

Zeitschrift:	Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes Economiques et Sociales
Herausgeber:	Société d'Etudes Economiques et Sociales
Band:	39 (1981)
Heft:	3: HEC : Symposium 1981 : L'évolution probable du progrès technique et de ses conséquences économiques et sociales
Artikel:	Le robot industriel, un défi pour la Suisse
Autor:	Burckhardt, Christof W.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-138687

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Le robot industriel, un défi pour la Suisse

Christof W. Burckhardt,
professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, Lausanne

INTRODUCTION

La situation mondiale actuelle exige une intensification des efforts en Suisse afin de rationaliser la fabrication des produits en microtechnique. La durée de vie limitée des modèles et les séries souvent moyennes imposent une automatisation flexible. Le robot industriel répond intrinsèquement aux exigences formulées.

Le présent article définit d'abord la microtechnique et démontre la nécessité de l'introduction en Suisse d'une automation flexible. Le robot industriel est décrit, sur le plan technique, avec son historique et son importance sur le plan mondial. La maison MICROBO, premier fabricant suisse de robots, est présentée avec les deux robots de sa fabrication. La conclusion met l'accent sur l'importance des applications et du développement dans le domaine de la robotique en Suisse et émet quelques idées sur son avenir.

L'AUTOMATION EN MICROTECHNIQUE

La microtechnique est enseignée à l'Ecole polytechnique de Lausanne depuis 1969. Voici une définition de ce domaine, peut-être non exhaustive, mais qui peut servir d'hypothèse de travail :

La microtechnique :

- concerne des produits industriels ; elle n'est pas une branche académique ;
- traite de produits qui comportent de la mécanique et surtout de la mécanique de petite dimension (plus petite que l'homme) ;
- s'applique à la fabrication en séries ($\sim 10\ 000$ pièces ou plus) d'où l'intérêt pour ses méthodes ;
- étudie essentiellement des instruments qui traitent de l'information.

Parmi les ingénieurs, les uns travaillent essentiellement avec l'énergie ; ils écrivent des schémas-blocs montrant l'énergie qui entre et celle qui sort. D'autres s'occupent de machines qui traitent la matière : des fibres textiles, des barres de laiton entrent dans leurs schémas, des tissus, respectivement des pièces usinées en ressortent. Nous-mêmes, en microtechnique, nous occupons de l'information à l'entrée, puis à la sortie. En voici quelques exemples : les machines de bureau, les périphériques d'ordinateurs, les appareils de télécommunication, les instruments de mesure, les horloges et les montres.

Durant ces prochaines décennies, les produits de la microtechnique joueront un très grand rôle dans l'évolution de l'humanité¹. De grands philosophes ont déjà constaté que l'ère

de l'individu était dépassée et qu'un développement se poursuit dans le sens d'un organisme englobant toute la planète. Le passage de l'état unicellulaire à l'état multicellulaire en biologie (plantes, animaux) peut servir de métaphore. Cette évolution a pris beaucoup de temps, car elle imposait une transformation essentielle des systèmes de transmission d'information (hormonaux, neuraux, génétiques). Nous vivons actuellement dans une période où l'humanité essaie d'englober toute la planète et où elle recherche, par conséquent, ce passage de l'information. De type politique, économique, technologique, scientifique, elle se concrétise par nos banques de données, nos microprocesseurs, nos satellites, nos téléphones, nos telex, la TV, etc., donc par la microtechnique.

Aujourd'hui, on parle beaucoup du microprocesseur. Sans microtechnique, il ne peut servir, faute de moyens de communication avec le monde qui l'entoure. Il lui faut des touches, des affichages, des activateurs, etc.

Revenons à la Suisse pour constater que 25% environ de nos exportations relèvent du domaine de la microtechnique². Pourquoi une telle proportion ? Parce que l'on utilise dans ce domaine peu de matière première, peu d'énergie, aussi bien dans la phase de fabrication que dans celle de l'utilisation du produit ; parce que transport et exportation sont faciles, peu coûteux. La branche pharmaceutique, autre cheval de bataille, possède des avantages identiques. A l'origine, la microtechnique avait été introduite en Suisse, car la main-d'œuvre était bon marché. Les horlogers travaillaient à la maison pendant les longs hivers du Jura en fabriquant essentiellement des montres, mais aussi d'autres produits tels que les boîtes à musique, par exemple. La Suisse a été un pionnier dans le domaine des machines de bureau, des montres, des horloges et de la télécommunication. La création de maisons bien connues sur le plan mondial, telles que Hasler, Landis & Gyr, Hermès Precisa et toutes nos usines de l'horlogerie, remonte à cette période.

Les avantages évoqués ont, hélas, attiré également l'attention des Japonais qui, après la guerre, ont investi énormément dans ce domaine. Aujourd'hui, le Japon est notre plus grand concurrent et à l'origine partiellement des questions suivantes : faut-il abandonner la microtechnique ? On constate que la main-d'œuvre bon marché n'existe plus chez nous. Faut-il chercher des remèdes ? La solution la plus évidente consiste à rechercher le maintien de la position et des marchés que nous possédons dans ce domaine, ceci par une augmentation de la productivité. Comme il s'agit de séries, le moyen le plus évident est l'automation telle que l'a tentée l'horlogerie, par exemple, il y a une dizaine d'années sous sa forme dite rigide. Cependant, cette dernière est vouée à un succès limité. Non flexible, elle ne s'adapte pas aux diverses demandes du marché et les transformations nécessitées par un nouveau produit conduisent à des délais trop longs³. Or, l'horlogerie est un exemple typique d'un domaine dominé par des modes qui imposent des changements fréquents de fabrication.

Aujourd'hui, nous disposons des techniques dites de l'intelligence artificielle (ordinateurs, microprocesseurs) qui permettent une grande flexibilité, des adaptations rapides à de nouvelles situations. Afin de concrétiser dans le monde physique leurs «pensées», il faut leur subordonner des bras : les robots industriels.

LE ROBOT INDUSTRIEL

La figure 1 montre le coût d'une pièce en fonction de la quantité produite.

La fabrication manuelle est représentée par une droite horizontale. La fabrication automatique rigide à grand investissement initial et à un prix diminuant pour chaque unité produite est représentée par une droite qui tombe (courbe des coûts). Nous pouvons nous demander où se situe l'automation flexible. Des études faites aux Etats-Unis⁴ sur des cas concrets donnent toujours à peu près le même résultat. L'utilisation optimale de robots pour le montage se situe en général au niveau de séries de l'ordre de 100 000 unités, position intermédiaire entre le manuel et l'automatique rigide. Ce fait est illustré d'une façon typique par un fabricant d'automobiles qui utilise une chaîne d'assemblage de carrosseries complètement automatique et rigide pour les types standard de voitures ; il utilise une chaîne robotisée dans les chaînes où les modèles de carrosserie sont plutôt différents, tels que les modèles de sport, les coupés, les modèles de luxe.

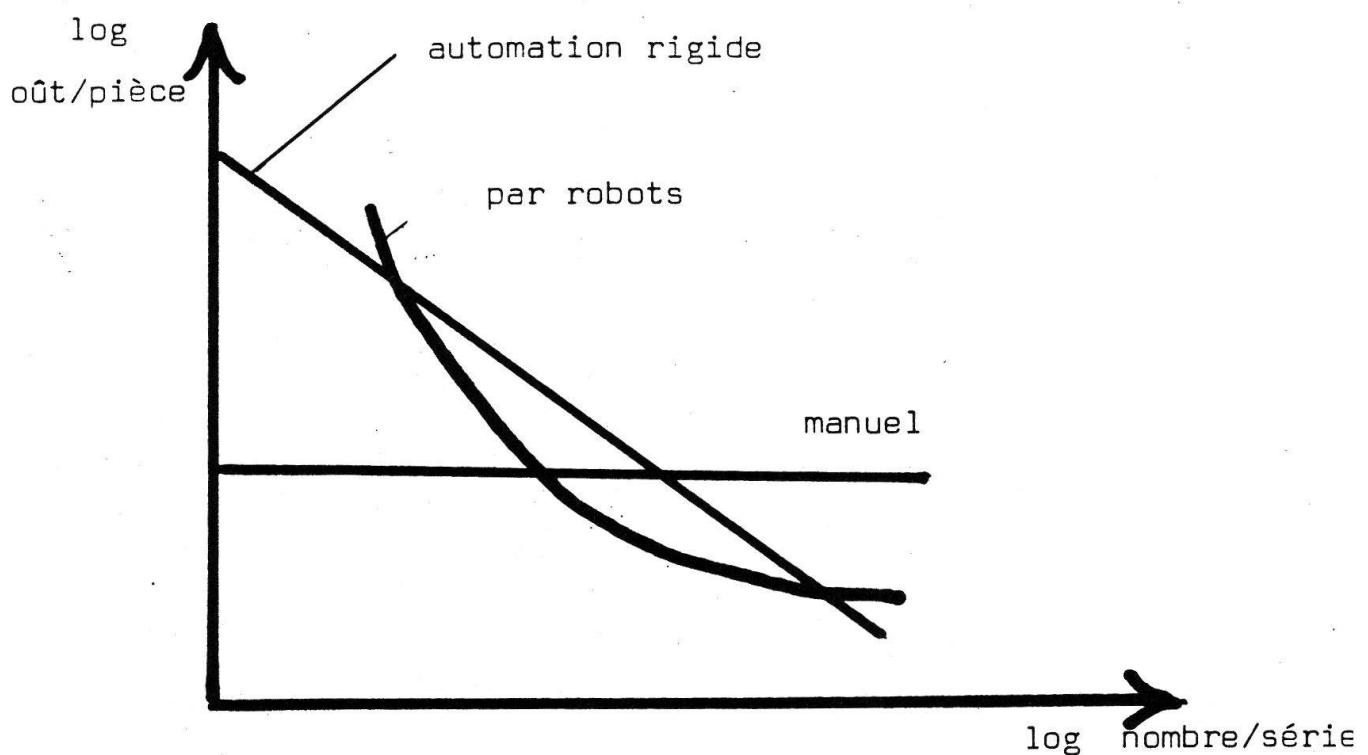


Fig. 1 : Coût par pièce en fonction du nombre monté par série.

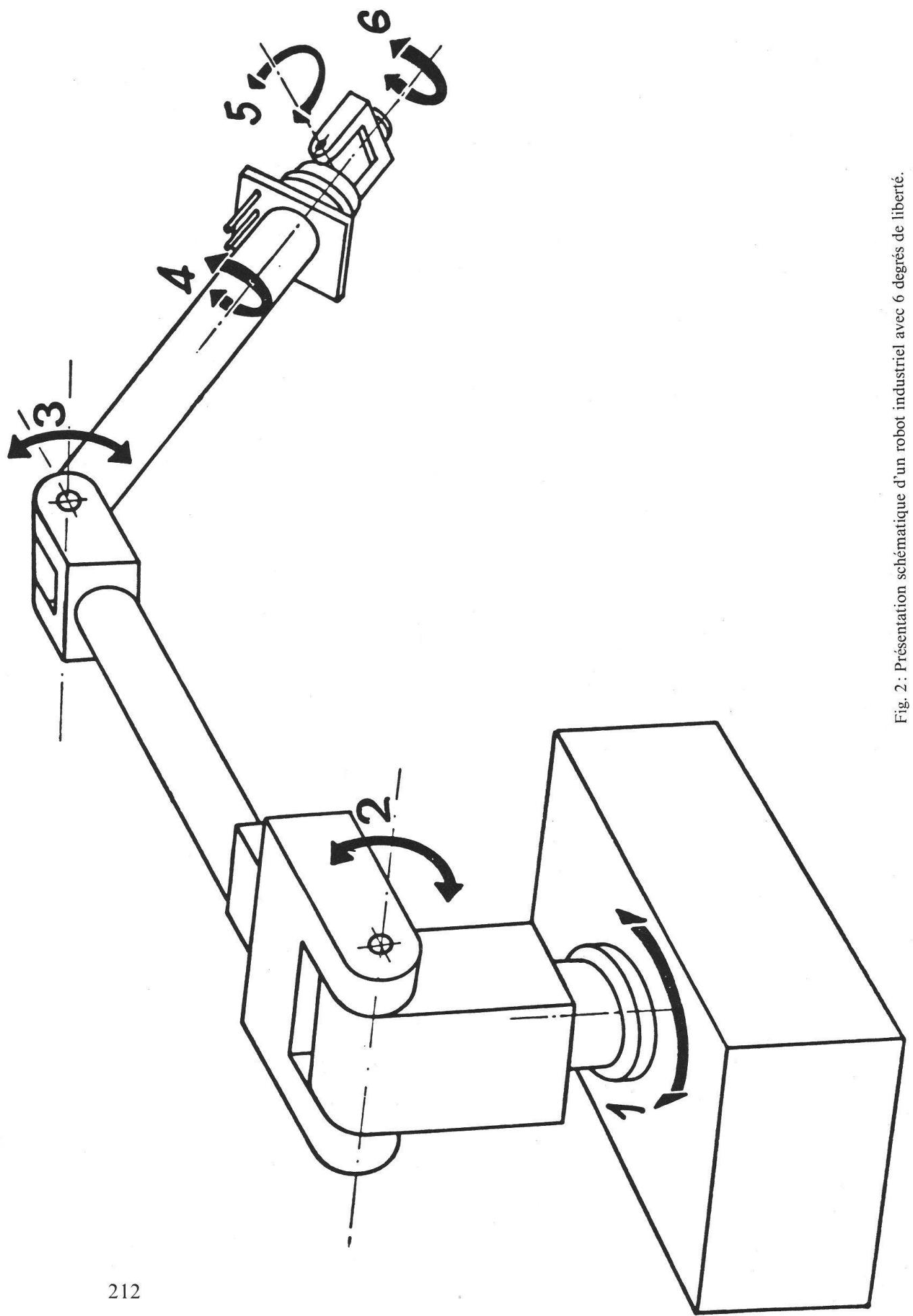


Fig. 2: Présentation schématique d'un robot industriel avec 6 degrés de liberté.

Un robot industriel est un manipulateur universel, c'est-à-dire à applications multiples et programmable, commandé par ordinateur, micro-processeur ou système multiprocesseur. Il est employé dans la production industrielle. L'adaptation à une production différente s'effectue par simple changement de programme de commande sans intervention nécessaire sur le plan mécanique.

La fonction fondamentale d'un robot est de déplacer un objet. La position de ce dernier est définie selon les cours de mécanique par six degrés de liberté, c'est-à-dire qu'un robot qui doit déplacer un objet d'une position dans l'espace dans n'importe quelle autre position a besoin de six articulations: la figure 2 représente schématiquement un tel bras de robot. D'autres tâches consistent à manipuler un outil, à percer, à polir.

Le premier robot a été lancé sur le marché en 1962 aux Etats-Unis par la maison Unimate. Aujourd'hui, on estime le contingent en service sur le plan mondial à 40 000 unités. Il est difficile d'avoir des chiffres exacts, les définitions des robots industriels variant d'un pays à l'autre. On peut estimer que 50% environ sont fabriqués par la maison Unimate et Unimate Kawasaki et que 50% travaillent au Japon. Bien que promoteurs et technologiquement avancés, les Etats-Unis ne représentent de loin pas le pays le plus robotisé. Si l'on tient compte du nombre d'habitants, le Japon et la Suède viennent en tête avec plus d'un robot pour 10 000 habitants, chiffre énorme. En Suisse, nous comptons environ 40 robots installés, ce qui nous conduit à un état de pays sous-développé sur ce plan. Quelle est la raison de ce sous-développement face au Japon et à la Suède? Il y a dix ans, le Gouvernement japonais a investi dans la recherche et le développement de la robotique par le soutien aux industries utilisant cette technologie, par la formation d'ingénieurs spécialistes, par la création d'universités spécialisées dans le domaine de la production automatique. La Suède, elle, a toujours eu une législation très sévère dans le domaine de la sécurité du travail. Des postes occupés chez nous par des hommes ne peuvent plus l'être là-bas. Les industries ont été obligées d'utiliser des robots et d'autres machines. Nous remarquons également que les pays qui n'ont pas eu la possibilité de faire venir des ouvriers étrangers, tels que justement le Japon, les Etats-Unis et la Suède, sont les plus avancés dans le domaine de la robotique.

A l'Ecole polytechnique, nous travaillons dans ce domaine depuis 1973. Le premier problème qui nous a préoccupés était la construction d'un bras mécanique rigide et rapide, conditions contradictoires en quelque sorte. Nos études nous ont permis de découvrir une procédure permettant à un robot de bouger rapidement et de s'arrêter avec précision. Dans ce contexte, nous avons dû développer certains servo-moteurs, non présents sur le marché, les robots les plus rapides étant hydrauliques et de taille limitée.

Le deuxième sujet concerne le développement d'organes sensibles du robot. A l'Ecole polytechnique, un autre groupe a travaillé sur des robots munis d'un sens visuel, alors que nous étudions le sens tactile. Le bras a été muni de capteurs de force qui lui permettent de sentir l'objet qu'il touche; une application réside dans l'assemblage de pièces.

Le troisième sujet se préoccupe de la commande du robot: un système à multiprocesseurs a été mis au point et nous travaillons actuellement au développement de langages évolués, permettant un dialogue aisé entre l'homme et la machine.

LA MAISON MICROBO

En 1975, notre institut s'attelle avec enthousiasme à un projet industriel financé par Ebauches S.A. Un an plus tard, cette société déclare interrompre son soutien, mais se dit intéressée à l'engagement des ingénieurs concernés, afin de poursuivre l'étude entamée. Trois de nos ingénieurs partent chez Ebauches S.A. et travaillent aujourd'hui chez MICROBO, maison appartenant aux deux grands concurrents, ASUAG et SSIH. Ils ont créé deux robots en 1980 :

- le *Castor*, robot hydraulique, très rapide, ayant trois à six degrés de liberté; ses dimensions sont celles de l'avant-bras humain;
- la *Souris*, robot plus petit à moteurs électriques et cinq degrés de liberté.

MICROBO équipe actuellement en robots des entreprises d'ASUAG. MICROBO a lancé la première série de fabrication. La vente sur le plan mondial commencera à partir de 1982. A ce moment-là, il s'agira vraiment d'un exemple de diversification de l'industrie horlogère.

CONCLUSIONS

Pour finir, parlons de la situation générale du robot et de ses perspectives d'avenir. Que le robot remplace des ouvriers pour des tâches dangereuses, monotones et parfois difficiles est une affaire évidente. Mentionnons, par exemple, une application pour petit robot. Pour coller des mouvements de montre dans un boîtier, il faut appliquer trois gouttes de colle. Une ouvrière se fatiguerait rapidement, parce qu'elle devrait travailler au microscope; le dosage de la colle est difficile et de surcroît les meilleures colles existantes dégagent des vapeurs toxiques. Dans cet exemple, l'ouvrière est remplacée par un robot. Celui-ci n'a pas besoin de microscope, travaille sans fatigue et est utilisé à bon escient; de plus les vapeurs toxiques ne le gênent pas.

Actuellement, on parle du problème du travail en équipe, travail de nuit. Une tendance, telle que celle qui est appliquée chez Olivetti, à Ivrea, consiste à exploiter les robots de nuit. Le soir, avant de partir, les ouvriers mettent ceux-ci en route. Ils fonctionnent jusqu'à la première interruption qui peut survenir après quelques minutes déjà, parce qu'une pièce s'est mise en travers et que le capteur a donné le signal d'arrêt, ou plusieurs heures.

Des études ont été faites quant à l'aspect social des robots et nous constatons que dans l'industrie automobile principalement, les ouvriers ont protesté contre leur utilisation et les ont sabotés. Si on les considère dans le cadre de l'automation, on constate qu'ils ne représentent qu'un petit maillon et que le microprocesseur au fond de l'ordinateur est beaucoup plus important. Cependant, c'est le robot qui provoque la colère des ouvriers, parce qu'il est visible. Nous ne voyons pas l'ordinateur, mais son bras dans le monde physique, semblable à un animal. Dans les pays nordiques (Suède, Danemark), on a constaté qu'une bonne information des ouvriers et la présentation du robot comme un camarade ont facilité énormément son introduction⁵.

Ces pays ont d'ailleurs publié une courbe très intéressante, mais un peu schématique, représentant l'indice de la satisfaction de l'ouvrier dans son travail en fonction du degré d'automation.

Sans automation, cas de la production artisanale, la satisfaction est relativement grande. A une automation croissante correspond un abaissement de celle-ci dans un premier temps, puis une amélioration dans un deuxième temps. Ceci correspond à l'utilisation du robot. Il semble que ce phénomène soit lié à la responsabilité résultant de la commande du robot. Si celui-ci est bien introduit, il ne provoque donc pas les chocs qui ont été constatés dans certains pays.

Quel est l'avenir pour la Suisse ? Si les industriels japonais se refusent à vendre le robot et se concentrent sur le produit fini, si les concurrents européens tels que Fiat, Renault, Mercedes et d'autres producteurs automobiles utilisent aujourd'hui cette automatique flexible, il devient nécessaire de produire et d'introduire cette nouvelle technologie, de pousser l'utilisateur potentiel dans cette voie.

Le problème actuel et majeur réside dans le coût du robot : fr. 200 000.— environ, ce qui équivaut au capital représenté par un ouvrier. Autre facteur d'évaluation : le correspondant humain ; suivant la fonction à effectuer, la machine supplante de $\frac{1}{2}$ à 3 travailleurs.

Globalement cependant, on peut estimer l'exploitation rentable par une réduction du coût à fr. 100 000.— environ.

La production, dans de petites dimensions, de petits robots, de servovalves, de moteurs, représenterait pour la Suisse un domaine idéal. Nous possédons la matière grise, encore de bons mécaniciens et une tradition de précision qui nous aideraient beaucoup dans ce domaine.

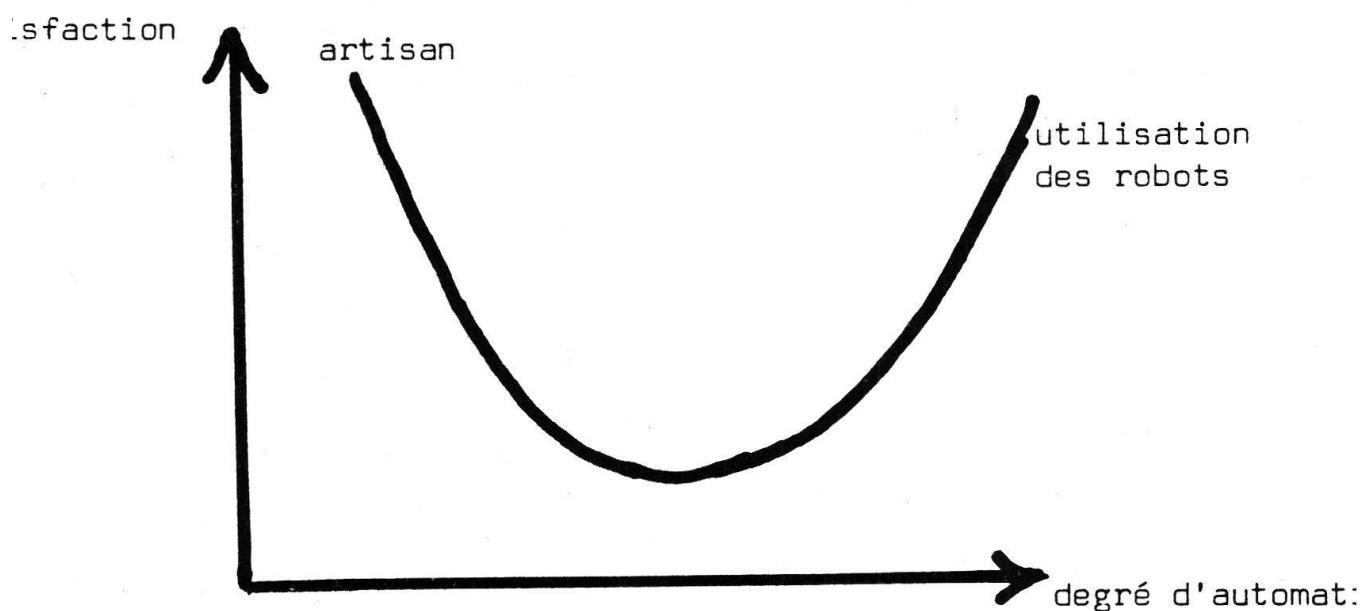


Fig. 3 : Satisfaction de l'ouvrier en fonction du degré d'automation.

Quelle évolution pour le robot ? Aujourd’hui, les problèmes du bras mécanique ne sont pas définitivement résolus. Par l’utilisation de matières ultra-légères, de moteurs très puissants, etc., des progrès sensibles sont envisageables. Dans les années à venir, l’intelligence artificielle prendra une importance accrue. Dans dix ans, nous aurons le robot qui verra, aura un sens tactile et une interaction avec son entourage, l’autorisant à corriger ses mouvements, à communiquer avec l’homme.

¹ C.W. Burckhardt: «Recherche en microtechnique et industrie». *Forschung und Technik in der Schweiz*, Haupt-Verlag, Berne, 1978, p. 157–162.

² «*Objectif Microtechnique, 1977*», rapport publié par l’ASMT, Kirchenweg 4, 8032 Zurich.

³ Kudelski: «Evolution de la technologie et méthodes de régulation de l’économie», *Revue économique et sociale*, Lausanne, juillet 1981.

⁴ P.M. Lynch: «*Economic-technological Modeling and Design Criteria for Programmable Assembly Machines*», PHD-Thesis 1976, MIT Cambridge, Mass., USA.

⁵ G. Graversen: «*Job characteristics and job design in advanced production technology*», UNO-Seminar on industrial robots and programmable logical controllers, Copenhague, 1977.