

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 114 (1988)
Heft: 9

Artikel: Robots industriels en microtechnique: de quoi sont-ils capables?
Autor: Jacot, Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76801>

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: 14.01.2026

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

Robots industriels en microtechnique : de quoi sont-ils capables ?

Je ne ferai pas l'injure aux lecteurs d'*Ingénieurs et architectes suisses* de prétendre leur apprendre ce qu'est un robot industriel; mon propos sera plutôt de montrer la place que les robots industriels occupent ou occuperont dans les ateliers de production. Si ces machines intéressent en général les ingénieurs, leur haute technicité ne doit pas nous faire oublier que l'ingénieur est aussi concerné par les changements structurels et sociaux qu'elles impliquent.

Les robots ont-ils trouvé leurs domaines d'application ?

Les robots industriels existent depuis le tout début des années soixante, donc depuis bientôt trente ans. A cet âge, en principe, on est majeur depuis une dizaine d'années. Pourtant, il semble que les robots en soient toujours à leurs débuts, bien que leur

PAR JACQUES JACOT,
NEUCHÂTEL

champ d'application s'enrichisse chaque jour. Le terme général de « robot », utilisé pour toute machine programmable, est probablement générateur de confusions et ne permet pas facilement de situer l'état des différentes techniques liées à l'automatisation. On nomme en effet « robots » tous les manipulateurs programmables à plusieurs degrés de liberté, quelles que soient leur taille, leur configuration et leurs applications. En principe, un robot est conçu avant de connaître avec précision la tâche qu'il devra accomplir. C'est ce qui est censé lui donner son caractère d'universalité. Le paradoxe est que, aujourd'hui, les robots fabriqués en séries importantes sont utilisés dans des applications dont le succès économique est acquis d'avance et qu'ils sont par conséquent optimisés pour accomplir cette tâche au moindre coût. Les applications typiques de cette catégorie sont par exemple :

- soudage de carrosseries de voiture par des robots dont la pince à souder par points est intégrée au poignet;
- peinture au pistolet par des robots dont la structure mécanique, la commande et le logiciel sont spécifiques à l'opération de dépôse d'un film liquide sur un objet quelconque.

Les applications citées ci-dessus sont aujourd'hui bien éprouvées et les robots détiennent dans l'automobile le quasi-monopole de ces travaux pour lesquels ils ont prouvé leur supériorité. Dans d'autres cas, ils cohabitent avec d'autres moyens d'automatisation ou avec du travail manuel, par exemple pour les opérations telles que charge et

décharge de machines-outils ou conditionnement de produits palettisés. Les applications dites « classiques » se caractérisent par le fait que le robot utilisé a perdu son caractère d'universalité puisque, pour des raisons économiques évidentes, on ne l'a équipé que des éléments dont il a besoin pour remplir la fonction définie. Il est significatif de constater que la vision associée au robot pour lui permettre de « chercher » des composants équipe essentiellement des installations pilotes en laboratoire. Dès que l'implantation est industrielle, les spécialistes des applications de robots mettent au point des solutions plus économiques, n'utilisant pas la vision, ou seulement un système de vision rudimentaire spécifique à la tâche à accomplir. La situation est telle aujourd'hui qu'il est très difficile de trouver des applications de la vision autres que des opérations de contrôle de qualité.

Le futur des robots : l'assemblage

Ces vingt dernières années, des progrès considérables ont été réalisés dans la productivité des produits manufacturés, en rationalisant essentiellement l'usinage et en utilisant de nouveaux matériaux.

Pour fabriquer un carter de machine à coudre, il faut aujourd'hui à peu près le même nombre d'usinages que dans le passé, mais un grand nombre d'opérations successives, telles que fraisage, perçage, taraudage, alésage, fonçage, ébavurage, sont faites sur un même centre d'usinage sans déplacement manuel de la pièce, en un seul cycle de travail. Les matériaux sont choisis pour faciliter l'usinage et les outils de coupe permettent des débits de copeaux beaucoup plus importants que par le passé.

La conséquence de cette rationalisation, en général mal perçue par le grand public, c'est que le coût de la main-d'œuvre dans cette phase de la fabrication a beaucoup baissé et que, par conséquent, la part du coût de l'assemblage du produit due à l'augmentation des salaires ne cesse d'augmenter en proportion et en valeur absolue. C'est évidemment dans ce domaine de l'assemblage que les efforts vont être



Les articles accompagnés du « logo » ci-dessus ont été suscités et rédigés dans le cadre du Groupe romand des ingénieurs de l'industrie.

Leur parution dans notre revue, tout au long de l'année, vise à mettre en valeur le côté interdisciplinaire des activités de nos professions.

Leurs auteurs ne s'adressent pas aux spécialistes de leur branche, mais à tous leurs collègues des autres disciplines. Ainsi est donnée de temps à autre aux ingénieurs et aux architectes l'occasion de s'informer sur les progrès et les perspectives dans les divers domaines représentés au sein de la SIA.

les plus grands ces prochaines années, puisque c'est dans ce domaine qu'il y a le plus à gagner.

La difficulté principale de l'automatisation du montage provient du fait que le « design » des produits a été fait non seulement en présupposant un assemblage manuel, mais encore sans se préoccuper trop de sa difficulté - l'évaluation de la difficulté d'un travail manuel étant particulièrement ardue puisqu'elle dépend de l'habileté de l'opérateur et de son accoutumance au travail qu'il doit faire. On se contente souvent de mesurer le gain de temps que peuvent apporter un posage ou un support facilitant l'assemblage des composants, sans forcément prendre en compte les conséquences de l'augmentation de la tension qu'occasionne inévitablement une cadence accrue.

Si l'on désire passer à une automatisation intégrale de l'assemblage, on se heurte à des difficultés considérables parce que les amenées de pièces sont en vrac et que les composants n'ont pas de références géométriques précises utilisables par un manipulateur ou un robot de montage.

En fait, la représentation du robot, dans l'esprit de la plupart des industriels, n'est pas très éloignée de celle du robot à tout faire que la TV et le cinéma ont imposé au grand public. Les opérations d'assemblage manuel devenant proportionnellement toujours plus coûteuses, les responsables de fabrication se proposent de les faire accomplir par des robots se substituant au travail manuel.

Cette approche est-elle judicieuse ? Elle est certainement possible pour quelques cas (soudure de carrosseries, peinture, pose de composants sur des circuits imprimés, etc.) mais en général, ceux qui limiteront leurs rationalisations aux strictes opérations d'as-

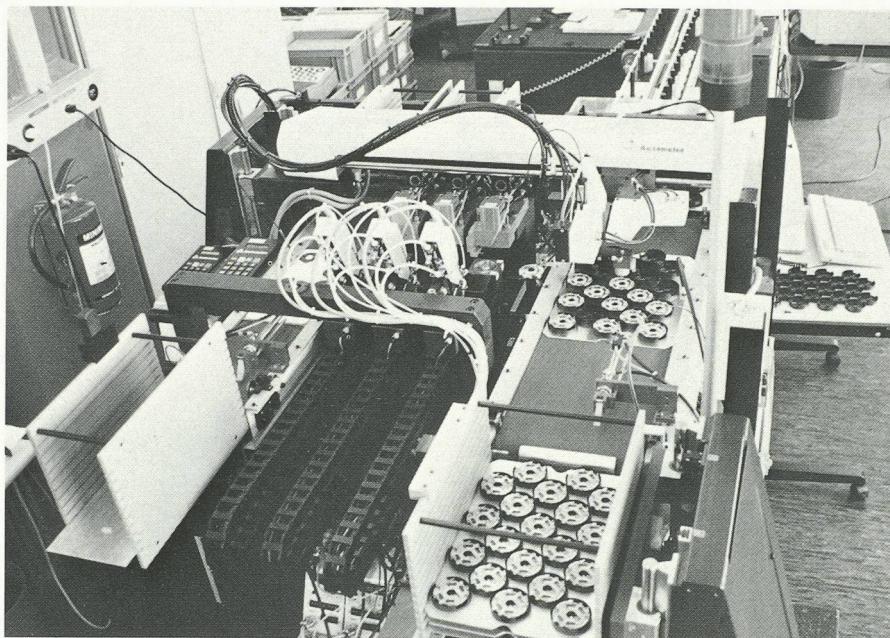


Fig. 1. – Station d'une chaîne de montage de tête de magnétoscope. Le robot assemble des circuits imprimés (12 variantes) sur des supports magnétiques (3 variantes).

(Photo Automelec SA.)

semblage seront dépassés par ceux qui feront une approche plus globale, une démarche qui prenne en compte le changement du «design» du produit, et celui de la structure de production. C'est cette démarche, de caractère systémique, qu'on appelle dans la littérature actuelle «productique». Sans vouloir déborder le cadre de cet article, disons tout de même que, à notre avis, les futurs robots de montage seront développés dans cette perspective, c'est-à-dire que l'on se préoccupera avant tout de les rendre performants dans les domaines où de grands gains sont possibles. L'utilisateur devra éviter les phases difficiles à automatiser par un changement du «design» de son produit ou par une modification de la gamme opératoire d'assemblage. Dans cette perspective, on a ces dernières années acquis beaucoup d'expérience industrielle pour identifier les domaines de l'assemblage dans lesquels les robots sont particulièrement performants :

- empilage de pièces ne nécessitant qu'une direction d'assemblage ;
 - encollage ou dépôse de pâte selon un parcours précis ;
 - assemblage de haute précision nécessitant l'appariement des pièces après mesures automatiques de cotes ; travaux de positionnement sans butée ni appui ;
 - assemblage de plusieurs composants en tube dont les distributeurs peuvent être embarqués sur le poignet du robot ;
 - travaux de réglage faits en fonction de valeurs électriques ou mécaniques mesurées ;
 - application de forces contrôlées.
- Ces domaines s'enrichissent régulièrement par le travail des intégrateurs de robots dans des installations de production et par l'évolution du «design» de composants pour en faciliter l'assemblage.

Des facteurs économiques interviennent aussi dans le même sens. En effet, si nous assistons à des concentrations d'entreprises dans le but d'améliorer leur rentabilité, les quantités produites par atelier augmentent, mais l'effet de série recherché par la concentration est limité dans l'assemblage par la multiplication des variantes, d'une part, par la réduction de la durée de production d'un même produit, d'autre part. Il n'est plus rare actuellement de démarquer la fabrication d'un produit au moment où le service de développement annonce la sortie imminente de celui qui le remplacera.

Tous ces facteurs, associés à la réduction des stocks, font naître de nouveaux besoins dans la fabrication des produits de masse, en particulier dans l'assemblage.

De plus en plus fréquemment, on est amené à construire une ligne d'assemblage capable de traiter une famille de produits. Les constituants de base sont toujours les mêmes, mais de nombreux éléments particuliers les «personnalisent». Un exemple parmi d'autres : un carburateur de voiture. Le principe en est connu depuis fort longtemps et il n'est pas remis en cause, même pour les versions les plus récentes. En revanche, ses composants - buses, gicleurs, leviers de pompe, etc. - sont très variables et spécifiques à l'exécution commandée par chaque marque de voiture. Les fabricants de voitures ont de plus en plus de peine à prévoir leurs chiffres de vente par

modèle et leurs stocks doivent aujourd'hui être de plus en plus faibles. Certains annoncent même qu'ils mettent en fabrication un véhicule selon les spécifications du client au moment où celui-ci passe commande. C'est certainement un peu exagéré, mais pas très éloigné de la réalité. Des sous-ensembles «neutres» sont fabriqués selon un programme défini trimestriellement, puis ils sont combinés lors de l'assemblage final, ce qui permet de personnaliser le produit pratiquement sans nécessiter de stocks. C'est ce que l'on appelle aujourd'hui la production «just in time».

L'usage de robots s'impose pour réaliser des équipements flexibles d'assemblage des sous-ensembles et, dans certains cas, des produits complets. Mais les robots seuls ne suffisent pas à faire le travail ; il faut les intégrer à des lignes d'assemblage d'un produit dont la conception est pensée pour faciliter son montage automatique.

Les robots remplaceront-ils la main-d'œuvre ?

Notre expérience personnelle se limite à la microtechnique, c'est-à-dire à des produits ou à des sous-ensembles de produits dont la taille est telle qu'on peut les tenir dans la main. Si le nombre total des robots installés dans le monde représente un peu moins de 160 000 (ils sont environ 350 en Suisse), moins de 3000 robots sont occupés dans l'ensemble de l'industrie microtechnique mondiale. La révolution technique provoquée par l'apparition du quartz dans l'horlogerie a supprimé davantage d'emplois dans le seul canton de Neuchâtel !

En microtechnique, les personnes chargées des tâches d'assemblage sont en général assises et travaillent des deux mains. Les yeux sont utilisés pour localiser globalement les objets, le toucher permet de les orienter puis de les assembler. En automatisation, il faut soit localiser les composants à assembler par de la vision artificielle, ce qui permet aussi de connaître leur orientation globale, soit orienter mécaniquement les composants par un distributeur à bol vibrant équipé de chicanes. Il faut remarquer que la vision, si elle permet de «voir» deux ressorts imbriqués l'un dans l'autre, ne nous fournit aucune solution pour les séparer.

La pince du robot est aujourd'hui encore très éloignée de la main humaine capable de saisir un levier coudé d'actionnement du galet presseur d'un enregistreur vidéo placé en vrac dans une boîte qui en contient 500. Le toucher, après une période d'apprentissage, permet à l'homme (plus souvent à la femme) de faire

pivoter le levier entre les doigts pendant le déplacement de la main entre le bac où la pièce a été saisie en vrac et le posage de travail.

Les performances d'une opératrice sont obtenues grâce à la coordination entre le repérage global des yeux, la perception tactile et la faculté d'orientation des doigts. La combinaison des mouvements des doigts permet une rotation spatiale d'un objet manipulé selon trois degrés de liberté. Cette performance nécessitant un travail coordonné du cerveau et des doigts, elle est aujourd'hui encore totalement inaccessible aux robots.

Les recherches entreprises dans les hautes écoles constituent une des approches nécessaires à la progression dans cette direction, c'est la voie vers plus de technicité - une autre voie étant de contourner cette difficulté. On trouve aujourd'hui des robots à la fois rapides et précis. Ces deux qualités conjointes dépassent largement les possibilités de nos meilleures ouvrières. Comment les exploiter? Si nous reprenons notre exemple de levier d'enregistreur, nous pourrions modifier son «design» pour que son orientation dans un bol vibrant se fasse facilement et que sa position en sortie de vibreur soit sans équivoque. Une forme adaptée et un trou de référence bien placé permettraient ensuite au robot de saisir le levier au moyen d'une pince simple et suffisamment universelle pour qu'elle puisse servir pour d'autres composants assemblés sur le même site. Le déplacement sera très rapide, l'insertion aussi et le robot pourra aussi contrôler la force d'insertion et la position finale atteinte, ce qui permet d'assurer la qualité des composants et de l'assemblage. Dans ce domaine, il ne fait aucun doute que le robot est beaucoup plus performant que la main-d'œuvre, d'autant plus qu'il est capable de changer de position d'insertion ou de type de levier à chaque pièce, d'utiliser des références de force ou de cote, de même qu'il peut tenir la statistique des montages impossibles dus à des cotes hors tolérances. Cette gestion peut se faire en temps réel et il est ainsi possible de prévenir le personnel de service d'un taux de pièces défectueuses excessif pour qu'il puisse intervenir sans retard.

L'ingénieur occupé dans l'automatisation ne peut feindre d'ignorer qu'il a une influence sur le travail dans les ateliers de production. Le progrès ne s'arrête pas, il n'est pas possible de dire :

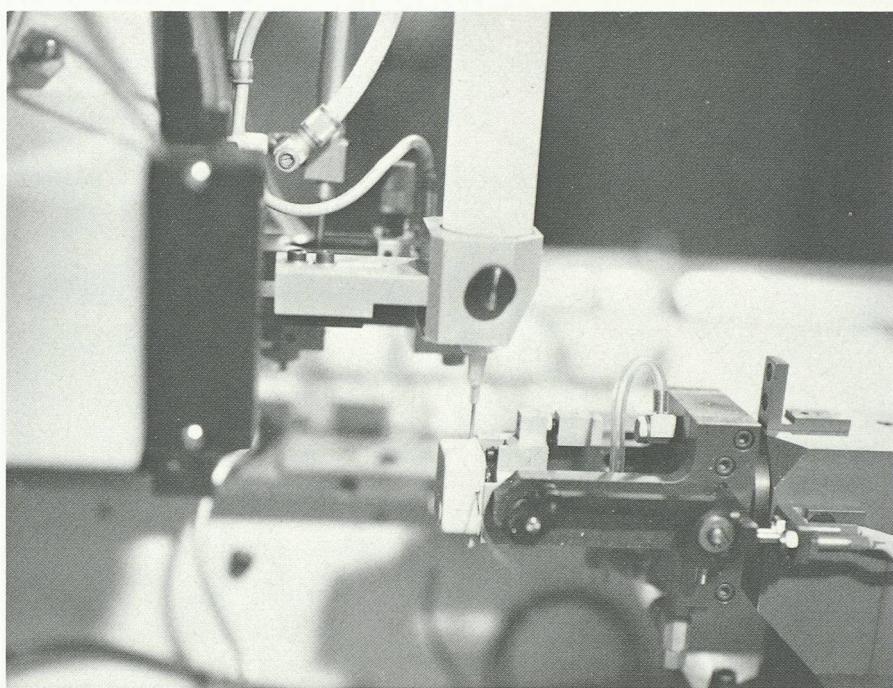


Fig. 2. - Robot déposant un joint de résine d'étanchéité sur le pourtour d'un boîtier de relais.
(Photo Automelec SA.)

continuons de produire manuellement. D'autres prendraient notre place sur les marchés, soit en automatisant aveuglément dans une course au rendement à court terme, soit, ce qui serait plus grave pour nous, en trouvant une solution nouvelle satisfaisante à la fois pour la qualité de la vie et pour leur compétitivité. Prenons garde de ne pas tomber dans le travers facile consistant à vouloir freiner le développement technique au nom de la morale.

Non, la solution passe par une analyse plus globale de la situation. Il faudrait définir ce que nous voulons produire, le temps que nous voulons consacrer à ce travail et en tirer les conséquences. Si nous fixons comme objectif indispensable à notre bonheur une amélioration effective de notre pouvoir d'achat, alors il faut augmenter la productivité des entreprises, supprimer tous les travaux répétitifs pour les faire exécuter par des robots travaillant sous la surveillance d'un personnel qualifié 24 heures sur 24, et mettre toutes nos ressources au service de ceux qui cherchent les façons d'obtenir plus de produits à un prix inférieur.

Si, au contraire, notre société tient à améliorer la qualité de la vie de chacun, alors il faudra d'abord définir ce qui caractérise la qualité de cette vie, et en conséquence accepter de corriger nos échelles de valeurs actuelles. L'in-

génieur de l'industrie a certainement un rôle à jouer dans ce contexte, puisqu'il est le moteur du développement technique. Cette influence est limitée par des facteurs externes - compétitivité par rapport à ceux qui n'adopteront pas nos critères -, mais l'expérience de la lutte contre la pollution de l'air a montré que notre société pouvait faire des choix contraires à ses intérêts économiques immédiats. Cette perspective est réjouissante, mais notre position d'ingénieur nous donne la responsabilité de transmettre nos connaissances techniques pour éclairer les choix que nos communautés doivent prendre.

Si nous assumons correctement nos responsabilités, il serait possible d'éviter les «décisions politiques» prises sous la pression de l'opinion publique en dépit de toute réflexion cohérente. Je suis conscient que mes préoccupations ne sont pas, ou pas encore, courantes dans nos milieux d'ingénieurs; mais je souhaite que vous, lecteurs, si ce débat ne vous est pas indifférent, vous preniez la plume pour y répondre.

Adresse de l'auteur:
Jacques Jacot
Directeur technique Automelec SA
Poudrières 137
2006 Neuchâtel