

Avant-propos

Par Dr Françoise ROURE* et Lionel ARCIER**

Et si les robots permettaient de créer plus de valeur, sur notre territoire, que l'automatisation des tâches répétitives les moins qualifiées n'a contribué à en détruire ?

C'est le pari que le groupe Robotique du Syndicat des entreprises de technologies de production (Symop) a fait en forgeant le néologisme de « robocalisation », comme solution alternative durable à la délocalisation des activités de production.

Alors que notre population active a augmenté de 7 millions d'individus en 40 ans, tandis que l'industrie réduisait ses effectifs salariés de 2 millions et demi (passant de 5,7 millions en 1974, année de choc pétrolier, à 3,2 millions fin 2011), il y a urgence à considérer avec lucidité et optimisme l'apport de nouveaux concepts et de nouveaux usages des robots à la production, aux échanges, à l'emploi et à la satisfaction des besoins fondamentaux de notre société.

Après avoir développé l'imaginaire des robots avec l'invention (par ailleurs parfaitement inutile) du mécanisme de son automate *Le Canard digérateur*, qui donnait l'illusion de boire, nager ou de cancaner, Jacques de Vaucanson a contribué, dans la seconde partie du XVIII^e siècle, à l'automatisation et à l'amélioration des processus de production des manufactures de soieries. La révolte des Canuts à Lyon (comme celle des Luddites, au Royaume-Uni), au milieu du XIX^e siècle, était motivée par les difficultés de vivre dignement sa condition de salarié, et certainement pas par une haine supposée atavique pour la machine.

Le rêve de la robotique, tiré par la conquête de l'espace par l'homme, au XX^e siècle, ne s'est pas brisé avec la fin des missions spatiales habitées : il est aujourd'hui relancé par des projets de robotisation de navettes appareillées de manière à pouvoir récolter des matériaux extraterrestres et les rapporter sur la Terre, tels que MoonEx (1), avec l'aide directe ou indirecte de la NASA et de sociétés, telles que Google ou Microsoft. Les robots sont des plateformes idéales d'intégration des technologies avancées, y compris en matière d'énergie embarquée, de matériaux adaptés aux conditions opérationnelles, de systèmes d'acquisition, de traitement et de transmission de données, de mécanique, de capteurs en tous genres...

Encore faut-il que la fréquentation quotidienne des robots dans les usines, les espaces publics, les transactions monétaires, dans l'enseignement et la recherche, et dans la vie quotidienne domestique, s'inscrive dans les mœurs et se banalise, ce qui requiert une vision

claire des avantages qu'ils procurent et ce, dans des conditions de sécurité et de sûreté qui les rendent dignes de confiance. Les professionnels du *design* et de l'ergonomie, ainsi que les concepteurs de normes de sécurité (2) au travail, portent une responsabilité forte dans ce domaine : celle d'ouvrir un marché des robotiques et de déployer leur pleine utilité sociale par une innovation responsable : c'est d'ailleurs la raison pour laquelle ils ont été appelés à contribuer à ce numéro de *Réalités industrielles*.

Parmi les exemples d'utilité sociale, on peut citer l'utilisation de robots dans des conditions opérationnelles comportant des risques pour l'homme, qu'il s'agisse de la sécurité dans les activités d'extraction minière, augmentée par l'usage de simulateurs (3), de l'aide apportée par les robots démineurs, de la précision des gestes chirurgicaux de robots manipulables à distance dans le domaine de l'artériographie (un projet soutenu par Oseo et par la société de capital-développement Ascendi, issue de la communauté monastique de l'abbaye de Saint-Wandrille). Autre piste, suivie aux Etats-Unis par l'Institut national américain de la santé (NIH), celle de robots permettant de récupérer des fonctionnalités motrices en agissant sur le système nerveux central, ce qui requiert une meilleure compréhension de son fonctionnement en vue d'accéder à des techniques d'ingénierie inverse du cerveau (4), sous de strictes conditions d'encadrement éthique. Cette référence met en lumière les

LES ROBOTS :
NOUVEAUX CONCEPTS,
NOUVEAUX USAGES

* Contrôleur général économique et financier, présidente de la section *Technologies et société* au Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET) - Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie.

(1) <http://www.googlelunarprize.org/teams/moon-express>

(2) Le comité technique de l'ISO 184/SC2 est dédié aux robots et aux équipements robotiques (vocabulaire, sécurité des robots industriels et des systèmes).

(3) Cf. la société Immersive Technologies, d'origine australienne, dans le domaine minier ou encore, dans le domaine aéronautique, les logiciels de simulation 3D de Dassault Systems.

(4) NIH FA Number PAR-10-279: Robotics Technology Development and Deployment », 2010.

** Contrôleur général économique et financier, membre permanent de la section « Régulation et ressources » et de la section « Sécurité et risques » au sein du Conseil général de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies.

enjeux économique, industriel, stratégique et éthique de notre participation à la normalisation européenne et internationale en la matière.

Qu'entend-on, aujourd'hui, par « robot » ?

Un robot peut être défini comme un système autonome artificiel capable d'agir et d'interagir avec son environnement pour produire (ou coproduire) un bien ou un service. La convergence de technologies avancées et leur interopérabilité croissante, issue de la dématérialisation, font du robot un terreau fertile pour l'innovation, la réduction des coûts et les nouveaux usages. Elle conduit aussi à esquisser de nouvelles formes d'organisation sociale sur les territoires, du local au global, en commençant par l'allègement des contraintes de centralisation et l'émergence de modèles économiques plus sobres et plus propres en matière de consommation énergétique, davantage centrés sur le bien-vivre ensemble, et aussi plus durables.

La robotique, comprise comme l'art de l'assemblage de composants énergétiques, matériels et logiciels capables de conférer aux robots les fonctions attendues, est une technologie-clé en ce sens que la maîtrise, depuis sa conception jusqu'à sa fin de vie, de la capacité opérationnelle d'un robot est un enjeu en termes de compétences, de savoir-faire explicites et implicites, d'aptitude à faire évoluer le système productif industriel, agro-alimentaire et de services et, enfin, en termes de capacité d'anticipation, de surveillance, de contrôle et de gestion des risques et des crises liés aux catastrophes, quelle qu'en soit l'origine, naturelle ou non.

Le robot dépasse d'ores et déjà le rayon d'action de l'homme et la dialectique de substitution homme-machine est ici dépourvue de sens. C'est le cas pour tous les environnements dits « extrêmes » et inhospitaliers, tels que les fonds marins, l'espace, les milieux fortement radioactifs, où il est irremplaçable. Encore faut-il savoir le reconnaître et investir dans la durée pour que le robot soit prêt à l'emploi lorsque cela s'avère nécessaire. L'excellence robotique japonaise n'a pu être mise à contribution lors de la déclaration d'urgence nucléaire sur l'île japonaise de Honshu, et ce sont des robots américains qui ont suppléé à leur absence. Comment expliquer ce paradoxe, si ce n'est en soulignant un défaut d'anticipation sur ses usages, à commencer par ceux hautement improbables ?

Le robot est le complément de l'homme lorsqu'il opère sous la conduite, présente ou en télé-opération de celui-ci, ou lorsqu'il n'est rendu opérationnel que par la présence d'une personne, avec laquelle il interagit. Ce complément étant indispensable lorsque les capacités du robot dépassent les capacités humaines (charge, température, précision, vitesse sur le lieu de travail)... ou lorsqu'il pallie une indisponibilité humaine sur le lieu de vie, dans le cas du robot d'assistance à la personne (handicap, mobilité réduite ponctuelle ou permanente, grand âge solitaire, maintien à domicile d'un patient).

Ses usages à venir, qui devront s'attacher au *design*, à l'ergonomie, aux ressorts de la confiance dans l'interaction (grâce à des normes de sécurité et de protection qui soient adaptées aux usages) et à l'éthique dans l'usage des robots, sont porteurs de progrès à utilité économique, écologique et sociale - en un mot, de développement durable.

C'est aussi un marché et un enjeu pour le développement des métiers émergents dans ce domaine. Nous connaissons déjà les spatonautes et les internautes : la capacité de tirer le meilleur parti de la robotique requerra l'émergence de *Cognautes* et enfin, de *Chronautes* afin de s'adapter à ce que le prospectiviste Thierry Gaudin appelle le « mur du temps », bâti par ces systèmes artificiels autonomes et agissants que l'homme imagine et réalise, avec lesquels il joue pour finalement co-évoluer, pour le meilleur comme pour le pire.

Les investissements, publics et privés, s'orientent vers des plateformes technologiques de taille critique, dans l'Union européenne, en Chine, aux États-Unis et dans les pays émergents (Brésil, Russie, Inde et Chine (BRIC)). Dans leur creuset multidisciplinaire s'élabore l'interopérabilité et l'assemblage de robots du futur aux usages multiples incluant les séquenceurs d'éléments biologiques artificiels, les drones miniaturisés et les robots théranostiques, ces robots dont les usages devraient orienter la conception : au-delà de la démonstration d'un fragment de concept, les nouveaux usages devraient orienter l'acquisition de fonctionnalités critiques, en elles-mêmes ou par leur combinaison. Parmi ces fonctionnalités figurent la perception, l'intégration et l'interprétation d'informations hétérogènes (notamment visuelles, sonores et proprioceptives), l'auto-apprentissage, la capacité d'interagir avec d'autres robots, les capacités mécatroniques augmentées, ainsi que les capacités de se faire accepter et comprendre par l'être humain au moyen d'une communication sensorimotrice adaptée ; ce qui peut passer par une évolution anthropomorphique de certains robots de la vie quotidienne. Bien entendu, la démonstration de concept reste essentielle, comme s'y emploie, par exemple, la direction générale de l'armement (DEA), responsable du projet européen de démonstrateur technologique NEURON, d'un montant d'environ 400 millions d'euros. Mais l'intégration des robots et la banalisation de leur usage dans l'industrie et dans les services sont la condition *sine qua non* de la chute drastique de leur coût. L'association robotique du Japon ne s'y trompe pas, qui prévoit en 2025 un marché de l'ordre de 66 milliards de dollars, dont la moitié serait tirée par des applications domiciliaires. Pourtant la crise financière systémique qui se déploie depuis 2008 a induit un recul de production industrielle, avec pour conséquence un repli de l'ordre de 45 %, aux États-Unis, en Asie et en Europe, de la livraison de robots industriels, en particulier à l'industrie de l'automobile et des véhicules à moteur. En France, les 2/3 de la

robotique industrielle installée concernent le secteur automobile.

Le robot dématérialisé et allégé, multifonctions et multi-usages, capable de veiller lui-même à son autonomie énergétique, d'aller chercher sur étagère les modules qui lui sont indispensables à la tâche qui lui est ordonnée, et de ranger les autres, intelligent sans être omniscient, au langage d'exploitation ouvert et interopérable, existe déjà dans les laboratoires. Créer les conditions de son adoption passe par une réflexion sur les usages et sur les coûts qui permette son adoption rapide dans des conditions éthiques, énergétiques et de sécurité acceptables. L'exosquelette, par exemple, qui permettrait aux victimes d'accidents vasculaires cérébraux de retrouver un confort de vie, doit voir son coût baisser drastiquement pour être adopté. Il faut aussi prévoir un encadrement juridique, avec, par exemple, l'interdiction et la criminalisation d'éventuels usages coercitifs. L'exosquelette constitue lui-même un champ de recherche et d'intégration, avec la perspective de muscles artificiels élaborés à partir de polymères conducteurs qui pourraient remplacer des moteurs destinés aux robots, allégeant ceux-ci en poids et en volume. Ces matériaux avancés ouvrent en effet la voie à d'autres applications mobiles ne requérant pas la puissance des actuateurs hydrauliques, ni la rapidité et le moment de rotation des moteurs électriques.

Économie de deniers publics, maintien de l'activité malgré le vieillissement, nouveaux savoirs et nouvelles activités rémunératrices, déploiement de la société de la connaissance, anticipation, gestion et remédiation de crises par un déploiement en univers hostiles, contribution à une production plus sobre en consommation d'énergie fossile : autant de bénéfices attendus des robotiques industrielle et de service.

Des économies et du mieux-être au travail sont aussi à attendre en matière de santé au travail. A titre d'exemple, 800 millions d'euros de dépenses directes de santé sont effectuées pour réparer des troubles musculo-squelettiques (TMS) qui sont la première cause de maladie professionnelle, en forte croissance. Dans une entreprise, un TMS coûte (selon la DARES) l'équivalent d'un 13^e mois de salaire, alors qu'il pourrait être évité, ou limité, grâce à une meilleure approche ergonomique et à l'apport de la robotique. Encore faut-il que les acteurs publics et privés acceptent de tirer les leçons d'un passé qui a vu,

en France, la conception et la production de machines-outils à commande numérique décliner à partir des années 1980.

Si le robot, en particulier le robot d'usinage, « n'est pas une machine-outil, mais une machine à géométrie variable (5) », il mérite les meilleurs architectes pour sa conception et son intégration dans son environnement futur : industries traditionnelles et industries agro-alimentaires, services, hôpitaux, domiciles, transports, environnement(s), écoles et universités.

Transformer la vulnérabilité économique et commerciale de la France, qui réside dans la croissance des importations d'équipements de production à haute technologie lors de la relance d'une activité industrielle (cas de la micro-électronique et des équipements de salles blanches, par exemple), en une opportunité de passer à une robotique fondée sur des technologies avancées et sur leur convergence, en appui sur le développement d'un marché intérieur européen dynamique et porteur, en phase avec les valeurs d'économie sociale de marché de l'Union européenne : cet objectif est réalisable. A la condition d'en faire partager la vision en termes d'opportunités et d'accompagnement public des acteurs privés, et de créer un environnement qui lui soit favorable.

C'est l'ambition de ce numéro de la série *Réalités Industrielles* des *Annales des Mines*, qui propose, en appui sur un état des lieux dans certains secteurs et des éléments d'économie de la robotique, quelques développements en perspective, dans des domaines aussi différents que la cartographie 3D d'un environnement par un robot, les usages des robots sous-marins ou encore les réalisations robotiques dans un pays à la tradition médicale multiséculaire, l'Iran. Cette édition s'achève sur de nouveaux concepts ouvrant la voie à des usages innovants de la robotique dans la vie quotidienne, avec la cobotique, les robots humanoïdes, l'apport du *design* et, enfin, les perspectives de la recherche et de l'innovation dans l'Union européenne, à l'horizon 2020, qui seront encadrées dès 2013 par un dispositif visant à assurer que ces développements se produiront de manière responsable, dans le respect de ses valeurs essentielles.

(5) Christophe Deplatz, CETIM, présentant le programme THESAME européen de mécatronique, lors du salon INNOROBO de Lyon, en mars 2011.