



**HAL**  
open science

## La cobotique pour l'industrie 4.0

Bernard Claverie

► **To cite this version:**

Bernard Claverie. La cobotique pour l'industrie 4.0. Progressistes : Science, Travail et Environnement, 2018. <hal-02494746>

**HAL Id: hal-02494746**

**<https://hal.science/hal-02494746v1>**

Submitted on 4 Mar 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

# Progressistes

Science Travail & Environnement

N° 21 JUILLET-AOÛT-SEPTEMBRE 2018

DOSSIER

# LA CHINE PRÉSENT ET FUTURS



SCIENCE  
**GRAND ENTRETIEN**  
avec Roland Lehoucq



TRAVAIL  
**LA COBOTIQUE POUR L'INDUSTRIE 4.0**  
par Bernard Claverie



ENVIRONNEMENT  
**LES « EXPERTS » DE L'OCDE ET LA FAO RIDICULISÉS ?**  
par Gérard Le Puill

# La cobotique pour l'industrie 4.0



Les interactions entre hommes et robots sont de plus en plus au cœur des préoccupations du monde industriel. Particulièrement, le développement de la cobotique, la robotique collaborative, apparaît comme une voie d'optimisation de la productivité et de réduction de certaines pénibilités physiques. Elle est un aspect central de l'industrie du futur.

PAR BERNARD CLAVERIE\*

## L'INDUSTRIE DU FUTUR OU L'INDUSTRIE 4.0

La collaboration humain-machine est à nouveau sur le devant de la scène, notamment dans les perspectives de développement de l'industrie 4.0. Pour rappel, l'industrie a été marquée par plusieurs révolutions techniques, technologiques et sociales. On peut considérer l'avènement de l'industrie 1.0 avec l'exploitation du charbon et de la machine à vapeur, suivie d'une industrie 2.0 dépendante de l'énergie électrique, de la performance mécanique et des transports terrestres, maritimes et aériens. La révolution cybernétique a inauguré l'industrie 3.0, avec l'électronique, les télécommunications et les machines informatiques. Leur maturité permet d'envisager une industrie 4.0, caractérisée par la convergence des technologies industrielles et des produits personnels, par la numérisation du réel pour en donner des représentations virtuelles au service des concepteurs et des opérateurs, mais également des clients et usagers. Ces représentations sont transmises et travaillées dans un Internet ouvert, et manipulées grâce à la puissance des calculateurs et des nouveaux algorithmes de calcul intensifs pour la performance décisionnelle. Cela entraîne à la fois un déluge d'informations perti-

nentes et des nouveaux moyens de gérer ces données pour déléguer aux machines des tâches jusqu'ici réputées réservées à l'esprit humain.

Cette industrie 4.0 semble fondée sur des bases conceptuelles mondiales telles que l'usine intelligente, l'interconnexion des machines et des systèmes, notamment avec les consommateurs, grâce au *cloud computing* et à l'agilité numérique, en fonction des grandes régulations extérieures et intérieures à l'usine, à l'Internet des objets, à la conception additive, dans le cadre de besoins, projets ou contraintes directes de l'environnement, du public et de certains enjeux stratégiques.

### LORSQUE HUMAINS ET ROBOTS « COLLABORENT »

Aujourd'hui, la place de l'humain dans l'usine du futur fait l'objet de débats entre ceux qui veulent s'en séparer et ceux qui veulent valoriser son utilité et son intégration réussie avec les systèmes

**La révolution cybernétique a inauguré l'industrie 3.0, avec l'électronique, les télécommunications et les machines informatiques. Leur maturité permet d'envisager une industrie 4.0**

techniques. La cobotique en est un pivot central. Cette notion 4.0 est née du Salon de la technologie industrielle de Hanovre

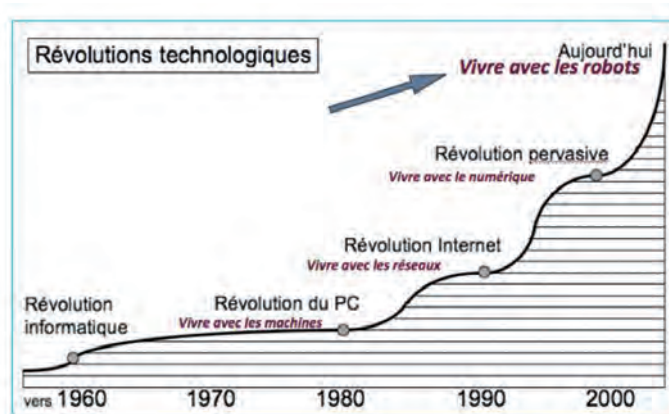


Figure 1. Les révolutions des technologies de l'information de l'industrie 3.0 à l'industrie 4.0.

Figure adaptée de Claverie et Fouillat (2010), d'après Nathan (2006).

de 2011 ; elle est depuis consacrée<sup>1</sup> pour décrire une « industrie du futur » elle-même progressivement structurée par des vagues transformant l'usine, les produits et la société. La figure 1 rend compte de telles vagues d'évolutions des technologies de l'information<sup>2</sup>, de l'étape 3.0 vers l'Industrie 4.0<sup>3</sup>. Dans ce contexte de progrès, l'intégration humain-machine

simplement conçus pour se substituer à l'opérateur, ou agir dans des espaces de ségrégation stricte entre machines et humains ainsi protégés, certains robots sont devenus de plus en plus sûrs, performants et conviviaux. On a pu dès lors envisager de faire cohabiter les opérateurs et ces machines afin de collaborer aux mêmes tâches, dans des stratégies de partage de plus en plus efficaces.

C'est dans cette philosophie de collaboration homme-robot que l'évolution des normes a permis d'étendre le concept relativement nouveau de cobotique. Le terme est un néologisme, contraction de « robotique » et de « collaboration ». Pour les auteurs initiaux<sup>4</sup>, les cobots constituent une classe de robots qui associent le mouvement humain et le mouve-

## ■ TRAVAILLER DEMAIN

► ment artificiel, démultiplient certaines caractéristiques naturelles avec des contraintes de force et de fidélité selon des aptitudes programmables. Ces cobots s'inscrivent de plus en plus dans une interaction continue de type haptique, de posture, ou audiovisuelle pour une tâche donnée dans laquelle les capacités de saisie, de manipulation ou d'usinage de l'opérateur

la biologie, l'ingénierie de la cognition, le *big data* et l'intelligence artificielle. C'est dans cette logique de convergence<sup>6</sup> que les cobots prennent un statut particulier, notamment avec des machines réellement performantes pour l'aide ou la substitution, revêtant un rôle de robots collaboratifs, ou même aujourd'hui de robots « compagnons ».

**Une « robotique coopérative », caractérisée par l'interaction réelle, directe ou téléopérée, entre un opérateur et un système robotique plus ou moins autonome, mais en interrelation directe avec l'humain.**

humain sont amplifiées et fiabilisées<sup>5</sup>. Le terme fait donc globalement référence à une « robotique coopérative », caractérisée par l'interaction réelle, directe ou téléopérée, entre un opérateur et un système robotique plus ou moins autonome, mais en interrelation directe avec l'humain. Cette robotique collaborative est aujourd'hui plus large que la simple robotique de prolongement du geste ou du comportement. Toujours conçue comme une robotique d'augmentation, elle correspond néanmoins aujourd'hui et de façon générique à l'utilisation de systèmes de suppléance artificiels, mécaniques et sensori-moteurs, développés spécifiquement pour une tâche ou une relation donnée. Elle devient alors une forme hybride, de robotique parallèle, permettant à la fois l'augmentation de la performance en force, en vitesse ou en précision, et surtout la préservation de la santé au travail en réduisant au minimum gestes répétitifs, positions difficiles ou autres atteintes à la sécurité des personnes.

Une ingénierie des systèmes complexes émerge depuis quelques années de l'intégration de nombreuses briques technologiques issues de domaines variés tels les sciences de l'information, la physique, la chimie,

Vivre avec les robots pose une série de problèmes culturels, économiques, psychologiques et relationnels, notamment avec les opérateurs. Le robot fait peur, car autonome, doté d'une intelligence artificielle. S'il peut se substituer à l'homme pour des tâches définies, il peut aussi le remplacer auprès d'employeurs ou dans certaines relations humaines, surtout lorsque l'aspect interpersonnel peut être standardisé. Dans ce contexte critique, le cobot est porteur de différences puisque, pseudo-robot, ses actions sont en prolongement de celles de l'homme tout en valorisant son expertise et son savoir-faire.

### LES DOMAINES D'APPLICATION

On peut citer plusieurs domaines concrets d'application actuelle de la cobotique : l'industrie de production ou de contrôle, le domaine militaire et le secteur

**Le cobot est porteur de différences puisque, pseudo-robot, ses actions sont en prolongement de celles de l'homme tout en valorisant son expertise et son savoir-faire.**

médical, mais aussi l'industrie de la communication, du jeu ou du loisir. La cobotique est

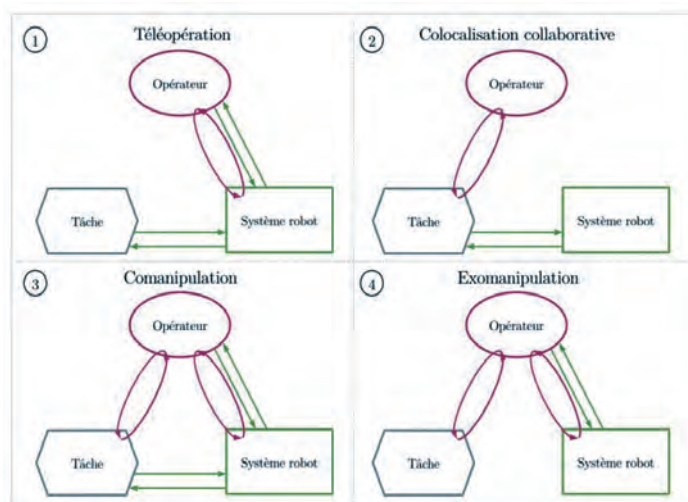


Figure 2. Typologie de quatre systèmes cobotiques, d'après Bitonneau et Moulières (2018).

aujourd'hui développée par de grands groupes industriels de l'aéronautique, du transport terrestre ou naval, de l'agro-alimentaire ou du commerce

de décision et d'enrichissement, contribue à la réalisation de la tâche avec l'opérateur humain. Les boucles perception-action de l'homme résultent de pro-

**Les cobots rencontrent aujourd'hui l'intérêt des entrepreneurs, mais aussi celui des employés ou des usagers. Leur déploiement est envisagé pour maintenir l'emploi comme pour faciliter à l'opérateur les tâches les plus fatigantes ou dangereuses.**

en ligne. Elle est mise en œuvre dans des situations où l'opérateur humain est indispensable, mais confronté à des tâches difficiles, pénibles, répétitives ou à très faible valeur ajoutée. Le cobot a la possibilité de s'adapter aux caractéristiques de l'opérateur comme à celles de la tâche. C'est dans l'interaction entre ces trois pôles que se constitue la classification des projets de cobotisation de certaines majors industrielles<sup>7</sup>. L'activité de travail au sein d'une usine cobotisée concerne à la fois la réalisation de la tâche prescrite et la collaboration

cessus cognitifs complexes, qui ne sont évidemment pas de même nature que les capacités sensori-motrices du cobot. La figure 2 en dresse une typologie des systèmes cobotiques selon les relations directes ou indirectes entre les trois entités : tâche, opérateur, machine. On peut alors différencier selon une proximité humain-cobot croissante des systèmes de *téléopération*, de *colocalisation collaborative*, de *comanipulation* ou d'*exomanipulation*.

Les cobots rencontrent aujourd'hui l'intérêt des entrepreneurs, mais aussi celui des employés ou des usagers. Leur déploiement est envisagé pour maintenir l'emploi comme pour faciliter à l'opérateur les tâches les plus fatigantes ou dangereuses. Ils permettent également d'introduire des machines contrôlées dans une complémentarité IHS dont on connaît dans certains cas la meilleure efficacité que celle de la simple substitution



Air-Cobot un robot mobile collaboratif capable d'inspecter un avion durant les opérations de maintenance. Il est présenté comme le premier robot d'inspection visuelle des avions.

du travailleur par le robot. Ce constat est aujourd'hui perçu comme central pour le développement de l'usine du futur, en laissant une place non négligeable à la présence et à l'expertise humaine. Elles sont à la fois un enjeu de compétitivité et un domaine de généralisation en harmonie avec l'attente de consommateurs attentifs à une place préservée de l'humain dans la production des produits et services.

Ces évolutions font évidemment émerger des problèmes éthiques. Ainsi, l'autonomie des cobots augmentant, ils seront amenés à prendre de plus en plus de décisions, posant alors les questions de la confiance, de la délégation et de la responsabilité. Quels cadres pratique, juridique, éthique peuvent être donnés à de telles capacités de représentation, de décision et d'action partagées? La question de la dépendance au cobot, voire de l'attachement de l'opérateur à un outil de plus en plus complexe, intelligent et convivial, réel coéquipier au travail, ne sera pas sans conséquence sur les

individus comme sur la société. De même, la transformation de l'humain par la collaboration, tant en ce qui concerne la formation, l'expérience psychologique ou l'aptitude physique, engage la question de la dépendance et de la réversibilité. Un humain « augmenté » souhaitera-t-il se libérer d'un dispositif lui conférant de nouvelles capacités? Enfin, l'efficacité collaborative nécessite le recueil de données personnelles des opérateurs, pour de meilleures adaptation, performance, confort... L'exploitation de ces données dans des programmes d'intelligence artificielle est probablement, dans une perspective de protection, incompatible avec des principes éthiques et réglementaires qu'il conviendra de veiller à protéger<sup>8</sup>. ■

**\*BERNARD CLAVERIE est professeur des universités à l'Institut polytechnique de Bordeaux, directeur de l'École nationale supérieure de cognitive, chercheur au sein du groupe « Cognitive » de l'IMS, UMR 5218 (CNRS, université de Bordeaux, Bordeaux INP).**

1. Dorothée Kohler, Jean-Daniel Weisz, *Industrie 4.0. Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*, Paris, La Documentation française, Paris, 2016.
2. Bernard Claverie, Pascal Fouillat, « L'évolution disciplinaire des sciences de l'information : des technologies à l'ingénierie des usages », in *Projectics, Projectica, Projectique*, n° 6, 2010/3, p.79-106.
3. K.Nathan, « Bridging the gap between Research and Business in the on demand era », EU IST Conference : From RFID to the Internet of Things. Pervasive Networked Systems, Bruxelles (Belgique), 6-7 mars 2006.
4. Michael Peshkin, Edward Colgate, « Cobots », in *Industrial Robot*, vol. 26, n° 5, p.335-341, 1999.
5. Michael Peshkin, J. Edward Colgate, Prasad Akella, Witaya Wannasuphaphrasit, « Cobots in material handling », in M. Culkosky, R. Howe, K. Salisbury, M. Srinivasan (dir.), *Human and Machine Haptics*, MIT Press, Boston (Massachusetts), 2000.
6. On parle de « convergence NBIC » selon les prévisions du rapport de Roco et Bainbridge :
  - Bernard Claverie, « De la cybernétique aux NBIC : l'information et les machines vers le dépassement humain », in *Hermès*, n° 68, p. 95-101, CNRS Éditions, Paris, 2014.
  - Mikhail C. Roco, William Bainbridge, *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, Dordrecht (États-Unis), Kluwer Academic Publishers, 2003.
7. David Bitonneau, *Conception de systèmes cobotiques industriels. Approche robotique avec prise en compte des facteurs humains*, thèse de doctorat (sciences physiques et de l'ingénieur), université de Bordeaux, mai 2018.
  - Théo Moulières-Seban, *Conception de systèmes cobotiques industriels – Approche cognitive – Application à la production pyrotechnique au sein d'ArianeGroup*, thèse de doctorat (sciences physiques et de l'ingénieur), université de Bordeaux, décembre 2017.
8. Comest (Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies), « Report of COMEST on robotics ethics », UNESCO, Paris, 2017.