Document généré le 1 juin 2025 20:15

Sociologie et sociétés

# La robotique : un mythe industriel?
# Is Robotics an Industrial Myth

Charles HALARY

Volume 16, numéro 1, avril 1984

L'informatisation : mutation technique, changement de société?

URI : https://id.erudit.org/iderudit/001326ar
DOI : https://doi.org/10.7202/001326ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0038-030X (imprimé)
1492-1375 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

HALARY, C. (1984). La robotique : un mythe industriel? *Sociologie et sociétés*, *16*(1), 81–90. https://doi.org/10.7202/001326ar

Tous droits réservés © Les Presses de l'Université de Montréal, 1984

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter en ligne.

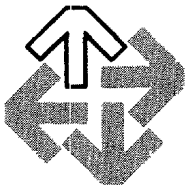
https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/

Cet article est diffusé et préservé par Érudit.

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche.

https://www.erudit.org/fr/

# La robotique: un mythe industriel?



par CHARLES HALARY

James Albus, directeur du laboratoire de recherche en robotique du National Bureau of Standards des États-Unis a récemment contribué à modifier le débat sur la possibilité de reproduire certains des mécanismes propres au corps humain[1]. Impliqué dans le programme de recherche en intelligence artificielle de la NASA, l'auteur se pose la question classique des critères de distinction de l'activité dite intellectuelle de celle exercée par les muscles contrôlés par la volonté. En fait il élargit ce débat souvent byzantin en distinguant dans le cerveau, le système symbolique de contrôle du comportement et celui des activités motrices.

Cependant une activité n'est bien sûr ni purement spirituelle ni purement musculaire. Ainsi la songerie poétique et le maniement d'un tournevis sont des activités disparates qui peuvent coexister dans le comportement le plus courant. La robotique comme discipline scientifique s'interroge pourtant plus particulièrement sur le sort d'une vis qui tourne et néglige pour le moment les effets émotionnels d'un clair de lune d'automne. Pourtant les lieux de production des effets moteurs et de l'expérience sensuelle se situent dans des régions contiguës à l'intérieur du cerveau. Roger W. Sperry[2] cité par l'auteur avait démontré il y a plus de dix ans la possibilité par action chirurgicale de séparer dans le cerveau ces deux types d'activités de l'être humain. Aujourd'hui, en laboratoire, deux types de comportement humain sont devenus objet de tentatives de reproduction: la raison pratique et la préhension; la pensée est ainsi approchée par le traitement automatique de l'expression écrite ou orale alors que la préhension est le champ plus restreint de la robotique. À la jonction de ces deux domaines se trouve la reconnaissance des formes par les machines. Dans ce cas un système cybernétique doit distinguer par exemple une sphère rouge dans un ensemble de volumes géométriques aux couleurs variées et par la suite décider d'en assumer la manipulation pour la poser en un point donné.

M. Albus, devant une telle expérience, isole de l'activité humaine le rapport du cerveau au bras médiatisé par le sens de la vision. C'est un choix que d'autres spécialistes de l'intelligence artificielle n'ont pas accompli. Leur recherche est plutôt orientée vers la reproduction du raisonnement logique pur. Les résultats probants de leurs réflexions sont à l'origine des programmes insérés dans les jeux d'échecs électroniques disponibles sur le marché. L'influence primordiale des mathématiciens

1. James S. Albus, *Brains,Behavior and Robotics*, Peterborough, Byte Books, N.H., 1981, 352 p.

2. Roger W. Sperry, «Perception in the Absence of the Neocortical Commisures», dans *Perception and its Disorders*, Research Publication of the Association for Research in Nervous and Mental Diseases, 48, 1970.

dans la genèse des recherches en intelligence artificielle explique largement cette situation. La manipulation des objets, selon M. Albus, et par conséquent les fonctions de contrôle des mouvements du corps par le cerveau, devraient maintenant être le champ le plus propice à l'extension des recherches en intelligence artificielle. Cette possibilité ne découle pas d'un désir de revenir à des problèmes moins ardus ni d'une brusque prise de conscience de l'importance sociale du travail manuel. Elle est au contraire permise par la disponibilité de nouveaux composants microélectroniques aptes à réguler des mouvements complexes d'articulations mécaniques. À l'inverse des pièces d'un échiquier, les mouvements d'un bras métallique s'inscrivent dans un espace aléatoire non fini.

L'exemple du marteau et du clou peut être opposé aux règles strictes de l'échiquier. Celui-ci est plus facilement mathématisable même si le nombre des figures est incommensurable à l'échelle humaine. Outre l'addition d'une dimension supplémentaire dans l'action réciproque du marteau et du clou, se présentent les contingences d'un environnement indéterminé.

Examinons par exemple, cet ordre donné à un éventuel manipulateur automatique doté de deux bras et capable de saisir d'un côté un marteau et de l'autre un clou: POSER UN CLOU DANS LE MILIEU DU MUR.

L'exemple sera simplifié car le robot est aimablement placé par son opérateur humain en face de son ouvrage, devant le mur. Voici la stratégie adopté par le robot:

1) ORDRE COMPRIS.
2) RECHERCHE DU CLOU.
3) PRISE DU CLOU DANS LE BON SENS AVEC UN BRAS.
4) RECHERCHE DU MARTEAU.
5) PRISE DU MARTEAU PAR LE MANCHE ET DANS LE SENS ADÉQUAT.
6) REPÉRAGE DU MILIEU DU MUR.
7) POSE DE LA POINTE DU CLOU SUR CET ENDROIT.
8) VÉRIFICATION DE SA VERTICALITÉ.
9) MOUVEMENT DE LA TÊTE DU MARTEAU FACE À CELLE DU CLOU.
10) ACTION MESURÉE DU MARTEAU SUR LA TÊTE DU CLOU EN FONCTION DE LA RÉSISTANCE DU MUR.
11) CALCUL DU NOMBRE DE COUPS NÉCESSAIRES.
12) CALCUL DE NOUVELLES TRAJECTOIRES DU MARTEAU APRÈS CHAQUE COUP DONNÉ.
13) ARRÊT DE L'OPÉRATION UNE FOIS LE CLOU PLANTÉ À LA BONNE PROFONDEUR.

Cette opération est déjà délicate pour un être humain normal qui risque en général d'endommager un de ses bras manipulateurs à la suite de l'action mal contrôlée de l'autre. L'arrêt de l'opération est précédée d'un hurlement retentissant suivi du retour au sol du marteau et du clou. Chacune des ces opérations est nécessaire à ce que le commun des mortels considère comme du travail manuel simple mais se révèlent d'une complexité ébouriffante pour le spécialiste en programmation. Examinons l'une d'entre elles: 7) POSE DE LA POINTE DU CLOU SUR LE MILIEU DU MUR.
Cette opération se décompose ainsi:

*a*) Orientation de la pointe du clou vers le mur.
*b*) Mouvement vers le mur.
*c*) Assurer la coïncidence de la pointe du clou avec le milieu du mur.
*d*) Éviter l'arrêt avant le mur.
*e*) Éviter un mouvement trop rapide faisant glisser le clou sur le mur à côté de son milieu.
*f*) Corriger une erreur éventuelle de trajectoire.

De plus pour effectuer correctement ce genre d'opération, le robot doit savoir ce qu'est un mur, un clou et un marteau dans toutes leurs propriétés physiques et disposer des capacités de calcul d'un milieu de polygone, car tous les murs ne sont pas des quadrilatères réguliers. Afin de décider, il faut adjoindre au robot des marges d'incertitude ou de tolérance dans l'erreur. Ceci est rendu possible par des systèmes de reconnaissance des formes, d'évaluation des distances, des capteurs de pression, des routines alternatives en cas d'échec de l'opération et surtout des méthodes de coordination des deux bras manipulateurs. Tout cela permet de comprendre pourquoi il n'y a pas de robots capables de poser des clous, ni de projets en ce sens, dans les laboratoires de recherche des États-Unis, d'Europe et du Japon.

La reproduction du travail simple de l'être humain est bien trop complexe pour n'importe quelle machine automatique, même celles qui ont été dénommées des robots depuis le début des années soixante. Cet exemple doit nous conduire à considérer le non-achèvement de l'étude du corps humain comme une des sources majeures de la difficulté de reproduction de ses fonctions

les plus élémentaires en apparence. L'univers des machines est, à une époque donnée, la projection objectifiée et parfois fantasmatique des connaissances anatomiques et physiologiques accumulées sur le corps humain. Ainsi la microélectronique tente de maîtriser les sens de la vision, du toucher et de l'ouïe et laisse encore l'odorat et le goût dans le domaine du subjectif. Dans les laboratoires de robotique des expériences assez concluantes sont répétées depuis plusieurs années et parfois introduites dans le domaine industriel. Des facultés humaines plus abstraites comme le sens de l'orientation dans l'espace et de l'équilibre sont imitées avec des machines mobiles sur roues ou dotées d'articulations quadri- ou hexapodiques.

Depuis trois siècles, il n'y a pas eu de modifications majeures dans la mécanique au niveau de la coordination des mouvements, même si la précision s'est grandement améliorée. La microélectronique a pourtant permis d'améliorer le contrôle sur les mouvements afin de l'approcher de celui exercé par les neurones du cerveau.

Très probablement, le métal qui domine les composants mécaniques depuis le XVIIIe siècle, sera bientôt considéré comme inadéquat pour construire des machines susceptibles d'approcher les performances de la musculature et des os. Comme on peut ainsi le remarquer une des principales difficultés de la robotique moderne est donc de contrôler le mouvement des articulations des manipulateurs mécaniques.

## CRÉATURE MYTHIQUE ET INDUSTRIE[3]

Le robot industriel est une nouvelle machine introduite dans la production. Il se présente sous la forme d'un bras mécanique articulé en général fixé au sol. Sa genèse est aisée à retracer et provient de la nécessité de manipuler à distance des objets dangereux (ex: le métal au rouge ou les matières radioactives) ou, dans le domaine médical, de donner des membres artificiels mobiles aux handicapés moteurs. Il y a ainsi, peu ou prou, une préoccupation humanitaire dans l'esprit des ingénieurs et des médecins qui ont mis au point des mécanismes métalliques articulés. Protéger la vie humaine et améliorer le sort des amputés ont été les motivations des pionniers de la robotique.

Le terme «robot industriel» a été utilisé pour la première fois pour désigner une machine de ce genre par un ingénieur américain, G.C. Devol[4] qui a déposé dans les années cinquante un brevet qui fut exploité par J.F. Engelberger[5], président de la première société de robotique au monde, Unimation (contraction de «universal automation»). Pendant une quinzaine d'années cette firme n'a réalisé aucun profit au sein du conglomérat CONDEC. Elle vient de passer en 1983 sous le contrôle de la multinationale Westinghouse. La robotique dès son origine n'était pas économiquement rentable et ne l'est guère plus de nos jours. Son origine mythique oscille entre des contingences militaires et des velléités d'ordre altruistes.

Depuis 1921 avec la pièce de théâtre peu connue de Carel Çapek[6], le terme avait subi bien des aventures. Il a ainsi été utilisé par Fritz Lang[7] pour désigner la fausse Maria dans *Métropolis* en 1926 et ensuite par Isaac Asimov à partir de 1939 quand il commençait à écrire des nouvelles de science-fiction pour adolescents[8].

Bien sûr on trouve des robots magiques avant le début de l'ère scientifique. Galatée, statue d'ivoire créée par Pygmalion et mise au monde des vivants par Aphrodite, est généralement considérée comme la première créature humaine artificielle. D'autres ont suivi: le Golem de Prague de tradition judaïque, l'Homonculus d'origine alchimique, la créature du Dr Frankenstein, l'Ève

3. Une intéressante rétrospective du robot comme mythe a été rédigé par Jasia Reichardt, *les Robots arrivent*, Paris, Éditions du Chêne, 1979, 168 p.

4. G.C. Devol est un inventeur toujours actif qui réside en Floride.

5. Joseph Engelberger dans son ouvrage *Robotics in Practise*, (New York, American Management Association, 1980) traite des principaux aspects de la robotique industrielle. Isaac Asimov en a écrit la préface.

6. Une version française de cette pièce a été présentée en 1924 au théâtre des Champs Élysées. Le texte a été publié dans *Quatre pas dans l'étrange*, Paris, Gallimard, «Rayon fantastique», 1957.

7. Fritz Lang a plus que tout autre cinéaste popularisé le mythe du robot avec la fausse Maria de *Métropolis*. Rotwang déclare de manière classique «J'ai créé une machine à l'image de l'être humain qui jamais ne se fatigue ou ne commet d'erreur.» Ce discours adressé à Fredersen est répété par toutes les firmes impliquées dans la construction de robots industriels en 1983.

8. Isaac Asimov a été traduit en français sous les titres, *les Robots* et *Un défilé de robots*. L'auteur est l'un des plus industrieux de la littérature populaire et scientifique américaine.

future de Villiers de l'Isle-Adam et bien entendu les automates bien réels de Vaucanson, des frères Droz et selon certains de Descartes lui-même[9].

Le robot est un produit mythique et les responsables actuels de cette nouvelle industrie sont les premiers à l'affirmer. Lors d'une visite effectuée aux usines Unimation de Danbury (Connecticut), j'ai pu illustrer cet aspect du problème avec le vice-président de la compagnie de robotique qui domine toujours le marché mondial. L'entrevue avait eu lieu en mars 1983 peu après la prise de contrôle par la multinationale Westinghouse. Selon cette personne, nombreuses étaient les entreprises qui achetaient des robots pour améliorer leur image de marque auprès de leurs clients. Dans les années soixante, la mode était d'ordre opposé. Ainsi les Nord-Américains achetaient des automobiles Volkswagen, persuadés de leur qualité mécanique du fait de leur construction considérée comme quasi artisanale. Aujourd'hui un robot montré sur une ligne d'assemblage donne à lui seul une garantie de fiabilité à l'objet produit pour la consommation. Il semblerait donc que la décision de robotiser, comme celle d'utiliser le «prêt-à-porter», soit aussi une affaire de mode. Les justifications économiques suivent l'événement mais ne le précèdent pas. L'industrie a utilisé des automatismes depuis son origine. Les moulins à vent, puis à eau, ont rendu des services bien avant que certains entrepreneurs en Grande-Bretagne recourent au charbon et à la machine à vapeur. L'utilisation de l'énergie fossile a uniquement modifié le rythme et l'ordre de grandeur des automatismes.

À l'origine mouvement spontané de la nature, l'automatisme est devenu synonyme de cadences infernales imposées aux êtres humains. Au moment où les surréalistes en faisaient un genre littéraire, Henry Ford avec ses convoyeurs y voyait un élément essentiel d'une nouvelle méthode de fabrication des automobiles. L'automatisme après la Deuxième Guerre mondiale devenait un projet social. Était-ce un progrès ou une régression? Une nouvelle forme de production susceptible de dégager les êtres humains des tâches pénibles était-elle en train de naître ou bien ne s'agissait-il que d'une technique de contrôle de la main-d'œuvre dans l'entreprise? La controverse n'est pas près de s'éteindre et ceci d'autant plus que les méthodes automatisées et la standardisation des objets ont largement été un produit de l'effort de guerre aussi bien avec le capitalisme que sous les régimes sociaux antérieurs.

Le mythe est polymorphe et s'adapte aux publics visés. Si les enfants de cinq ans et les ingénieurs du MIT emploient le même mot, robot, c'est bien sûr avec des connotations différentes. À l'imagination enfantine irrationnelle, l'ingénieur ajoute une portée fonctionnelle ou normative. Le robot est pour lui une nouvelle machine de production industrielle. Cette modernité de la machine est aussi mythique que les facultés sans limites de conteur attribuées au robot par l'émerveillement ludique d'un enfant.

## CONJONCTURE DE LA MACHINE UNIVERSELLE

Depuis quelques années la robotique fait recette ausi bien dans l'imaginaire façonné par le cinéma que dans les cercles manufacturiers. Prenons l'exemple d'une contribution récente de Paul Kinnucan[10] au débat sur l'automatisation.

1°) L'auteur donne l'exemple d'une usine de locomotive de la société *General Electric* qui s'est dotée d'un atelier de fabrication flexible. Explication première: économie de capital et surtout de temps. Avec le sens des formules ramassées, il explique une diminution du temps d'usinage de 16 jours à 16 heures pour un cadre de moteur... Ce qui paraît être la cause essentielle d'une telle performance est l'utilisation de machine-outils à commande numérique et leur intégration par un centre de calcul gérant l'ensemble du processus de production.

2°) Après avoir choisi un exemple édifiant, l'auteur nuance son effet en décrivant la longue route qui reste à faire pour atteindre le niveau de qualité et de polyvalence du travail humain.

3°) L'apparition de cette mode de l'atelier flexible dans la manufacture n'est pourtant pas explicitée socialement. Le recours aux contraintes économiques est un passe-partout peu convaincant car celles-ci sont omniprésentes dans la société de type capitaliste et structurent une idéologie de justification et non pas une théorie d'aide à la décision. L'argumentation économique est ainsi a-historique. C'est pourquoi le pionnier de l'atelier de fabrication flexible, le britannique D.T.N. Williamson, employait avec quinze ans d'antériorité, en 1967, les mêmes arguments préliminaires que les économistes propagateurs de «nouvelles» méthodes de production manufacturière. Paul

9. Alfred Chapuis et Edmond Droz ont rédigé, *les Automates, figures artificielles d'homme et d'animaux, histoire et technique*, Neufchâtel, Éditions du Griffon, 1949. C'est le document de base sur le sujet.

10. Paul Kinnucan, «FLexible Systems Invade the Factory», *High Technology*, juillet 1983, pp. 32-43.

Kinnucan observe aussi que l'un des principaux obstacles à la mise en place de l'atelier de fabrication flexible est la résistance des ouvriers outilleurs. D'autres commentaires relevés lors de visites d'entreprises font état de refus émanant du personnel d'encadrement et même de directions locales d'entreprises de taille importante.

Les articles concernant les progrès de l'automatisation industrielle sont en général construits sur ce modèle ternaire: 1) l'exemple édifiant, 2) ses limites et 3) la stagnation regrettable de l'ensemble de l'industrie.

Le contexte économique de crise est rarement abordé même si parfois il est fait mention qu'après quarante années d'existence, la machine-outil à commande numérique ne compte que pour 5% du parc de machines-outils des États-Unis. Curieusement le renouveau d'intérêt pour l'automatisme industriel se manifeste dans une période dépressive où la valeur de la production des machines-outils devrait passer de 3,7 milliards de dollars en 1982 à moins de 2 milliards en 1983. Le débat sur la réindustrialisation mené à l'initiative du gouvernement américain risquerait de sombrer dans un profond pessimisme si le critère de renouvellement de l'équipement industriel était considéré comme le facteur majeur de l'expansion économique. À l'opposé, la validité de certaines thèses s'inspirant de Marx et identifiant le capitalisme à un gigantesque processus de révolution permanente des instruments de production risque également de devenir très contestable.

L'ingénieur britannique D.T.N. Williamson avait déjà clairement énoncé ces problèmes et suggéré des solutions précises en inventant le système 24 de Colins en... 1967.

## LA THÈSE DE WILLIAMSON[11]

Le problème de la manufacture industrielle classique est de produire le plus rapidement et au moindre coût une diversité de composants métalliques de faibles dimensions. Alors qu'Henry Ford ne se posait, dans son usine automobile du début du siècle, qu'un problème d'assemblage, Williamson repousse en amont le goulot d'étranglement à réduire, vers le flux de production des pièces détachées destinées à l'assemblage. Il ne questionne pas l'organisation du travail mais la conception de la machine elle-même. Il fait apparaître une lente évolution de la machine-outil à commande numérique (MOCN) à partir du modèle classique. Au début, ces machines se voient dotées d'une «commande numérique» et s'usent rapidement ou produisent des rebuts importants. Elles n'ont pas été conçues pour la commande numérique. Plus tard de nouvelles MOCN sont construites autour de la commande numérique mais coûtent des sommes exorbitantes (10 à 20 fois le coût d'une commande manuelle) pour un rendement seulement 4 fois supérieur). Les MOCN sont très fragiles, car complexes, et nécessitent une préparation rigoureuse de l'usinage. La disparition des opérateurs manuels sur machines est accompagnée de la création de tâches de planification, de conversion des plans en impulsions numériques, d'enregistrement des informations émanant des machines, de surveillance plus grande des outils et de leur usure. Williamson considère que la commande numérique des machines instaure un nouveau mode de production et qu'ainsi il n'est pas souhaitable de faire coexister dans un même atelier des commandes manuelles et numériques, car ceci aboutit à faire perdre toute efficacité à ces dernières. Ce sont tous les éléments de la machine-outil héritée du XVIIIe siècle qu'il remet en cause.

### 1) L'OUTIL DE COUPE

Augmenter la vitesse de coupe, c'est le premier problème à résoudre. Si la commande manuelle disparaît, l'outil de coupe doit être radicalement changé. Aujourd'hui l'usinage au laser permet d'entrevoir une résolution de cette question.

### 2) LE MÉTAL À USINER

L'acier doux issu de la révolution industrielle doit être remplacé par des alliages plus légers.

### 3) LA NATURE DE L'OPÉRATION D'USINAGE

Plutôt que de confier l'usinage complet d'une pièce à une MOCN complexe il propose de diviser les opérations en autant de MOCN exigées pour chaque optimum de coupe. Dans ce dernier cas doit être résolu le transport des pièces d'une machine à une autre.

---

11. Je me réfère ici à l'excellente traduction de Claude Gelé publiée dans *Ingénieurs et techniciens* (N° 212-3-4) septembre-octobre-novembre 1967, Paris. Le texte analysé se présente sous la forme d'un tiré à part.

L'ordinateur central de gestion de la production est absolument nécessaire pour éviter le chaos engendré par un flux de production de 2 000 à 20 000 pièces par jour pour les 7 MOCN du système de Williamson.

> Il faut étudier dans ses plus petits détails chaque opération ou procédé, selon les exigences initiales, en passant par: la préparation des matières, la fixation de la pièce, la conception des bridages afférents, le transfert des matières et des palettes d'un poste à un autre sous contrôle du calculateur, la réalisation de machines-outils complètement automatiques, y compris le changement d'outil, l'évacuation des copeaux, le changement du programme, le positionnement des pièces à réusiner, leur déchargement après usinage, y compris leur manipulation ultérieure pour les amener à rejoindre les lignes de la fabrication et d'assemblage[12].

La réussite d'une telle conception de la production de pièces ne peut découler que de la programmation la plus affinée des diverses opérations d'usinage. Celle-ci devient essentielle et doit intégrer rapidement les changements caractéristiques des pièces à produire. En cas de panne l'ordinateur doit disposer de méthodes alternatives de transfert de pièces:

> Dans ce cas l'ordinateur ne fait rien d'autres que ce qu'un homme intelligent aurait fait dans des circonstances analogues, les règles de conduites étant faciles à énoncer. Mais le calculateur possède le grand avantage de pouvoir traiter plus de données à un prix inférieur sans risque de fatigue ou d'erreur, sans poste de nuit, et avec la certitude de ne pas perdre de temps[13].

Dans le complexe de machines réalisé par D.T.N. Williamson, la manipulation initiale des pièces est assumée par des opératrices. Cependant à court terme l'inventeur envisageait leur remplacement par des manipulateurs programmables (robots simples). C'est l'aspect le plus inquiétant de la machine de Williamson, elle suppose une catégorie de personnel sans aucune qualification et destinée uniquement à l'alimentation en pièces. Le promoteur ne s'en cache pas:

> ...le système 24 est une nouvelle façon de penser les fabrications en petites et moyennes séries. Pour une production donnée, l'investissement de capitaux est plus faible que dans les procédés classiques. Les coûts d'opération, les exigences de surface au sol sont réduits de manière appréciable et les besoins en main-d'œuvre sont diminués de 85%, tout en abaissant le niveau de spécialisation. On peut engager des femmes pour la majorité du personnel[14].

L'automatisation proposée bouleverse complètement les structures de l'atelier:

| AVANT<br>commande manuelle | APRÈS<br>commande numérique |
|---|---|
| 290 ouvriers qualifiés | 15 opératrices |
| 73 surveillants, préparateurs maintenance et réparation | 1 responsable du système |
| | 1 adjoint |
| | 1 assistante |
| | 2 contrôleurs |
| | 6 entretiens mécanique et électrique |
| | 8 préparateurs |
| | 14 programmeurs |

La chute de l'emploi est radicale. La structure de production est totalement modifiée. Des opératrices remplacent les ouvriers. L'encadrement est dominé par les informaticiens. Pour mettre en place un tel système il faut donc éliminer les résistances de l'encadrement classique et celles des ouvriers organisés en syndicats. De plus, l'atelier de fabrication flexible de Williamson utilise moins de machines, 7 au lieu de 290, occupe moins d'espace et évidemment consomme moins d'énergie.

Les machines sont plus coûteuses et dépassent le coût de la main-d'œuvre alors qu'elles n'en représentaient qu'un quart avec la commande manuelle.

La puissance des fédérations syndicales ouvrières dans la métallurgie britannique a largement contribué à bloquer la mise en application de ces idées originales. Les conceptions de Williamson

12. *Ibid*, p. 9.
13. *Ibid*, p. 16.
14. *Ibid*, p. 25.

ont d'abord été reprises dans l'industrie électronique sans tradition syndicale où une nouvelle usine correspondait à un nouveau produit et donc une nouvelle façon de le fabriquer. Cependant la complexité prodigieuse de la programmation de telles machines a constitué (et continue à le faire) un obstacle technique difficile à surmonter et dément l'affirmation récente de l'inventeur:

> La chose que nous avons réalisée, peut être plus tôt que la plupart, était que la manipulation de la matière dans le système manufacturier est exactement semblable à celle des informations dans un ordinateur[15].

D.T.N. Williamson comme J.S. Albus formule une analogie somme toute assez simpliste. Le premier identifie le fonctionnement d'un ordinateur au processus de fabrication des objets manufacturés et le second à celui du corps humain. La conception de l'homme/machine inaugurée par Descartes et reprise par la philosophie des lumières et en particulier La Mettrie trouve une continuité évidente dans ces efforts contemporains visant à créer des automatismes industriels parfaits. Ce qui fait l'originalité du XX^e^ siècle et sert de discriminant entre l'approche théorique de J.S. Albus et celle plus technologique de Williamson est le recours à l'indéterminisme.

## LE ROBOT INDÉTERMINISTE D'ALBUS

Alors que Williamson ne trouve que des résistances sociales à la mise en place de ses machines, Albus considère la machine automatique qu'est le robot comme un décalque de la machine humaine et résume les difficultés d'ingénierie à une mauvaise fidélité du calque.

Son ouvrage se divise en trois parties: tout d'abord une description vulgarisée de l'état des connaissances scientifiques sur le fonctionnement du corps humain, ce qui lui permet d'esquisser une théorie du comportement hiérarchique à objectif déterminé:

> Dans le but de débattre la conception par un ingénieur d'un système de contrôle robotisé effectué à partir du fonctionnement du cerveau, nous devons tout d'abord imaginer une convention et une notation mathématiques nous permettant de décrire son comportement de manière précise et concise[16].

Albus tente de montrer qu'une approche mathématique du comportement orienté sera la clef de sa reproduction artificielle complexe. Il avance donc un modèle théorique de robot complexe. Dans ce cas il ne suffit plus de mathématiser les multiples possibilités d'une situation et de les probabiliser comme dans la théorie des jeux: la théorie du comportement d'Albus doit inclure l'erreur, l'imprévu et l'expérience par apprentissage.

### 1) L'ERREUR

Par rapport au but poursuivi, l'erreur se situe dans le voisinage immédiat de la trajectoire idéale. Une erreur n'est fatale qu'en l'absence de correction. Par conséquent le robot doit à la fois déceler très tôt l'écart entre la position erronée et la position idéale et s'y ramener aussitôt. Dans une certaine mesure on peut dire que le comportement humain normal est une succession d'erreurs rapidement corrigées. Si l'erreur n'est pas rapidement corrigée il devient alors temps d'élaborer une trajectoire alternative.

### 2) L'IMPRÉVU

De nombreux mécanismes automatiques corrigent rapidement leurs erreurs. Il en est ainsi du thermostat par exemple. Cependant aucun ne peut faire face à l'imprévu de manière satisfaisante. Il faut pour cela créer artificiellement des sens capteurs d'informations rendues significatives par une mémoire capable de reconnaître des formes. C'est en gros ce que recouvrent les travaux actuels en intelligence artificielle. Le matériel de base indispensable à ces recherches est une mémoire cybernétique. Celle-ci peut condenser des foules de données pour saisir et interpréter des informations nécessaires à la bonne marche du robot. La méthode de compression des données proposée par Albus s'inspire des théories admises à l'heure actuelle pour rendre compte du fonctionnement du cerveau: celui-ci se compose d'un réseau d'ordinateurs reliés en parallèle et non en ligne. La complexité du cerveau humain découle de l'enchevêtrement du réseau qui relie les neurones. Il en résulte une souplesse considérable qui permet de faire face à l'imprévu et aux pannes localisées (comme celles provoquées par la destruction quotidienne de neurones à partir de la trentaine) mais

15. *American Machinist*, novembre 1982.
16. Albus, *op. cit.*, p. 101.

tout en engendrant un certain probabilisme dans le comportement à long terme. Ceci peut paraître paradoxal. En effet les ingénieurs construisent des machines pour pallier aux déficiences humaines et sous une lumière philanthropique, pour alléger les efforts physiques exercés dans le travail industriel. Il faut bien constater que de ces deux critères, seul le second a une valeur sociale car en construisant des machines sur le modèle du corps humain, l'ingénieur ne fait que reproduire le vécu quotidien du modèle en question:

> Néanmoins, même pour des fonctions simples, une généralisation peut quelquefois amener des erreurs en altérant les valeurs enregistrées en des localisations voisines qui étaient déjà correctes. Ce type d'erreur correspond à ce que les psychologistes appellent interférence d'apprentissage, ou inhibition rétroactive[17].

La création de machines munies de systèmes de reconnaissance des formes dans les laboratoires de recherche à Stanford, Cambridge ou Toulouse oblige les chercheurs à reprendre les vieux problèmes d'illusion d'optique et à trouver des méthodes discriminantes habituellement données par le contexte imaginatif. Les perceptions humaines sont interprétées par analogie et les reproduire au sein de machines est impossible sur le mode digital. Il faut donc pour construire des robots les doter d'un fonctionnement analogique et donc par définition non stéréotypé. Sa principale originalité réside dans le rôle central de la mémoire, de l'apprentissage et des associations multiples et parallèles d'informations destinées à leur construire un sens. C'est la mémoire contextuelle qui donne une signification aux perceptions. Ainsi la forme la plus complexe de comportement, le langage peut aujourd'hui être techniquement maîtrisé par des synthétiseurs de paroles ou de mots. Il est possible d'entrer en conversation avec des machines sous des formes certes très limitées mais au sein desquelles le dialogue existe même s'il reste superficiel. Un ordinateur convenablement programmé se révèle capable de produire une histoire automatique sans émotion captivante car par nature sa mémoire contextuelle reste étroite et bornée.

3) DÉTERMINATION, DÉCISION, CHOIX, STRATÉGIE

Si le comportement du robot n'est pas stéréotypé et le but est à atteindre par des moyens complexes, des critères de décision doivent être fournis à la mémoire contextuelle. Albus pense alors que la volonté est génératrice de hiérarchies de sensations. La volonté et les émotions interprètent un modèle d'univers reposant sur la croyance, dans le cas des êtres humains; c'est-à-dire en la véracité relative de connaissances non perçues et enregistrées comme telles par des sensations physiques (connaissances indirectes). Modelé par les croyances, le cerveau humain ou électronique, une fois déterminé un problème à résoudre, doit décider quelle succession de choix constituera la stratégie de résolution. Cette heuristique a imprégné la naissance de l'intelligence artificielle comme discipline autonome. Mais le raisonnement arborescent binaire qui détermine toutes les formes d'utilisation des ordinateurs ne peut être utile dans la construction d'un robot. Albus considère l'apprentissage des machines comme l'unique voie pour construire des robots: «Nous éduquons nos enfants pendant des années. Il faudra au moins autant d'efforts pour éduquer nos machines[18]»...

En conséquence, les éléments culturels propres à l'humanité pourront être incorporés sur plusieurs siècles aux machines qui apprendront de manière autonome à décider de leurs actions. La civilisation industrielle a été l'instigatrice tout à fois de la religion du travail et des machines censées l'éliminer. L'économie robotisée devrait permettre, selon Albus, une sorte de démocratie athénienne sans esclaves humains.

4) SUPPRIMER LE TRAVAIL HUMAIN OBLIGATOIRE

Albus est favorable au développement d'un capitalisme populaire où chacun recevrait à sa majorité un revenu annuel garanti lui accordant ainsi une autonomie réelle. Ce revenu serait la distribution sous forme de dividendes d'un organisme semi-privé, le National Mutual Fund chargé de développer l'industrie du robot. Il en découle selon lui une radicale diminution de la semaine de travail (20 h.), une augmentation des vacances et de fait une disparition de la civilisation fondée sur l'éthique du travail.

> L'éthique du travail est un comportement culturellement dérivé d'une règle créée par des nécessités de succès économique dans un système économique prérobotisé. Ce n'est pas une

17. *Ibid*, p. 166.
18. *Ibid*, p. 226.

composante indispensable de la société humaine, pas plus qu'un facteur décisif de santé physique ou mentale ou encore de stabilité morale. Une large portion de la société humaine (nommément les riches) ont survécu et prospéré à travers l'histoire avec très peu de recours à l'éthique du travail comme nous le savons pour la plupart d'entre nous[19].

## LA ROBOTIQUE ET LE TRAVAIL HUMAIN

La religion du travail, dont on ne rappellera jamais assez l'étymologie qui la ramène à la torture moyenâgeuse (*trepaliare*), est profondément ancrée dans la culture industrielle (ou culture du travail systématique). Puisant ses traditions dans le dogme judéo-chrétien, l'idéologie du travail est à la fois une voie de relégation et de sanctification. Le puritanisme a conduit le monde anglo-saxon à se détourner des chemins du plaisir gratuit pour envisager de racheter une existence par nature mauvaise et misérable au moyen d'une activité ordonnée et sans répit. Géniteur du capitalisme manufacturier, il a immédiatement considéré les machines comme instruments coercitifs pour obliger des êtres humains à travailler, et plus particulièrement dans un premier temps, les femmes et les enfants. La vision productiviste de la machine a réussi au XIXe siècle à reléguer au musée la mécanique conçue pour le plaisir des yeux et des oreilles (automates de DROZ, VAUCANSON, VON KNAUSS, MAILLARDET...).

Objet de spectacle et de divertissement, la mécanique s'est transmuté en outil d'asservissement. Tout cela ne s'est pas fait sans quelque opposition. En Angleterre au début du XIXe siècle les luddites (du nom de l'artisan Ludd) ont parcouru les villes pour détruire ce genre de machines. En même temps les automates, en devenant des objets industriels de consommation destinés aux enfants, perdaient leurs qualités artistiques. Tous les efforts de précision mécanique se concentraient uniquement sur les horloges et les montres afin de rythmer à la seconde le pas cadencé des travailleurs et de temps à autre, concernaient l'équipement meurtrier nécessaire à la guerre désormais modernisée. L'automate à la fine pointe des recherches intellectuelles de l'Antiquité jusqu'au XVIIIe siècle est peu à peu rejeté au niveau de phénomène de foire et de charlatanerie. Transposé dans la légende romantique par Marie Shelley, elle-même influencée par la vision des automates scribes et musiciens, la recherche de l'automate parfait par le Docteur Frankenstein, aboutit à la fameuse créature qui a fini par prendre le nom de son inventeur. Premier androïde mystique de la science, il devient l'apanage des artistes et écrivains marginaux du positivisme. Création humaine, l'automate ou l'androïde, devient perplexe quant à sa propre finalité et renvoie à l'humanité ses propres angoisses.

Goethe dans *Faust* imagine une scène où Méphistophélès se trouve aux côtés de Wagner en train de fabriquer un Homoncule (androïde alchimique). Celui-ci, aussitôt né, se désigne une seule finalité: le travail. Il en sera de même par la suite avec les robots du tchèque Carel Çapek dans la pièce *R.U.R.*. Destinés au travail, ces robots produits en usine par leurs confrères, finissent par devenir humains en se révoltant contre leurs maîtres. Fritz Lang, quant à lui, inaugure le mythe cinématographique du robot dans *Métropolis*, film spectaculaire où Rotwang, savant fou à la main métallique, construit pour les fins de domination politique du maître de la cité, le double d'une femme réelle, Maria, influente parmi les travailleurs. Avec lui la machine à images pourra répandre de multiples versions du mythe et de l'image de la machine.

Le genre littéraire de la science-fiction en fera un de ses thèmes favoris dans la bande dessinée, le roman et la télévision. Le truquage cinématographique commence par et pour le robot. La projection de soi dans le robot est un phénomène classique de l'inventeur. Pour l'homme elle se matérialise dans des femmes artificielles (Pygmalion, Villiers de l'Isle-Adam et les autres). Douées de qualités exceptionnelles, elles finissent par se révolter et s'échapper. Projection collective dans le cas des robots produits de manière industrielle, ils sont asexués car leur destination finale est le travail. Mais dans ce cas également les esclaves fabriqués organisent des soulèvements et finissent par détruire leurs maîtres et créateurs. Mais tout comme les esclaves de Rome et les prolétaires de Jack London, ils n'ont rien à proposer que de reprendre à sa source le drame humain. Du passé faisons table rase... Le travail apparaît alors comme la sinistre condition de l'être conscient dont il tente de s'extraire, mais pour tomber dans des maux plus menaçants encore.

La mode récente de la robotique ne fait que rejouer cet acte du refus du travail aliénant et de l'exorcisme de cette malédiction par la machine.

19. *Ibid*, p. 338.

Depuis la fin des années soixante le travail à la chaîne, qui touche seulement une faible portion de la population active a symbolisé ce refus et engendré cette expression, quasi pléonasme, de travail enchaîné. Les grèves, le sabotage, l'absentéisme ont marqué la vie des grandes usines (surtout dans l'automobile). Après avoir vainement tenté d'enrichir... le travail, les grandes sociétés du monde industriel ont décidé d'introduire les robots à des postes qu'aucune richesse ne pouvait rendre attirants:

> ...les anciens, opérateurs forgerons d'expérience sont au bord de la retraite et il est difficile à l'heure actuelle d'attirer des hommes jeunes pour effectuer des opérations aussi dangereuses[20].

## DES ROBOTS AU SERVICE DES AUTRES MACHINES

Les robots industriels contemporains sont des manipulateurs mécaniques articulés dont la destination n'est pas de remplacer les êtres humains qualifiés dans une certaine tâche mais de se substituer à eux comme serviteur des machines déjà existantes. Prenons l'exemple simple de la machine-outil. Les plus nombreuses sont à commande manuelle. Dans les sociétés industrielles 5% disposent d'une commande numérique et ce chiffre peut tomber à moins de 1% quand cette commande est un ordinateur programmable. Ceci implique que les robots ne peuvent être utilisés que sur des MOCN, soit 5% du parc de machines-outils. Il en est de même pour la soudure où les robots ne peuvent remplacer les êtres humains que dans l'actionnement de pinces automatiques. Ainsi, même si les constructeurs de robots inondaient leur marché potentiel, il serait impossible d'en utiliser plus que les MOCN déjà en service. De plus, il est admis qu'un robot peut servir trois machines en même temps. Par conséquent l'entrée des robots dans les manufactures sera lent et ne pourra se faire que dans des ateliers déjà en partie informatisés. Enfin, à plus long terme, il n'est pas du tout évident que le processus manufacturier métallique continuera à s'appuyer sur l'usinage et la saisie matérielle des pièces. Il est fort possible de voir apparaître une métallurgie ou un traitement de la matière dérivant de la technologie des poudres, des moules magnétiques et du laser. Une telle industrie se prêterait plus facilement à la commande numérique. Dans ce cas il n'y aurait plus véritablement d'objet à saisir pour fournir une pièce brute à une machine qui enlèverait le superflu par usinage. Le domaine de l'assemblage sera alors le plus important pour les robots. C'est d'ailleurs dans cette voie que s'effectue la recherche avancée.

Le mythe du robot, machine à tout faire, s'il n'a aucune chance de se matérialiser dans un proche avenir, aura cependant encouragé la recherche scientifique et permis de supprimer quelques tâches industrielles source d'accidents irréparables ou de décès. Son utilité sociale serait donc évidente quel qu'en soient les justificatifs ou la motivation.

---

20. Robert Y. Ayers et Steven M. Miller, *Robotics Application and Social Implications*, Cambridge, Balling Publishing Company, 1983, 338 p., p. 44.