcul inventé par Muhammed ibn Musa al Kharezmi au IX^e siècle (c'est le père de l'arithmétique, mot produit d'après la déformation de son nom) à partir des mathématiques hindous. Charles Corge en donne cette définition: « Suite finie de prescriptions potentiellement exécutables exprimées dans un langage défini, qui stipule comment exécuter un certain enchaînement d'opérations pour résoudre tous les problèmes d'un certain type donné » dans *Eléments d'Informatique*, Larousse, 1975, p. 453. Le raisonnement algorithmique formulé en langage binaire (fondé sur deux « mots »: 0 et 1) est la base de toute l'électronique informatique moderne.

EVOLUTION DES COMPOSANTS



MICROPROCESSEUR

Un microprocesseur est un circuit intégré complexe miniaturisé. Sur moins d'un cm², on peut aujourd'hui concentrer la puissance de calcul du plus gros ordinateur construit en 1950. Le silicium comme élément semi-conducteur à la base de l'électronique avec la création du transistor en 1947 est traité avec du bore ou du phosphore pour obtenir une surface codée par des moyens photolithographiques. Aujourd'hui, 250000 composants (transistors, résistances, condensateurs et mémoires) tiennent sur un microprocesseur. En 1990, il y en aura un million ou plus. C'est la compagnie US Intel qui a inventé cet objet trois ans après sa création en 1968.

L'IMPRIMERIE

La micro-électronique a augmenté la productivité et brutalement diminué l'emploi dans l'imprimerie. Les emplois liés à la composition et aux diverses étapes de l'impression peuvent être réduits de 25 à 50 % dans un premier temps. C'est un phénomène évident dans la presse quotidienne où les typographes et linotypistes ont disparu pour laisser la place petit à petit à des dactylos recyclés. Curieusement, l'apparition des « circuits imprimés » (microprocesseurs) qui s'inspirent des techniques de la photolithographie génère la diminution de l'ensemble des métiers qui furent à l'origine du syndicalisme ouvrier.