



Cobots, d'autres robots devenus collaboratifs ? Mythe, définition, R&D, économie et travail

Rapport d'étonnement de l'atelier

Cycle national
de formation
2016 - 2017

La connaissance
comme bien commun
Valeur des sciences et
des technologies au-
jourd'hui

Rapport d'étonnement de l'atelier

Cobots, d'autres robots devenus collaboratifs ? Mythe, définition, R&D, économie et travail

Atelier animé par **Etienne Armand AMATO**, maître de conférences en sciences de l'information et de la communication à l'université Paris Est Marne-la-Vallée



Cobots, d'autres robots devenus collaboratifs ? Mythe, définition, R&D, économie et travail

Atelier animé par **Etienne Armand AMATO**, maître de conférences en sciences de l'information et de la communication à l'université Paris Est Marne-la-Vallée

Personnalités rencontrées au cours de l'année :

- **Serena IVALDI**, chercheur, équipe Life-long Autonomy and interaction skills for Robots in a Sensing Environment, Institut national de recherche en informatique et automatique
- **Abderrahmane KHEDDAR**, directeur de recherche, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), directeur du laboratoire conjoint de robotique CNRS- National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) (Tsukuba, Japon)
- **Jean-Paul LAUMOND**, directeur de recherche, équipe GEPETTO - Mouvement des Systèmes Anthropomorphes, Laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes, Centre national de la recherche scientifique
- **Yvan MEASSON**, président directeur général, Isybot
- **Zaven PARE**, artiste
- **Yann PERROT**, chef du Laboratoire de robotique interactive, Laboratoire d'intégration des systèmes et des technologies (List), Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
- **Serge TISSERON**, psychiatre, chercheur, Centre de recherche psychanalyse, médecine et société, université Paris Diderot fondateur et président de l'Institut pour l'étude de la relation homme robots (IERHR)

Auditeurs du cycle national 2016-17 ayant suivi l'atelier sur les cobots :

- **AMAR Amine**, inspecteur général de l'Administration de l'Education nationale et de la Recherche, ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
- **BELANGER Laurent**, adjoint au sous-directeur de l'animation scientifique et technique, Direction de la recherche et de l'innovation, Commissariat général au développement durable, ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
- **BONDU Baptiste**, directeur du cabinet du président, Université Paris Ouest Nanterre La Défense
- **BOULANGER Clotilde**, professeure d'université, Département chimie et physique des solides et des surfaces (CP2S), Institut Jean Lamour, chargée de mission auprès du président et du vice-président Recherche, Université de Lorraine
- **CONNEHAYE Eric**, directeur adjoint de la communication, Institut national de la recherche agronomique (INRA)
- **DELIGNON Martial**, professeur des universités, Institut supérieur d'administration et de management – Institut d'administration des entreprises de Nancy (ISAM-IAE Nancy); premier vice-président et vice-président du conseil d'administration, Université de Lorraine
- **KERVESTIN-YATES Stéphanie**, responsable de l'innovation et des partenariats industriels, Institut des sciences biologiques, Centre national de la recherche scientifique (CNRS)
- **KHAIRALLAH Michel**, inspecteur d'académie-inspecteur pédagogique régional en sciences de la vie et de la Terre, conseiller académique Recherche & Développement, Innovation et Expérimentation, délégué académique à la formation des personnels, rectorat d'Orléans-Tours, ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
- **LUCAS Violaine**, conseillère régionale, membre de la Commission emploi, apprentissage, formation professionnelle, insertion, conseil régional Pays de la Loire
- **RUFFIER-MERAY Véronique**, directrice, Direction chimie et physico-chimie appliquées, Institut français du pétrole-Energies nouvelles (IFP Energies Nouvelles)

Problématisation initiale du sujet de l'atelier

Si les automates millénaires habitent nos fictions mythologiques ou d'anticipation, des servantes d'Héphaïstos¹ -dieu grec du feu et de la Forge- au Golem de la tradition hébraïque ou de la cybernétique², ils n'ont été que récemment rebaptisés « robots », au début du siècle dernier³, ouvrant une voie inédite aux spéculations les plus diverses, les dernières en date portant le nom de « transhumanisme », « post-humanisme » ou de « Singularité ».

Bien plus discrets que les robots anthropomorphiques et dotés d'une personnalité « individuelle » qui occupent le devant de la scène médiatique, une autre variante a émergé au virage de la dernière décennie, portant l'étrange nom de « cobot ». Forgé en 2009 par Edward Colgate et Michael Peshkin, professeurs à la *Northwestern University*, ce néologisme compacte les termes de « collaborative » et de « robot » pour promouvoir une nouvelle possibilité d'interaction entre l'être humain et la machine, transformer les termes de la conception traditionnelle du rapport avec les robots. Et c'est ici que toute une réalité contemporaine, à la fois économique, technologique et scientifique affleure et prend une toute autre consistance : celle de l'évolution de la robotique industrielle des chaînes de production automatisées, qui serait ainsi touchée par une innovation peut-être « disruptive ». En reprenant vie aux côtés des humains dans le

1. MARCINKOWSKI A. & WILGAUX J., Automates et créatures artificielles d'Héphaïstos : entre science et fiction, *Techniques & Culture* [En ligne], 43-44 | 2004, mis en ligne le 15 avril 2007 <http://tc.revues.org/1164>

2. FAUCHEUX M. & WIENER N., Le Golem et la cybernétique. *Eléments de fantastique technologique*, éd° du Sandre, 2008

3. En 1921 Karel Capek, écrivain tchécoslovaque met en scène sa pièce de théâtre de science-fiction *R.U.R.*, dont les protagonistes sont des « robots » esclaves travailleurs se révoltant pour anéantir les humains.

fameux travail à la chaîne, les anciens robots, jusqu'alors mis en cage et tenus à distance, muteraient en machines perfectionnées, et même intelligentes, bien disposées à coopérer avec l'être humain.

Car là où les robots classiques agissent de façon autonome, les cobots dépendent des capacités d'un opérateur qui s'en sert pour étendre et accroître son pouvoir d'action, où agentivité. Mieux, en assistant les humains, ils se feraient sauveurs d'emplois, contrairement aux automates informatisés, destructeurs de millions de postes. Ainsi la « cobotique », comme elle se dénomme parfois, s'opposerait à une robotique éloignée de l'humain, laquelle aurait peut-être déjà atteint son apogée à la fin de la décennie dernière.

Bien que la légitimité de la cobotique reste à démontrer et que ses contours restent encore flous –s'y rattachent selon les sources aussi bien les drones et robots téléopérés que les exosquelettes et autres armures assistées– son émergence met en lumière la rencontre des sciences de la cognition et de l'informatique, de la neurophysiologie et de la robotique, de l'ergonomie et de la productique⁴. Entre promesse symbiotique et changement de paradigme, il se pourrait que l'apparition d'une nouvelle classe d'artefacts permette d'interroger à nouveaux frais ces paradoxales relations que nous autres humains semblons entretenir avec toute créature artificielle éligible au rang de partenaires d'interaction et de coopération.

RESUME

Les cobots, ou robots collaboratifs, sont devenus un nouvel objet d'attention de la stratégie de recherche, d'innovation et d'industrie au niveau national et international. Ils mettent en lumière de nouvelles formes d'interaction entre l'homme et la machine permettant de répondre à des enjeux de croissance et de productivité économique mais également à des enjeux sociaux liés tant à la pénibilité du travail (troubles musculo-squelettiques) qu'aux enjeux du vieillissement (handicap, solitude) ou à une amélioration de la prise en charge médicale. L'appréhension de ce nouvel objet se détache sur un fond culturel riche de mythes utopiques ou dystopiques, qui entourent des êtres tantôt perçus comme des adjuvants de l'homme et tantôt comme leurs possibles remplaçants. Il est force de constater que, à ce jour, plusieurs questions restent en suspens. Tout d'abord, si les cobots n'ont pas vocation à remplacer l'homme, notamment dans le monde du travail, mais sont destinés à leur venir en appui, la séparation entre les tâches respectives de l'homme (avec ses compétences propres non transmissibles à la machine) et du cobot n'est pas encore très nette. Par ailleurs, le champ scientifique de la cobotique et celui de ses applications industrielles est encore largement en friche : non seulement les recherches en informatique, intelligence artificielle et physique sont à approfondir, mais le défi demeure quant au travail étroit à mener avec les sciences humaines et sociales tant pour penser ces êtres quasi-humains qui ont vocation à être en interaction avec l'homme que pour évaluer leur impact sociétal. Ainsi, par exemple, les incertitudes sur les conséquences économiques, en termes de croissance comme de création ou destruction d'emplois, imposent la prudence. Il paraît hasardeux, à ce stade, de se prononcer sur la rupture scientifique et industrielle annoncée par la cobotique et sur ses effets économiques et sociaux, même s'il semble difficile de ne pas participer à la dynamique de recherche et d'innovation en cours.

INTRODUCTION

Identifiée comme une filière d'avenir par l'ONISEP⁵, domaine d'innovation majeur au cœur du renouveau industriel, l'enseignement supérieur et la recherche placent depuis une poignée d'années la cobotique en tête des grands défis sociétaux de ce début de XXI^e siècle.

La Stratégie nationale de recherche « France Europe 2020 »⁶, lui accorde un rôle important pour relever le « Défi 3. Le renouveau industriel » dans l'orientation « Procédés de fabrication flexibles, centrés sur l'homme » et le « Défi 7. Société de l'information et de la communication » à travers l'orientation « Collaboration homme-machine ».

Ce nouveau domaine nécessite donc, après les avoir formés à ses nouvelles disciplines, de faire collaborer les communautés de chercheurs en ingénierie et en sciences humaines et sociales sur l'organisation des systèmes de production et l'ergonomie des zones de travail.

Début 2016, le Fonds européen dédié à l'innovation H2020, a publié la liste des 21 projets robotiques, cobotiques et automation qui seront financés à hauteur de 98 millions d'euros, avec une forte spécialisation dans les domaines médicaux et industriels. Mis en place par le Centre national de la recherche scientifique, le National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) et Airbus, le projet H2020 du consortium Multi-Contact Collaborative Humanoids in Aircraft Manufacturing (COMANOID)⁷ à Tsukuba au Japon est par exemple dédié à l'utilisation des robots humanoïdes intégrant la technologie de mouvement multi-contacts pour l'assemblage d'avions.

Dérivée de la robotique et a priori porteuse d'avenir, la cobotique reste une notion très récente encore à stabiliser ou même à mieux définir. Les avantages supposés des robots collaboratifs en matière de développement économique et dans l'amélioration des conditions de vie et de travail –argument commercial martelé par les entrepreneurs du secteur– restent à vérifier, comme le démontrent les débats houleux entre certains candidats français à l'élection présidentielle. Par ailleurs, reste à savoir si le cobot, une fois débarrassé des fantasmes ancestraux quasi-mythologiques sur la technologie humanoïde, et son rôle mieux identifié dans le vaste univers interconnecté de l'intelligence artificielle, de l'industrie qu'irriguent des options comme le trans-humanisme, et de l'automatisation sera le révélateur d'une évolution profonde et durable des relations entre sciences, technologies et société.

I. ENTRE ENTHOUSIASME ET CRAINTES, LE COBOT SUR FOND DE MYTHES

Le robot est source de fictions et de fantasmes qui renvoient à des préoccupations anthropologiques profondes et

4. CEA Tech, Robotique collaborative <http://www-list.cea.fr/recherche-technologique/programmes-de-recherche/manufacturing-avance/robotique-collaborative>

5. Onisep, De la robotique à la cobotique, Poitou-Charentes – Poitiers, 14 avril 2016 <http://www.4erevolution.com/horizon-2020-leurope-attribue-98-millions-deuros-a-21-projets-robotiques/>

6. Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, Stratégie nationale de recherche – France Europe 2020, 5 mars 2015 <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid86688/strategie-nationale-de-recherche-france-europe-2020.html>

7. <http://comanoid.cnrs.fr/consortium>

anciennes. Les réactions que suscite la notion de cobot, « robot collaboratif », sont à comprendre dans ce cadre mythologique plus général bien qu'elles puissent s'en distinguer de par les spécificités du cobot et de sa relation particulière à l'homme : moindre autonomie, anthropomorphisme réduit, action mise au service de l'homme, etc. Il n'en demeure pas moins que les premières réflexions menées sur les cobots sont remettre en perspective avec les attractions et les répulsions que l'on éprouve instinctivement face à cet objet. En effet, l'oscillation entre enthousiasme et craintes paraît structurante dans le rapport que l'homme entretient à ces robots particuliers.

Docteur en ethnologie, Yann de Kerorguen, journaliste, romancier et auteur de plusieurs ouvrages sur les rapports entre la science, l'économie et la société évoque régulièrement la place centrale du robot dans la littérature : « *Robots, androïdes, automates, monstres et encore mutants, extra-terrestres, machines folles et chimères, l'image du robot et des créatures étranges venues d'ailleurs passe pour la composante essentielle du récit de science-fiction. Ces archétypes font converger tout un faisceau d'interrogations et d'hypothèses, rationalisantes ou délirantes, propres à notre imaginaire contemporain envahi par la technologie et les croyances nouvelles qui en découlent.* »⁸ Le fait que l'homme soit dépassé par sa création, comme dans les mythes de Pygmalion ou de Frankenstein, inquiète. De Kerorguen dit encore : « *La loi qui unit ces créatures est la loi du nombre, de la série. Les machines, au départ conçues comme originales et personnalisées, selon le processus de la production en série deviennent des simulacres indéfinis les uns des autres et avec elles les hommes qui les fabriquent.* »

L'appréhension suscitée par les robots, et les robots collaboratifs en particulier, émerge sur fond de mythes, réactualisés par les inventions techniques successives réelles ou imaginaires, qui ont façonné l'histoire.

A. Nouvel esclave et inventions surhumaines : le risque de la démesure

Le mot « robot » est « introduit en 1924 dans le titre de l'ouvrage de l'écrivain tchèque Karel Capek : *Les robots universels de Rossum*, traduction de *Rossum's Universal Robots* (RUR), paru en 1921. Dans le roman, le mot désigne des « ouvriers artificiels », des automates fabriqués par la firme RUR. L'étymologie du mot « robot », qui n'arrive donc dans la langue française qu'au début du XX^{ème} siècle, rejoint la vision –prémonitoire– d'Aristote. En effet, dès le IV^{ème} siècle av. J.-C., Aristote évoque l'hypothèse de la création de « robots », c'est-à-dire l'hypothèse d'outils fabriquant, sur commande de l'homme ou de leur propre initiative, un objet : « (...) *s'il était possible à chaque instrument, parce qu'il en aurait reçu l'ordre, ou par pressentiment, de mener à bien son œuvre propre, comme on le dit des statues de Dédale (...), alors les maîtres d'œuvre n'auraient pas besoin d'exécutants, ni les maîtres d'esclaves.* »⁹ Aristote semble moins anticiper la création des robots qu'envisager la fin du rapport maître-esclave, l'esclave n'étant pas considéré comme un citoyen mais comme un « bien ». Le philosophe semble, en effet, analyser ce qui se passerait si l'on mettait un terme à la division conception/création –le maître d'œuvre conçoit tandis que l'esclave crée l'objet par son travail– en remplaçant l'esclave par un outil intelligent. Il imagine ainsi une révolution dans laquelle l'homme serait entièrement dissocié de la machine qui produirait, seule, l'objet. Dès lors, plus aucun lien ne relierait l'homme libre à l'esclave et la société ne pourrait plus fonctionner. D'ailleurs Aristote, qui ne conçoit pas de société sans esclaves, conformément à la structure sociale de son époque, ne parvient pas à imaginer ce qu'elle deviendrait. La citation d'Aristote préfigure donc une révolution qui ne pourrait se produire que deux mille ans plus tard.

Les créations de Dédale, sculpteur et architecte de la mythologie, illustrent l'idée du mécanisme supplétif aux défaillances de l'homme : les ailes d'Icare, homme augmenté, pour s'extraire du labyrinthe; la vache de bois qui dissimule Pasiphaé et les sculptures de Dédale, préfigurant les robots androïdes. Dans tous ces cas, la dimension magique, qui fait intervenir un pouvoir divin de l'homme et donc une démesure (*hybris*), mêle toujours fascination et effroi. En fond de ces mythes, une question commune qui rejoint les préoccupations sur les robots et cobots : quel peut être le bon usage par l'homme de ces êtres étranges ?

Il est amusant, à cet égard, de noter que le nom d'Atlas a été donné par son concepteur à un cobots¹⁰. Dans la mythologie grecque, Atlas est l'un des Titans, créatures du Chaos, battus et punis par les dieux de l'Olympe, incarnation de l'ordre du monde. De là à penser que les cobots participent d'une destruction volontaire de l'ordre du monde... Il y a, en tout état de cause, dans la mythologie cobotique actuelle –relayée par les entreprises notamment IBM¹¹– quelque chose qui peut s'apparenter à un souhait de dépasser les limites de l'homme, idée portée par le courant transhumanisme, qui suscite actuellement tant de craintes (« Qui veut faire l'ange fait la bête », Pascal¹²).

B. Machines vivantes et automates : créatures magiques et mécanisation de l'homme

Ce n'est qu'au moyen-âge que des mécanismes complexes vont préfigurer les futurs robots. Les premiers automates en Occident datent du XIV^{ème} siècle et ont pour vocation de distraire les seigneurs et la cour. Au XV^{ème} siècle, Philippe le Bon, duc de Bourgogne, fait construire une galerie d'automates : statues qui parlent et oiseaux qui chantent. Ces automates fascinent parce qu'ils imitent la vie. On les trouve dans toutes sortes de récits, ainsi dans le conte populaire *Floir et Blancheflor*, dont « *l'héroïne emprisonnée dans un jardin, voit de vrais oiseaux chercher à séduire des oiseaux mécaniques, trompés par le réalisme du chant des automates* ».

Mais les automates peuvent aussi provoquer l'effroi car ils sont réputés être l'œuvre de la magie ou du diable. « *Dans un récit du XV^{ème} siècle, on voit ainsi Albert le Grand, célèbre philosophe scolastique, construire une tête de métal qui parle et répond aux questions qu'on lui pose –Siri au XIII^{ème} siècle... Son élève, Thomas, le futur Thomas d'Aquin, a peur de cet objet qu'il croit envoûté, et le détruit avec un marteau.* » En Occident, depuis toujours, les machines inquiètent car elles dérogent à l'interdit de représenter des êtres vivants issu de l'Ancien testament. Ceux qui les créent rivalisent avec Dieu, plus encore que les peintres, au point de tromper la vigilance des humains ou même des animaux

8. DE KERORGUEN Y., Robots et science-fiction. Les robots dans la littérature de science-fiction, 1982 http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/30794/C%26T_1982_7_81.pdf?sequence=1

9. ARISTOTE, La Politique, chapitre 4, livre I

10. KOLAWOLE, What if this ATLAS shrugged? DARPA unveils new humanoid robot, Washington Post, 12 Juillet 2013

11. Conférence pour IBM de HAUERT S., Dehyping Robotics and Artificial Intelligence (AI), 21 mars 2017 <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/dehyping-robotics/>

12. PASCAL B., Pensées, éd. Gallimard (édition de Michel Le Guern), coll. « Folio classique », 1977, fragment 572, p. 370

eux-mêmes qui se laissent prendre au pouvoir mimétique de ces objets.

Au-delà des automates, ce sont les mécanismes qui les régissent qui vont modifier l'existence humaine « *rouages, contrepoids, mécanismes d'échappement qui vont être à l'origine des moulins à vent plus efficaces que les moulins hydrauliques* »¹³ et surtout qui vont inspirer les « *mécanismes d'horlogerie* ». La grande révolution de l'époque est la grande horloge astronomique de Strasbourg. C'est à partir de cette époque et sous l'impulsion des marchands que le temps va devenir un mode de soumission des hommes à un ordre destiné à contrôler leur vie.

Au-delà de la dimension fantasmagorique, le robot renvoie l'homme à sa possible mécanisation. A partir de la révolution industrielle, que l'on peut faire commencer à la fin du Moyen-Age, le rapport entre l'homme transformé en machine (l'ouvrier) et la machine qui remplace l'homme alimente à son tour une série de réactions individuelles et sociales, du luddisme (mouvement de destruction des machines au début du XIX^{ème} siècle) au Charlot des *Temps Modernes*. C'est sur cette toile de fond, plus ou moins conscientisée, que se détache la manière d'appréhender les robots, et donc aussi les cobots.

C. L'autre moi-même si différent : les effets paradoxaux de la proximité entre hommes et robots

L'apparition progressive des robots et des cobots dans nos vies n'a pas suffi à démystifier ces êtres particuliers qui nous ressemblent tout en étant radicalement différents de nous. On note souvent, à cet égard, des différences culturelles entre, par exemple, l'Europe, plus réticente à l'introduction des robots –dans la sphère domestique comme dans les entreprises et industries– et le Japon, qui voit dans la robotique une solution aux problèmes sociaux que le pays rencontre (vieillesse de la population, manque de main d'œuvre, pénibilité du travail, problèmes psychologiques liés à un manque de relations affectives, etc.)¹⁴.

Au-delà de ces différences, une problématique commune se pose : quel est le rapport de l'homme à cet autre quasi semblable ? Le robot ne saurait être pensé à proprement parler comme un alter ego, et pourtant il éveille en l'homme des sentiments qu'il pourrait réserver à un autre homme. A cet égard, un anthropomorphisme du cobot (visage, regard) peut être un frein à l'empathie, alors qu'il s'agit de provoquer une proximité qui ne créerait pas l'angoisse devant le quasi-même, mais susciterait au contraire le souci de l'autre comme autre moi-même mais différent. Cette empathie serait ce qui est recherché dans le cobot (machine dépendante) comme alternative au pur robot (machine autonome). La plupart des cobots ont ainsi des visages « de robot » clairement identifiables comme tels.

Les analyses désormais classiques de Masahiro Mori sur la Vallée de l'étrange¹⁵ permettent de préciser cette idée. Selon le roboticien japonais du laboratoire franco-japonais de robotique (JRL, UMI 3218, CNRS-AIST) à Tsukuba, le degré de familiarité (ou d'étrangeté) de l'homme avec un autre être varierait principalement en fonction du degré d'apparence humaine de cet être –l'aspect mobile ou immobile du cobot venant accentuer cette tendance. Or, si l'étrangeté diminue quand augmente la ressemblance entre cet être (par exemple, un robot) et l'homme, à partir d'un certain seuil de trop grande ressemblance, la familiarité se change en angoisse (Figure 1).

Où se situerait le cobot dans ce schéma ? Les réactions plutôt favorables qu'il suscite sont peut-être liées au fait que le cobot est d'emblée conçu comme un adjuvant et non un substitut de l'homme. Il n'en demeure pas moins que, dès que le cobot est perçu comme devant le remplacer, dans les projets industriels ou l'aide à domicile, une angoisse peut rapidement se faire jour. Le rappel de ce contexte anthropologique permet à la fois prise de distance et un rappel de ce qui peut apparaître comme des invariants de la condition humaine. La mise en perspective est à la fois culturelle (toutes les sociétés n'ont pas la même perception des robots et donc potentiellement des cobots) et historique (leur perception évolue à travers le temps).

Le lien aux technologies et à leur rôle pour l'homme et la société est à cet égard déterminant. Il semble cependant bien y avoir des caractéristiques universelles dans cette relation attraction/répulsion avec les êtres du type « cobot ». Un robot, fût-il collaboratif, ne peut laisser l'homme indifférent car il réveille des structures plus ou moins conscientes de la constitution psychique de l'humanité. Toutefois, avoir conscience de ces universaux est aussi un moyen de sortir de la fiction pour revenir à la réalité actuelle du cobot, et en particulier à sa définition précise dans le contexte plus large de la robotique.

II. COBOTIQUE : MOT ET NOTION RECENTS A LA DEFINITION DELICATE

C'est en 1996 que le terme cobot apparaît dans la littérature scientifique et technologique¹⁷. Dans cette phase de cristallisation de ce mot désignant à la fois un objet et un concept, la définition reste large : « *un appareil robotique qui manipule des objets en collaboration avec un opérateur humain* ». Aussi convient-il plus modestement de tenter d'en cerner les contours et de mettre en évidence son caractère évolutif.

En premier lieu, le cobot peut être considéré aujourd'hui encore comme un sous-ensemble de la vaste catégorie des

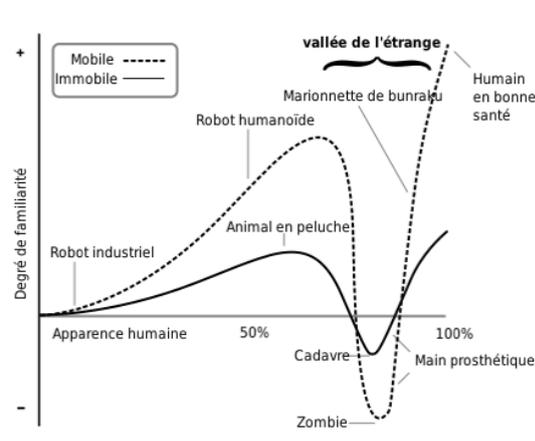


Figure 1: Réaction émotionnelle supposée de sujets humains à l'apparence humaine d'un robot représentée sous forme de graphique, selon les théories de Masahiro Mori. La vallée de l'étrange est la région de réponse émotionnelle négative envers les robots qui ont l'air presque humains¹⁶

robots La construction du néologisme lui-même traduit sa filiation avec le robot. Les auteurs francophones désignent ainsi souvent les cobots par les termes robots collaboratifs. Il s'agirait donc d'un genre particulier de robot, doté de caractéristiques propres. Certains auteurs s'inscrivant dans le droit fil de cette thèse évoquent l'idée « *d'applications collaboratives mettant en œuvre des robots* »¹⁸.

Cette approche apparaît cependant déjà datée et il semble pertinent d'identifier ce qui distingue le cobot du robot tout en précisant que la frontière entre les deux est parfois tellement ténue qu'elle est source d'hésitation ou de confusion.

A. Une catégorie de robots sortis de la cage

Dans cette perspective, on proposera en second lieu de désigner le cobot comme une catégorie de robot conçu pour une interaction/interrelation réelle, directe ou télé-opérée, avec un opérateur humain, dans un espace de travail partagé. Alors que le robot dans son acception classique n'a pas d'interaction directe avec l'homme, est autonome et reste confiné dans un espace dédié et protégé.

La cobotique se distingue également de la robotique par les éléments fondamentaux suivants :

- Sa simplicité de programmation de type intuitif même pour des novices
- Sa flexibilité et sa capacité à changer rapidement de tâche selon les besoins de l'entreprise
- La sécurité, basée sur le design même du cobot, qui lui permet de travailler avec l'homme sur un même espace de travail, sans avoir recours à une cage de protection.

La détection, le suivi, l'identification de l'opérateur par des capteurs de présence d'une part et des systèmes de retour d'effort d'autre part, sont des caractéristiques intrinsèques au cobot répondant à différentes normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO 10218-1 et 2, ISO 11161, ISO 12100). Le binôme homme/cobot est un couplage en temps réel entre le bras maître du premier et le bras esclave du second. Ainsi l'intelligence du geste, le savoir-faire, l'expertise métier, la perception du résultat final restent in fine l'apanage de l'homme qui est assisté dans les tâches pénibles, précises et/ou répétitives par la machine. En d'autres termes, en état de dépendance complète ou partielle, le cobot travaille avec des personnes et non à leur place.

B. De l'assistance à la relation conviviale

Depuis les îlots robotisés collaboratifs, sortes d'ateliers de production, jusqu'aux cobots d'assistance aux gestes que sont les exosquelettes à des fins de suppléance d'un handicap ou de soulagement de l'opérateur, en passant par les robots mobiles collaboratifs, la famille des cobots est en constante évolution. Récemment, l'émergence d'une cobotique conviviale, relationnelle et communicationnelle, c'est-à-dire de service et d'assistance aux personnes à domicile²⁰ est en plein développement. Ce secteur privilégie l'aspect humanoïde des cobots et ce, pour deux raisons principales : la première étant que notre environnement est conçu pour l'humain ; la seconde est une meilleure acceptabilité par l'homme qui peut, par ailleurs, plus aisément se projeter sur la machine mais aussi comprendre le mode d'emploi. Le terme même de cobot prend une connotation positive par rapport à celui de robot.

L'ensemble de ces spécificités entraîne des transformations importantes, non seulement sur l'activité de production mais aussi dans la vie quotidienne, même si elles sont pour l'heure difficilement mesurables. Les applications potentielles de la cobotique sont très diverses. Elles vont de tâches simples de manipulation de pièces à des opérations de contrôle en lien avec des opérateurs humains, jusqu'à des assemblages de précision. Il y a autant d'applications potentielles que de robots capables de travailler avec les hommes.

Les promesses de progrès technologiques dont la cobotique est porteuse ne doivent toutefois pas masquer les questions économiques qu'elles posent et particulièrement sur leurs possibles conséquences sur l'emploi. De même, il serait inconséquent de penser le développement de la cobotique sans s'interroger sur ses implications sociétales. Quels progrès espérer ? Pour quelles catégories de population ?...

III. LES COBOTS OBJETS DE RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT

En tant qu'objet de recherche, les cobots sont au cœur de nombre de travaux, principalement dans le domaine des sciences exactes. Le site Web of sciences et les archives ouvertes HAL référencent ainsi de nombreuses publications comportant le mot-clé cobot, majoritairement dans le domaine de l'informatique, sous-catégorie robotique, mais aussi en sciences de l'ingénieur. En robotique, la création de connaissances apparaît ainsi centrée sur la R&D. Le nombre d'occurrences du mot reste toutefois faible avec seulement 25 résultats sur le site Web of sciences et 108 résultats sur HAL.

On trouve également quelques travaux de recherche en sciences humaines et sociales où un spectre large de disci-

WEB OF SCIENCE™

Search Return to Search Results

Full Text from Publisher Save to EndNote online Add

Flexible and soft robotic grippers: the key to new markets?

By: Bogue, R (Bogue, Robert)

INDUSTRIAL ROBOT-AN INTERNATIONAL JOURNAL
Volume: 43 Issue: 3 Pages: 258-263
DOI: 10.1108/IR-01-2016-0027
Published: 2016

18. Jautomatise, La France mise sur la cobotique, n°98, Janv-Fev 2015 http://www.jautomatise.com/article-pdf?fichier=J98-P-8-9-ACTU_SOCIETES

plines est concerné, allant de la sociologie à l'économie. Le cobot est alors davantage un terrain d'expérimentation plus qu'une question scientifique en soi.

A. Flexibilité et autonomie décisionnelle

Les cobots sont également intégrés à la déclinaison de la politique française de recherche et d'innovation. Prévues par la Loi pour l'enseignement supérieur et la recherche du 22 juillet 2013, la Stratégie nationale de recherche - France Europe 2020 retient des orientations en rapport avec les cobots dans deux des dix défis qu'elle définit :

- « Défi 2. Renouveau industriel ». Orientation sur les procédés de fabrication flexibles centrés sur l'homme « Il s'agira d'inventer et de déployer à grande échelle des modes de fabrication flexibles, capables de s'adapter aux besoins des clients, ainsi que des systèmes de contrôle des dispositifs de production simples et ergonomiques (coopération homme-machine, cobotique industrielle). Ce nouveau domaine nécessite de faire collaborer les chercheurs en sciences de l'ingénieur et les chercheurs en sciences humaines et sociales sur l'organisation des systèmes de production et l'ergonomie. »
- « Défi 7. Société de l'information et de la communication ». « Il s'agira de revoir l'interaction homme-machine à la lumière du comportement naturel humain et des progrès dans l'autonomie décisionnelle et opérationnelle des machines. Afin de développer une réelle collaboration entre l'homme et la machine, la recherche sur les processus d'auto-apprentissage entre homme et machine doit être amplifiée, la machine devant s'adapter aux aspects imprévisibles des comportements de l'opérateur, et développer une plus grande richesse d'interactions pour des automatismes « intelligents ».



On voit ainsi que se combinent une thématique de R&D technologique et un terrain de questionnement scientifique, qui mobilisent de façon complémentaire la recherche au service d'un développement économique mais aussi d'une approche sociale des cobots.

B. Augmenter l'humain en libérant le robot

La mise en place du Compte personnel de prévention de la pénibilité depuis le 1er janvier 2015 a sensibilisé les entreprises aux facteurs de risques auxquels les salariés peuvent être exposés. La cobotique ouvre de nouvelles perspectives pour répondre aux contraintes physiques du travail (rythme, exposition à des environnements agressifs, etc.).

La préservation de l'opérateur humain étant la meilleure garantie de la pérennité de l'entreprise, l'homme reste concentré sur la partie la plus complexe de la tâche, celle qui demande dextérité, capacité de perception, analyse, apprentissage et expérience. Les tâches pénibles pour lesquelles l'humain présente peu de valeur ajoutée sont transférées au cobot. Les solutions qu'offre la cobotique sont donc envisagées quand les robots seuls ne peuvent remplacer l'homme dans son expertise, sa flexibilité, son savoir-faire, sa sensibilité, sa perception des choses et de son environnement. Ainsi la cobotique apparaît comme une nouvelle discipline technologique, à l'interface de la cognitive et du facteur humain, de la biomécanique et de la robotique

Le cobot étant un robot différent –ne fonctionnant pas sans homme mais avec l'homme– les spécialistes pensent que le marché est porteur et pourrait permettre, à terme, à la France de rattraper son retard en matière de robotique. Ainsi certaines régions se sont engagées en faveur de la cobotique. C'est le cas de la région Centre-Val de Loire qui a publié une plaquette synthétique sur ce thème. Les enjeux de la cobotique dans l'industrie sont posés en termes d'avantages (revalorisation des postes de travail, amélioration des conditions de santé, simplicité de mise en œuvre, gains de productivité...) et de freins (frilosité des PME, modification de la structure de l'emploi, jeunesse du concept...).

En augmentant l'humain, la cobotique a d'ores et déjà révolutionné de nombreux domaines tels que l'industrie (robots équipiers, exosquelettes...), la chirurgie (télé-chirurgie, rééducation fonctionnelle, appareillages substitutifs...), et sans doute le domaine militaire avec des développements restés secrets. Sa place croissante dans ces domaines lui vaut d'apparaître comme un champ spécifique de la formation.

Mais l'avenir est sans doute dans la cobotique conviviale et communicationnelle et l'utilisation de robots spécifiques, humanoïdes ou ayant l'aspect d'animaux pour accompagner les personnes dépendantes et établir une communication directe ou à distance.

C. La « cobolution » dans l'économie et le travail

Au centre des débats de nature économique, sociale et politique, la robotisation fait l'objet de propositions très clivées, témoignant ainsi des espoirs et craintes que suscite cette évolution technologique. Pour les uns, elle représente une occasion de retrouver le chemin d'un plein emploi de qualité, laissant aux machines les tâches les plus pénibles et aux hommes les activités les plus qualifiées. Pour les autres, elle est perçue comme une menace sans doute inéluctable dont il conviendra de limiter les effets indésirables. La littérature disponible sur le sujet traduit cette absence de consensus même si les thèses optimistes semblent dominer. Peu d'auteurs tiennent en effet pour acquis la pertinence du lien entre robotisation et fin du travail. Pour autant, les rapports les plus confiants soulignent que la prégnance croissante de ces technologies dans l'activité économique impose de repenser la place et le rôle des hommes dans le système de production de biens et services. Le sujet est d'actualité comme en témoignent les récents débats politiques (revenu

universel / futur sans emploi / fin du travail / taxe sur les robots) et les récents rapports du Conseil d'orientation pour l'emploi (COE) et de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur l'emploi qui soulignent les défis et opportunités de la révolution technologique en cours.

D. Vers la « quatrième révolution industrielle » ?

L'usine du futur ou l'« Industrie 4.0 », utilisant les nouvelles technologies (robotique, réalité augmentée, impression 3D, simulation numérique, *big data*, usage des drones pour créer des espaces de productions à trois dimensions et réduire les surfaces des usines, capteurs et algorithmes d'aide à la décision, intelligence artificielle...) serait le meilleur moyen de revitaliser le tissu industriel, de gagner en productivité (augmentation des cadences, réduction des coûts et des stocks) et même de relocaliser en Europe les investissements et donc les emplois.

Ces nouvelles technologies remettent en cause la conception de la chaîne de production fordienne trop rigide en faveur d'un système d'assemblage modulaire plus flexible.

Les cobots, en particulier, seraient des investissements peu coûteux (quelques dizaines de milliers d'euros) et donc accessibles à des PME voire aux TPE. Ils sont également performants pour la production de biens diversifiés (souplesse de la chaîne de montage et capacité d'apprentissage de l'outillage), en petite quantité ou personnalisés, individualisés. Ils sont porteurs des nouveaux critères de la robotique industrielle : interactivité et flexibilité.

La plupart des pays européens se sont lancés dans des programmes d'accompagnement des industriels pour promouvoir cette révolution technologique. En France, c'est le programme « La nouvelle France industrielle » lancé en septembre 2013 et largement soutenue par le CEA¹⁹ dans le cadre de ses nouvelles missions (plan « Usine du Futur »). En mars 2013, le gouvernement a présenté le plan « France Robots Initiatives » doté de 100 millions d'euros de fonds publics et privés.

Le marché mondial de la robotique était évalué à 28 milliards de dollars en 2015²⁰ avec de fortes perspectives de croissance (environ 12 % par an). Les principaux acteurs du domaine sont l'Allemagne, le Japon, la Chine. Mais les nouvelles formes de robotique (en particulier les cobots) laissent présager un potentiel de développement énorme. Le salon international Innorobo a tenu sa huitième édition à Paris, du 16 au 18 mai 2017 et quelques start-ups françaises y étaient présentes (Sarrazin Technologies, RB3D, Sybot...).

E. Représentation et imaginaire collectifs : robots = perte d'emplois

L'angoisse et les réactions hostiles générées par le progrès technique sont récurrentes depuis deux siècles (révolte des canuts à Lyon en 1831, mouvements luddistes en Angleterre en 1811). Le développement de la robotisation ne fait pas exception.

La déstructuration du travail et précarisation de l'emploi touchent aussi de plus en plus les classes moyennes. L'inquiétude est d'autant plus large que « les cols blancs sont autant menacés par les progrès de la technologie que les caissières de supermarché »²¹.

De nombreuses études alimentent cette préoccupation. Pour exemple : selon une étude (particulièrement controversée) publiée par deux chercheurs britanniques d'Oxford en 2013, 47% des emplois américains seraient exposés au risque de l'automatisation²². Selon l'économiste Roger Sue : « *entre 40% et 60% des emplois seraient menacés [par l'automatisation] à échéance d'une vingtaine d'années* »²³. Enfin, selon l'OCDE, « *80 % de la perte de revenu national issu du travail entre 1997 et 2007 serait liée aux nouvelles technologies. Lors d'une enquête menée par le Forum économique mondial, les personnes sondées ont répondu que l'intelligence artificielle et la robotique étaient les technologies émergentes les plus dangereuses pour l'emploi dans la décennie à venir* »²⁴.

« *Au sein du marché de l'emploi français, 42% des métiers présentent une probabilité d'automatisation forte, et donc à moyen terme de disparition (ou de transformation), du fait de la numérisation de l'économie, (...) Les métiers automatisables ne sont pas uniquement les métiers manuels. Les développements de la robotique actuelle ne visent pas seulement la réalisation de tâches automatisées, mais également la prise de décision autonome, voire la collaboration robots-hommes. Dans les années à venir, des tâches intellectuelles de plus en plus nombreuses seront prises en charge par les outils numériques. Les robots de nouvelle génération pourraient traiter 25 % des tâches automatisables d'ici à 2025, contre seulement 10 % actuellement pour les robots traditionnels, selon le rapport du cabinet de conseil Boston Consulting Group (BCG). Cette automatisation des emplois détruirait près de 3 millions d'emplois en France à l'horizon 2025, et impacterait en grande partie le secteur des services qui était jusque-là épargné.* »²⁵

D'autres études tracent des perspectives moins anxiogènes tel le rapport « *Automatisation, numérisation et emploi* » publié en janvier 2017 par le COE selon lequel : « *moins de 10% des emplois cumulent des vulnérabilités qui pourraient en menacer l'existence dans un contexte d'automatisation ; la moitié des emplois existants pourrait voir son contenu notablement ou profondément transformé.* »

Il est à noter que le tome 2 de l'étude, à paraître au printemps 2017, traite des impacts sur les conditions de travail, l'organisation du travail et les compétences des actifs requises. Selon Marie-Claire Carrère-Gée, présidente du COE, qui commente l'étude : « *S'agissant de leurs conséquences sur l'emploi, les robots, l'intelligence artificielle ou l'impression 3D ne justifient ni frayeur ni exaltation. Les transformations d'emplois existants, pour être probablement de très grande ampleur, pourront constituer autant d'opportunités et rendre bien des tâches moins pénibles et plus performantes. Les pertes d'emploi, peut-être significatives, pourront être compensées, et plus que, par des créations d'emploi en France. A nous – acteurs économiques, citoyens, pouvoirs publics – de nous en donner les moyens.* »

Pour d'autres, comme l'économiste Jean-Hervé Lorenzi, le progrès technique détruit de l'emploi à court terme, mais

19. CEA, Les robots s'intègrent dans l'usine du futur, dossier de presse du 16 septembre 2015

20. Futuribles, numéro 339, Avril-mars 2008

21. MILLER M., Les robots ébranlent le monde des avocats, Le Monde, 30 novembre 2016 http://www.lemonde.fr/021/article/2016/11/29/les-robots-ébranlent-le-monde-des-avocats_5039852_5014018.html

22. CHARLET V., La robotisation ne tue pas le travail, elle le transforme, Le Monde, 19 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/01/17/la-robotisation-ne-tue-pas-le-travail-elle-le-transforme_5064220_3234.html

23. SUE R., Ce n'est pas le travail qui manque, Le Monde, 5 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/idees/article/2017/01/04/ce-n-est-pourtant-pas-le-travail-qui-manque_5057532_3232.html

24. SCHWAB K., *Rendre la révolution technologique inclusive*, Le Monde, 14 janvier 2017

25. Re.sources, 5 graphiques pour comprendre l'impact de la robotique sur l'emploi <http://ressources.grouperandstad.fr/5-graphiques-pour-comprendre-l'impact-de-la-robotique-sur-emploi/>

en crée à long terme.

A contrario, on observe que les pays qui ont des proportions élevées de robots ne sont pas ceux qui connaissent des taux de chômage élevés.

F. L'analyse économique systémique des principaux effets sur l'emploi liés à la robotique

On peut synthétiser le jeu de relations complexe qui lie l'implantation des cobots à la situation de l'emploi sur le marché du travail de la façon suivante :

- Emergence de gains de productivité, c'est-à-dire de valeur ajoutée supplémentaire liée à l'amélioration de l'efficacité du système productif. Ces gains de productivité peuvent être répartis de trois manières : hausse des salaires (ou baisse du temps de travail pour un salaire identique), hausse des prélèvements sociaux (impôts ou cotisations), hausse du profit. Quelle que soit la forme de la distribution de cette richesse supplémentaire, elle provoquera une hausse des débouchés (consommation, investissement) pour les entreprises françaises ou étrangères.
- Stimulation de nouveaux marchés : pour satisfaire cette nouvelle demande et pour répondre également à la production des robots, les entreprises vont investir et embaucher ce qui stimule la croissance et a un impact positif sur le volume des emplois en France et/ou à l'étranger.
- Substitution du capital au travail : l'introduction de robots dans une chaîne de fabrication a deux effets directs : la réduction du nombre de postes et le changement des qualifications requises dans la chaîne de production. Cela conduit donc à un effet négatif sur l'emploi et une exigence de formation des personnels.
- Une amélioration des conditions de travail : les robots et en particulier les cobots ont pour fonction l'assistance pour la réalisation de tâches pénibles, traumatisantes, ou exigeant plus de force ou de précision que ne peuvent en fournir les individus. Les cobots réduisent donc potentiellement les maladies professionnelles comme les TMS. Globalement, ils ont donc un impact à la baisse des dépenses de santé.

L'impact des cobots sur l'emploi est donc complexe à analyser, il est ainsi prudent de se méfier des conclusions hâtives ou trop tranchées. L'impact sur le chômage est spécifique à chaque pays car la situation sur le marché du travail est une résultante de la combinaison de deux variables macroéconomiques :

- le nombre d'emplois proposé par le système productif et ses exigences en termes de qualification qui dépend de la structure productive (spécialisation internationale)
- part de la population en âge de travailler qui dépend de la démographie, de la culture, de la sociologie, de la politique migratoire et de la législation du travail du pays.

CONCLUSION

Deux exigences : la formation et/ou de nouvelles formes du travail

Ce sont les emplois les moins qualifiés qui sont les plus menacés, d'où la nécessité d'accompagner la transition technologique par une politique de formation volontariste et d'ampleur. « *Ce dont nous avons besoin, c'est de faire émerger une véritable industrie de la reconversion professionnelle* » pour sécuriser les parcours professionnels. La solution, selon l'Institut Montaigne, pourrait s'appuyer sur un capital emploi formation dédié à tous les actifs quelques soit leur statut²⁶. Pour répondre à ces enjeux du futur, le paléo-anthropologue Pascal Picq prône le développement de la créativité pour résister à la robotisation des métiers, car « *ce qui fait de nous des humains, c'est justement garder la maîtrise de la créativité* »²⁷.

Deux scénarii : alternative ou point d'étape ?

Tout semble démontrer que le processus de perfectionnement et de déploiement des cobots est loin d'être achevé. Si on se livre à un exercice d'anticipation, on peut légitimement imaginer deux scénarios d'évolution. L'un consacrant l'autonomie sémantique et pratique de la cobotique, distendant par là même son lien avec la robotique. L'autre privilégiant un scénario plus radical de substitution progressive du cobot au robot. Le second empruntant alors le statut d'ancêtre du premier.

BIBLIOGRAPHIE

ARISTOTE, *La Politique*, chapitre 4, livre I

BESSION F., *Robots médiévaux*, Actuel Moyen âge, 17 novembre 2016 <https://actuelmoyenage.wordpress.com/2016/11/17/robots-medievaux/>

Blog Human Robotics, *La cobotique: une solution pour lutter contre la pénibilité au travail* <http://www.humarobotics.com/la-cobotique-solution-lutter-contre-penibilite-au-travail/>

CEA, *Les robots s'intègrent dans l'usine du futur*, dossier de presse du 16 septembre 2015

CEA Tech, *Robotique collaborative* <http://www-list.cea.fr/recherche-technologique/programmes-de-recherche/manufacturing-avance/robotique-collaborative>

CHARLET V., *La robotisation ne tue pas le travail, elle le transforme*, Le Monde, 19 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/economie/article/2017/01/17/la-robotisation-ne-tue-pas-le-travail-elle-le-transforme_5064220_3234.html

CLAVERIE B., LE BLANC B. et FOUILLAT P., *La cobotique, Communication et organisation*, 44 2013 <http://communicationorganisation.revues.org/4425>

Conférence pour IBM de HAUERT S., *Dehypping Robotics and Artificial Intelligence (AI)*, 21 mars 2017 <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/dehypping-robotics/>

Conseil d'orientation pour l'emploi, *Automatisation, numérisation et emploi*, janvier 2017 http://www.coe.gouv.fr/DetailNouveaute.html%3Fid_article=1347.html

DAVID A.-S. *Robotique collaborative - La cobotique Au service de la réindustrialisation et du Made in France*, Le nouvel économiste, 3 mars 2012 <https://www.lenouveleconomiste.fr/lesdossiers/robotique-collaborative-la-cobotique-13987/>

DE KERORGUEN Y., *Robots et science-fiction. Les robots dans la littérature de science-fiction*, 1982 <http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/>

26. MARTINOT B. & SAUVAT E., *Des ressources pour se former*, Le Monde, 19 janvier 2017

27. PICQ P., *Choisissez d'étudier ce que vous aimez*, Le Monde, 12 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/021/article/2017/02/09/pascal-picq-choisissez-d-etudier-ce-que-vous-aimez_5077105_5014018.html

handle/2042/30794/C%26T_1982_7_81.pdf?sequence=1

DEVY M., *La cobotique ; des robots industriels aux robots assistants, coopérants et co-opérateurs*, Annales des Mines, Réalités industrielles, février 2012.

FAUCHEUX M. & WIENER N., *Le Golem et la cybernétique. Eléments de fantastique technologique*, éd° du Sandre, 2008

Futuribles, numéro 339, mars-avril 2008

GAUDIELLO I., ZIBETTI E., LEFORT S., CHETOUANI M. & IVALDI S., *Trust as indicator of robot functional and social acceptance. An experimental study on user conformation to iCub answers*. Computers in Human Behavior, Elsevier, 2016

Humanrobotics, *Les 7 champs d'applications du Robot Sawyer* <http://www.humanrobotics.com/>

Industrie du futur – Réunir la nouvelle France industrielle – Dossier de presse du Gouvernement Français– 18 mai 2015

Institut Maupertuis, *La Cobotique, un de vos nouveaux collaborateurs sera un robot !* Bulletin technique n° 43 août 2015, www.institutmaupertuis.fr/fr/publications

Jautomatise, *La France mise sur la cobotique*, n°98, Janv-Fev 2015 http://www.jautomatise.com/article-pdf?fichier=J98-P-8-9-ACTU_SOCIETES

KLEINPETER E., *Le cobot, la coopération entre l'utilisateur et la machine*, Multitudes, n° 58, printemps 2015 <http://www.multitudes.net/category/l-edition-papier-en-ligne/58-multitudes-58-printemps-2015/>

KOLAWOLE, *What if this ATLAS shrugged? DARPA unveils new humanoid robot*, Washington Post, 12 Juillet 2013

MARCINKOWSKI A. & WILGAUX J., *Automates et créatures artificielles d'Héphaïstos : entre science et fiction*, Techniques & Culture [En ligne], 43-44 | 2004, mis en ligne le 15 avril 2007 <http://tc.revues.org/1164>

MARTINOT B. & SAUVAT E., *Des ressources pour se former*, Le Monde, 19 janvier 2017

MILLER M., *Les robots ébranlent le monde des avocats*, Le Monde, 30 novembre 2016 http://www.lemonde.fr/o21/article/2016/11/29/les-robots-ebanlent-le-monde-des-avocats_5039852_5014018.html

Ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, *Stratégie nationale de recherche – France Europe 2020*, 5 mars 2015 <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid86688/strategie-nationale-de-recherche-france-europe-2020.html>

<http://comanoid.cnrs.fr/consortium>

Ministère de l'Economie, Nouvelle France industrielle, *L'industrie du futur* <https://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/industrie-du-futur>

Ministère du Redressement productif & ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, *France robot initiatives*, mars 2013 http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/robotique/france-robots-initiatives.pdf

MORI M., *The Uncanny Valley* (Traduction de Isabel Yaya), 1970, repris en 2005, trad. fr. 2012 <http://gradhiva.revues.org/2311>

MOULIERES-SEBAN, SALOTTI J.M., CLAVERIE B. & BITONNEAU D., *Classification of cobotic systems for industrial applications*, proceedings of the 6th workshop towards a Framework for Joint Action, Paris, 26 octobre 2015

Onisep, *De la robotique à la cobotique*, Poitou-Charentes – Poitiers, 14 avril 2016 <http://www.4erevolution.com/horizon-2020-leurope-attribue-98-millions-deuros-a-21-projets-robotiques/>

PALMER Z., *Fist bumps and shock installation, Ford 'co-bots' do it all*, Automotive news, 15 juillet 2016 <http://www.autonews.com/article/20160715/BLOG06/307169999/fist-bumps-and-shock-installation-ford-co-bots-do-it-all>

PASCAL B., *Pensées*, éd. Gallimard (édition de Michel Le Guern), coll. « Folio classique », 1977, fragment 572, p. 370

PESHKIN M. & COLGATE J., *Cobots, Industrial Robot: An International Journal*, vol 26, 5, 1999, p335-341

PICQ P., *Choisissez d'étudier ce que vous aimez*, Le Monde, 12 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/o21/article/2017/02/09/pascal-picq-choisissez-d-etudier-ce-que-vous-aimez_5077105_5014018.html

PULVER J., *Au Japon, les affinités robotiques*, Le Temps, 25 juillet 2016 <https://www.letemps.ch/societe/2016/07/25/japon-affinites-robotiques>

Re.sources, 5 graphiques pour comprendre l'impact de la robotique sur l'emploi <http://resources.grouperandstad.fr/5-graphiques-pour-comprendre-limpact-de-la-robotique-sur-lemploi/>

SCHWAB K., *Rendre la révolution technologique inclusive*, Le Monde, 14 janvier 2017

Société HMI MBS, *Cobotique* <http://www.mb-s.fr/cobotique.html>

SUE R., *Ce n'est pas le travail qui manque*, Le Monde, 5 janvier 2017 http://www.lemonde.fr/dees/article/2017/01/04/ce-n-est-pourtant-pas-le-travail-qui-manque_5057532_3232.html

Wikipédia, *La vallée dérangement* https://fr.wikipedia.org/wiki/Vall%C3%A9e_d%C3%A9rangeante

Direction régionale des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi en région Centre-Val de Loire *La cobotique en région Centre-Val de Loire*

VIDEOS

<https://www.youtube.com/watch?v=8VwkQFlo7fc>

<https://www.youtube.com/watch?v=ku8ow3js72w>

<http://www.cobot6axes.fr/>

<https://www.youtube.com/watch?v=ZQAU5idNoN8>

https://www.youtube.com/watch?v=eQU9nao_L28

<https://www.youtube.com/watch?v=AjPIHSU0znM>

<http://www.24heures.ch/economie/Les-exosquelettes-debarquent-pour-construire-nos-routes/story/13566324>

Clôture officielle du cycle national 2016-2017 • Jeudi 1er juin 2017
Valeur des sciences et des technologies, du bien commun à l'inconnu et l'incertain

Les cobots, d'autres robots devenus collaboratifs ?

Avec :

Sylvain ALLANO, conseil en propriété industrielle, Pontet Allano & Associés, ancien Directeur scientifique du groupe PSA

Eva CRÜCK, ingénieur de recherche, responsable opérationnelle du DGA Lab, Direction générale de l'armement, ministère de la Défense

Henry MATYSIAK, président directeur général HMI-Mécanique binaire service

Frédéric TORDO, psychologue clinicien et psychanalyste, membre fondateur de l'Institut pour l'étude des relations homme robot, Centre de psychanalyse, médecine et société, université Paris Diderot

Mise en perspective par **Dominique DESJEUX**, anthropologue, professeur émérite, université Paris Descartes

Auditeur : Mesdames et messieurs, pensions-nous vraiment en entamant il y a quelques mois ce travail sur les cobots que nous allons évoquer, invoquer, presque convoquer la mythologie grecque, les grands philosophes et Dalida. Saviez-vous en effet que le couple homme-machine est parfois appelé Centaure pour rappeler le caractère hybride de cette créature mythologique. Saviez-vous par ailleurs que, si l'on creuse un peu, on découvre que l'étymologie de Chiron, le centaure savant, féru de science et d'enseignement, signifie « habileté avec les mains » ce qui a donné, entre autres, le terme de chirurgie. Saviez-vous enfin que, travaillant sur les cobots, on pouvait convoquer la philosophie allemande ? Hegel et sa dialectique du maître et de l'esclave. Kant et sa réflexion sur les objets et les êtres animés. Et bien évidemment Marx, pour sa critique de l'automatisation et de la production dans *Fragments sur les machines*. Et Dalida, me direz-vous ? Peshkin et Colgate dont les travaux étaient financés par l'industrie automobile américaine ont utilisé ce terme pour la 1^{ère} fois en 1999. Le cobot vient donc d'avoir 18 ans et le but est bien qu'il soit « fort comme un homme ». Pour cette restitution des travaux de l'atelier, notre choix s'est porté sur les principaux points d'étonnement qui ont émergé à la suite de nos différentes recherches collectives et au fil des sept conférences que nous avons suivies. Et puisque 7 est aussi le chiffre de la recherche et de la connaissance, je cède la parole à mes sept camarades d'atelier.

Auditeur : Un des premiers étonnements qui nous a saisis quand nous avons entendu parler de cobot a été d'apprendre qu'un cobot est un robot sorti d'une enceinte, d'une barrière, donc en quelque sorte un robot domestiqué. Or de domestiqué à domestiqué, il n'y a qu'un pas que nous avons décidé de franchir. Nous nous sommes demandés comment, dans nos maisons, les cobots pourraient évoluer et quel futur cela nous préparait. Nous nous sommes imaginés à quoi pourrait ressembler ce futur. La

question étant de savoir si, demain, nous aurions des cobots dans la maison ? Pour certains spécialistes que nous avons entendus, cela était tout à fait possible très prochainement, pour d'autres dans un avenir un peu plus lointain, et pour d'autres encore ce n'était là qu'une utopie. Nous avons donc essayé de voir où se trouvait le juste milieu. Nous nous sommes posés des questions pour voir quelle était la réalité. Cette dernière nous est apparue à travers trois points que je vais présenter très rapidement.

1. Le fait que, bien que la technologie actuelle soit très pointue, elle est encore insuffisante pour faire du cobot un objet réellement domestique, c'est-à-dire vivant à nos côtés, comme le serait un animal.
2. Ces cobots, du moins ceux que nous avons pu voir, ont toujours un fil à la pâte. Ils sont rarement complètement autonomes. L'énergie est un problème de fond dans nos sociétés. Or pour un objet comme un cobot, il est indispensable d'être autonome le temps que l'on a besoin de lui, sans avoir besoin d'être rechargé. Cette question d'autonomie évoluera sans doute, mais elle reste à ce jour un problème de fond.
3. Si le cobot doit accompagner l'humain dans sa vie de tous les jours, il doit être un peu le pendant de l'humain, une sorte de copie de l'humain. Dans ce domaine là, nombreuses sont encore les recherches à développer, notamment en sciences humaines, pour arriver à cette convivialité entre le cobot et l'humain.

Auditeur : Pour approfondir ce premier étonnement, partons des premières réactions, ou impressions, que nous avons pu avoir par rapport à cet étrange objet qu'est le cobot. Nous avons retenu deux réactions qui, selon les individus, sont séparées ou mêlées : méfiance et espoir. Méfiance à l'égard du remplacement de l'homme par la machine, méfiance à l'égard de tout ce qui repousse les limites de l'humain d'une manière quasi-inhumaine, mais aussi méfiance à l'égard de la création d'une société qui pourrait être déshumanisée par la présence



de ces nouveaux êtres. Et dans le même, espoir devant ces nouvelles capacités, espoir devant une vie facilitée pour ceux qui subissent aujourd'hui des conditions difficiles à cause de handicap, de vieillesse ou de travaux pénibles, et plus largement espoir devant une forme de vie enrichie par ces technologies nouvelles. Qu'est-ce qui suscite ces sentiments mêlés, cet envers et cet endroit à l'égard des cobots ? C'est ce que nous avons essayé d'approfondir, notamment autour du rapport homme-robot ou homme-cobot. Une approche possible passe par un détour vers les mythes fondateurs de l'occident. Il nous est apparu qu'il existait une forme de continuité de cet entremêlement de méfiance et d'espoir autour de ce type d'objets ou d'êtres. On peut penser au mythe de Dédale, cet artisan qui construit des machines, les oiseaux mécaniques, pour l'agrément des hommes, mais aussi pour leur perte, notamment celle de son fils Icare qui voulut défier les dieux. On peut aussi penser au mythe des Titans, référence parfois utilisée pour désigner des robots ou des cobots. Créatures d'une force hors-norme, d'avant la civilisation des hommes et des dieux, ces titans sont en effet associés précisément à la phase du chaos qui précède la civilisation. Pour approfondir encore, il est intéressant de noter la dimension anthropologique du problème que l'on retrouve par exemple dans les écrits célèbres du roboticien japonais Masahiro Mori, notamment dans sa célèbre théorie de la vallée de l'étrange : plus un robot ressemble à un homme par l'apparence et par le mouvement, plus le degré de familiarité augmente et plus on risque d'atteindre un seuil de ressemblance où la familiarité se change en angoisse.



Auditeur : Pour prolonger cet aspect de la ressemblance avec l'homme, nous nous sommes interrogés sur la plus value de cet anthropomorphisme. Trois raisons principales président à ce fait :

1. Notre environnement est conçu par l'homme pour l'humain. Une machine à morphologie humaine permet donc une insertion et une adaptation beaucoup plus facile. Par exemple il n'y a pas de changement radical à faire dans une ligne de production s'il y a un espace co-partagé entre une machine anthropomorphe et un humain.
2. La meilleure acceptabilité par l'homme qui peut ainsi aisément se projeter, mieux anticiper les déplacements et les mouvements, comme si, en quelque sorte, le mode d'emploi était connu.
3. L'émergence d'une cobotique conviviale et communicationnelle, c'est-à-dire de service et d'assistance aux personnes. La recherche d'empathie dans ce cas entre les personnes et leur assistant est donc primordiale.

Auditeur : Nous nous sommes donc interrogés sur le rapport entre le cobot et l'être humain comme source d'inspiration et d'imitation. Il existe trois types de mimesis au sens de Démocrite : la mimesis corporelle, la mimesis émotionnelle et la mimesis cérébrale. Corporelle : je ne reviens pas dessus, nombreux sont encore les progrès à faire. Emotionnelle : il existe des technologies empathiques qui permettent de reproduire les échanges moléculaires se produisant au moment des émotions à l'intérieur des machines et des robots. Pensons notamment au projet Spoon mené par Jérôme Monceaux : un cobot qui

assiste et manage une équipe en se fondant sur les émotions et sur une dimension empathique qu'il parvient à développer. De même qu'à l'INRIA, on développe des robots dans lesquels on ajoute une fonction curiosité. Enfin, mimesis cérébrale : il existe plusieurs projets autour de l'imitation du travail et de l'activité cérébrale. Nous avons notamment évoqué le deep learning qui pourrait être actif aussi pour les robots en mesure d'apprendre grâce à l'interaction et au dialogue entre avec l'homme, via une interface cerveau-ordinateur. Je conclurai sur cette idée : vous vous demandez ce que c'est que la mimesis au sens de Démocrite : c'est Elon Musk qui développe à travers la start-up Neuralink la capacité à placer dans le cerveau, directement branchée sur nos neurones, une surcouche d'informatique et d'intelligence artificielle pour qu'on n'ait même plus besoin de taper sur Google Démocrite pour savoir ce que c'est que la mimesis.

Auditeur : Nous nous sommes aussi demandé si le cobot était un assistant, un partenaire ou un danger pour l'homme ? Il nous est apparu que le cobot est un collaborateur de l'homme, qui a l'avantage de l'aider dans de nombreuses tâches et d'amplifier ses compétences sans se substituer à lui. Ainsi, pour donner quelques exemples, le cobot améliore les conditions de travail dans un contexte de gestes pénibles et répétitifs. A ce titre, il contribue à la réduction des troubles musculo-squelettiques que ce soit en tant qu'amplificateur de force, ou de soulagement de charges. On peut penser aux exosquelettes utilisés dans l'armée pour porter des charges lourdes. Mais le cobot peut aussi assister les personnes vieillissantes et handicapées en s'associant par exemple aux transferts de charges, lors de séquences de rééducation fonctionnelle ou par le biais d'appareil substitutifs. Mais le robot peut aussi apaiser et reconforter les personnes isolées dans le cas de la robotique conviviale, relationnelle, communicationnelle. On pense aux animaux conviviaux qui commencent à se développer et dont on a vu un exemple au Japon. Le cobot améliore également la précision du geste, en particulier dans le domaine médical. De nombreux actes chirurgicaux sont ainsi pratiqués avec l'aide de cobots. Notre conclusion provisoire est donc que les cobots sont plutôt porteurs d'avenir car ils ouvrent la voie à de nouveaux processus de production, plus flexibles, moins coûteux et surtout moins traumatisants pour les opérateurs.

Auditrice : Un des questionnements qui arrive généralement quand on parle des cobots est celui de l'impact sur l'emploi. On pense en général que le cobot va remplacer l'homme et donc conduire à une destruction des emplois. En fait, au cours de nos réflexions, nous nous sommes aperçus que si, bien sûr il allait y avoir une destruction de certains types d'emplois, en même temps de nouveaux besoins et donc de nouveaux emplois allaient être générés. Un cobot est un objet très technologique qui conduit à développer de la robotique, de la cobotique, de l'électronique, de l'informatique. A cela s'ajoute la problématique du stockage. Nous avons plusieurs fois parlé de l'autonomie du robot, et notamment de la question du stockage qui permet d'avoir une plus haute autonomie. Au-delà de la fabrication et de la mise en service du cobot, il faut donc envisager tout ce qui concerne l'entretien et

la maintenance. A partir du moment où l'on admet que le cobot est appelé à remplacer l'homme dans certaines de ses fonctions, on doit tenir compte du besoin de maintenance efficace et immédiate qui va être engendré et donc des nouveaux emplois qui seront créés.

Auditeur : Nous nous sommes enfin livrés à partir de ces sept étonnements à un petit exercice de prospective pour imaginer comment demain ces cobots pourraient peupler notre environnement. Je ne reviendrai pas sur les exemples déjà cités de cobots à l'usine, dans le commerce ou à domicile en accompagnement des personnes. On voit facilement comment ces cobots pourraient nous assister dans la réalisation de certaines tâches : grâce au développement de leur capacité d'adaptation et d'apprentissage au service de l'homme. Augmenter ces capacités peut conduire à démultiplier l'intérêt des services qu'ils vont être capables de rendre et donc augmenter fortement leur emploi par l'ensemble des personnes. Nous avons fait un parallèle avec la voiture qui a fortement structuré notre environnement au cours du XX^e siècle. Le cobot va-t-il structurer notre environnement au XXI^e siècle ? Va-t-il modifier nos comportements ? Nos capacités ? Nos manières de vivre ? Nos centres d'intérêt ? Il nous semble essentiel de travailler sur ce second volet en retour, de manière à ce que le développement de ces nouvelles technologies soit conduit au service d'un sujet de société qui soit partagé.

Auditrice : Nous avons voulu axer notre présentation sur les choses qui nous avaient étonnées, nos réflexions étant plus incluses dans le rapport que je vous invite à lire. Nous allons donc passer maintenant à la table ronde pour laquelle je remercie nos quatre intervenants d'être venus. Ils ont accepté d'intervenir autour de deux parties : 1) une réaction sur nos étonnements ; 2) les développements du cobot en fonction de leur parcours, de leur activité et de leur vision. Après cette présentation et votre intervention, Amine nous posera quelques questions pour réfléchir plus avant sur cette thématique des cobots. Je remercie dans un premier temps Madame Eva CRÚCK. Vous êtes docteur en mathématiques appliquées et ingénieur de l'école nationale supérieure des études de technique et d'armement. Vous avez passé 12 ans à la DGA où vous vous êtes occupé de la politique scientifique en robotique et plus généralement dans le domaine de l'ingénierie et de l'information après quelques années d'expertise technique sur la navigation, le guidage et le pilotage de drones – ce qui est d'ailleurs intéressant parce que nous avons eu quelques discussions pour savoir si le drone était un cobot ? De 2013 à 2016, vous êtes responsable scientifique au département numérique et mathématiques de l'ANR, notamment en charge de la robotisation en matière de robotique. Depuis 2016, vous êtes retournée à vos premières amours de la DGA où vous êtes responsable opérationnel du DGA Lab pour développer l'innovation ouverte à la DGA. Avec votre double parcours DGA / ANR, vous aborderez les aspects de financement mais aussi les limites de développement des cobots, de leur industrialisation et de leur intégration dans l'armée.

Nous écouterons ensuite, Frédéric TORDO qui nous fait également le plaisir d'être présent parmi nous. M. Frédéric Tordo est clinicien et psychanalyste, docteur en psy-

chologie clinique, chercheur associé à l'université Paris Diderot, membre fondateur de l'Institut pour l'étude des relations homme robot (IERHR), auteur de *Le numérique et la robotique en psychanalyse*, et avec Serge Tisseron d'un livre collectif sur Les enfants, les robots et les écrans, nouvelles médiations thérapeutiques. Nous souhaiterions que vous preniez la parole en premier pour développer les aspects suivants : le cobot cet autre moi, les relations avec le corps, le cobot entre mythe et fantasmes. Comme vous l'avez vu dans le rapport, les fantasmes ont finalement pris une part très importante dans notre interrogation.

Nous donnerons ensuite la parole à Monsieur Henry MATYSIAK. Vous êtes aussi docteur en science physique des matériaux et vous vous êtes ensuite orienté vers le domaine de l'entreprise et de l'industrie. Entre 1979 et 2008, vous travaillez dans huit entreprises différentes, dont Areva avec des postes de plus en plus à responsabilité, dans le domaine de l'industrialisation, version béton, version chaufferie, plutôt pour monter des usines et pour aider à l'automatisation. En 2008, vous prenez la direction de la société MBS en ingénierie et en robotique. Vous avez entre autres participé à la mise en place d'une unité automatisée et robotisée en usine. Et depuis 2014, vous présidez la société HMI (suite de MBA), qui commercialise des robots et des cobots. Vous êtes donc vraiment spécialiste en ingénierie, robotique collaborative. Votre intervention portera plutôt sur l'intégration du cobot dans les PME, dans l'espace de travail et la commercialisation des cobots. Nous finirons avec M. Sylvain Allano. Vous êtes agrégé de physique appliquée, docteur en électronique et en science physique, mais aussi titulaire du diplôme d'étude internationale de la propriété intellectuelle. Cette double qualification se retrouve dans votre parcours où, après avoir été chercheur au CNRS, vous avez exercé les fonctions d'ingénieur en propriété intellectuelle dans un cabinet parisien. Vous êtes ensuite revenu à la recherche comme professeur des universités à l'ENS. Vous avez parallèlement co-fondé un cabinet de conseil en propriété intellectuelle et industrielle à Saclay. Vous continuez à observer ces deux fonctions et devenez ensuite directeur d'une unité mixte au CNRS dédiée à la recherche appliquée dans le domaine de l'information et de l'énergie. En 2006, vous êtes directeur adjoint scientifique à l'INSIS en charge des micro et des nanotechnologies de la photonique et de l'énergie électrique. En 2010, vous rejoignez le groupe automobile MPESA pour en devenir le directeur scientifique. Vous êtes à l'origine des open lab qui sont tout un réseau de laboratoires ouverts en collaboration avec les académiques. Fonction que vous occupez jusqu'en 2016. Depuis, vous avez fondé deux start-up en France et au Maroc sur la mobilité électrique tout en gardant ce double parcours d'activité en propriété intellectuelle. Vous nous apporterez votre vision sur les grands groupes par rapport aux cobots. Je vous remercie tous de votre présence et donne maintenant la parole à M. Frédéric Tordo.

Frédéric TORDO : Merci beaucoup de m'avoir invité à m'étonner avec vous au sujet de ce rapport sur les cobots. Je remercie en particulier Etienne-Armand Amato. J'interviens en qualité de psychologue et de psychanalyste. Ce prisme de pensée consiste à m'intéresser à la



relation subjective que nous entretenons avec ces objets de la post-modernité, de l'hyper-modernité. Dans ce cadre, j'ai retenu deux indications dans le rapport. Tout d'abord, le fait que vous présentiez le cobot comme un autre moi-même mais différent. Ce qui m'a interpellé c'est qu'à partir de ce moment là, on pourrait penser qu'il y a une duplication de notre vie psychique, et peut-être principalement de notre corps, quand nous sommes en interaction avec un cobot. Que pourrait-il alors se passer ? Vous savez peut-être que dans notre moi, dans notre appareil psychique, nous avons, la plupart du temps, une représentation inconsciente de notre corps qu'on appelle « moi corporel » ou « image inconsciente du corps ». On peut se demander ce que devient cette représentation du corps dans ce moi lorsqu'il existe une co-manipulation avec un cobot. Par exemple, quand un cobot copie le mouvement d'un opérateur humain en y ajoutant sa force à l'effort. On pourrait penser qu'il y aurait deux mécanismes parallèles, peut-être aussi complémentaires. Un premier qui serait une projection de notre moi corporel dans le cobot, mais aussi – et c'est ce qui est intéressant – une intériorisation des fonctions du cobot dans notre moi. En substance, c'est toute la question qui va intéresser la psychologie et les neurosciences bien vite : la question d'une possible déformation de notre moi, de son élargissement, pour permettre au cobot de faire partie de notre propre corps. Ce que je questionne ici avec vous, c'est la potentielle nouvelle interprétation de notre corps. Quid en effet des cobots qui seront constamment arrimés à notre corps comme avec un exosquelette ? Il me semble qu'en particulier avec les cobots on a une forme vertigineuse de l'être humain en devenir. Dans les récits de science-fiction, c'est la figure centrale du cyborg, cet être qui se trouve à mi-chemin entre l'organique et le technologique. Un deuxième point m'a beaucoup intéressé : lorsque l'on fait rentrer cette machine cobotique à l'intérieur de nous, cette dernière apparaît finalement, à la lecture du rapport, plus proche de l'orthèse que de la prothèse. Le cobot est plus sensé nous assister que nous remplacer. Il faudra sans doute aussi revenir sur nos craintes inconscientes à l'égard de l'ensemble des robots car le cobot est une sous espèce de robots et de ce fait, il est chargé de toutes ces représentations a priori. Alors il y a peut-être une peur originelle, originaire, qui nous rappelle le mythe du golem comme simulacre de l'homme. Vous savez que dans ce mythe se trouve un créateur humain qui fait un golem à son image et qui l'anime. Cette créature artificielle qui est monstrueuse, anthropomorphe et d'argile, va acquérir progressivement une puissance supérieure à celle de son créateur. En plus, elle est rebelle. Raison pour laquelle elle va être finalement détruite. Dans ce récit, se trouve tous les éléments pour comprendre la façon dont notre imaginaire et nos fantasmes inconscients sont façonnés dans la relation au robot. Je vais tenter de vous les résumer. D'abord une créature est façonnée à notre image et se retourne contre nous. C'est-à-dire qu'on fantasme une menace d'agression de la part du robot parce que le robot et donc le cobot garde dans notre inconscient sans doute sa puissance évocatrice prométhéenne. C'est l'image d'un grand squelette d'argent aux yeux de sang qui va faucher la vie humaine sur un champ de bataille comme dans Terminator. C'est le soulèvement des machines intelligentes qui conduit à une éradication punitive de

l'homme. La créature de Frankenstein nous renseigne sur le sens de cette crainte. Cette créature est angoissante. Mais tout autant que son créateur. Que s'est-il passé en effet dans sa tête pour animer un monstre pareil ? La peur des robots c'est donc – et c'est tout aussi important – la peur de nos propres désirs contradictoires et ambivalents que nous projetons sur la technologie en devenir. En réalité, sans doute, nous protégeons-nous d'une blessure narcissique. Les robots vont menacer notre moi pour trois principales raisons. 1) Ils nous ressemblent ou nous prolongent. La technologie va donc réussir à reproduire des attributs humains, par exemple la préhension avec le cobot, alors que nous pensions impossible de les simuler. 2) Il n'est pas totalement exclu que certains robots finissent par avoir une intelligence supérieure à la nôtre. Ce qui est déjà en partie vrai avec certaines intelligences logico-mathématiques. 3) Nous craignons que l'évolution ne s'arrête pas avec nous et qu'une évolution technologique ne prenne le relais. On peut donc penser que c'est une triple atteinte narcissique que nous subissons. Alors sans doute que la peur des robots est une tentative de restaurer cette triple atteinte narcissique. C'est-à-dire qu'avoir peur des robots vaut mieux que de bouleverser nos croyances sur la nature humaine. Et puis, enfin, notre peur concerne le monstrueux. Le robot est évidemment un monstre, au sens d'une chose incroyable qui nous fait peut être revivre l'impression de formes inquiétantes alors que nous ouvrons encore nourrissons les yeux dans notre berceau sur les ombres. Effectivement, nous avons tous connu, enfant, la peur que les objets s'animent alors qu'ils sont inanimés. Or les robots s'animent pour de vrai. Tous ces fantasmes nous parcourent dans la robophobie ou la vallée de l'étrange de Mori comme le souligne très bien ce rapport. Je vais conclure avec plusieurs facteurs dans la relation avec le cobot qui pourraient nous protéger de ces fantasmes inconscients : son degré d'autonomisation relative, sa simplicité d'utilisation, sa proximité physique avec l'homme et le fait qu'il ait une apparence de robot. Mais est-ce que ces facteurs nous empêcheront pour autant de nous défaire de cet imaginaire dystopique ?

Auditrice : Je vous remercie beaucoup pour cette intervention qui reprend les questions que nous nous sommes posées sur les fantasmes. Il est vrai qu'au premier abord, cela nous a tous effrayés pour les raisons que vous avez très bien décrites et que nous avons abordées. Nous allons maintenant donner la parole à Mme Eva Crück qui va nous parler des aspects financement, DGA, et revenir sur une grande question que nous nous posons tous : quid des cobots dans l'armée ?

Eva CRÜCK : Vous avez demandé en introduction si un drone était un robot. Permettez-moi de vous demander à mon tour si R2D2 est un cobot ? Un de mes premiers étonnement en lisant votre rapport est que vous vous référez beaucoup aux mythes mais en vous arrêtant aux mythes antiques et en évacuant complètement les mythes de la science-fiction moderne alors que cette dernière, en tant qu'expérience de pensée, nous aide aussi à imaginer le futur de ce que pourrait être les robots. Mon voisin a évoqué la figure du cyborg que l'on retrouve dans les fictions. En ce qui me concerne, je propose R2D2 de Star Wars. Je plaisante, mais c'est un peu emblématique de



voire approche où vous avez souvent fluctué entre robot et cobot. A certains moments de votre rapport ou de votre synthèse, on a pu sentir que le concept n'était pas très clair pour vous. Je pose donc la question : c'est quoi un robot ? C'est quoi un cobot ? Je pense qu'au terme de cette année d'étude, vous ne saurez pas répondre, mais rassurez-vous, moi non plus. Vous avez évoqué la notion de « sortir de la cage » qui, d'une certaine façon a avoir avec cette définition. Pour moi le cobot renvoie vraiment à cette dimension de robot industriel. Si je devais donner une définition d'un cobot par rapport à un robot au sens large, je dirais que c'est un robot d'assistance en milieu professionnel. J'insisterai donc sur ce côté collaboratif par différence avec le robot industriel qu'on a mis dans une cage parce que ses mouvements étaient dangereux pour les opérateurs autour. C'est comme ça que, moi, je comprends le cobot. Je pense que vous, vous avez un peu hésité entre ce robot collaboratif et le robot compagnon. C'est pour ça que je convoquais la figure sympathique de R2D2 que je range du côté des robots compagnons. Avant de répondre à la question des robots et cobots dans l'armée, permettez-moi de revenir sur une chose qui m'a un peu choquée dans votre rapport : ce fameux robot en cage, vous lui donniez la caractéristique « autonome ». Or là, je ne suis pas du tout d'accord. Car autonome signifie qui se donne ses propres lois. Or les robots industriels dans des cages sont des machines automatiques, programmées, qui font ce qu'on leur dit et qui n'ont pas de capacités de décision. Souvent le mot « autonome » dans le domaine de la robotique renvoie à des robots dont, au moins, on a l'impression qu'ils prennent des décisions eux-mêmes. Il y a une grande différence. Mais je veux bien entendre qu'autonome a un autre sens pour vous.

Auditrice : Avant de définir la notion de cobot, nous avons déjà eu du mal à définir la notion de robot. A partir de là, nous avons travaillé, mais c'est vrai que toute l'ambiguïté est restée. Car effectivement, à partir du moment où l'on définit le robot, que devient le cobot ? Et après, entre automatisation et autonome, il y a peut-être eu une confusion.

Eva CRÜCK : Rassurez-vous, c'est un concept sur lequel tout le monde bute. Le robot est un concept en train d'évoluer, il est donc normal que les frontières ne soient pas bien définies. Pour répondre à votre question sur l'armée, ce qui se rapprocherait pour moi le plus d'un cobot, c'est l'exosquelette. Aujourd'hui dans l'armée française, nous n'avons pas d'exosquelettes sur le terrain. La DGA a financé des études, d'autres pays également, sur les exosquelettes, mais nous ne sommes pas prêts encore à les mettre sur le terrain. Ce n'est pas pour des raisons psychologiques ou d'éthique. Mais pour des raisons de coûts, de complexité et de fiabilité de la machine. Par définition, un soldat se trouve dans un terrain hostile avec des gens qui ne lui veulent pas que du bien. Il a donc besoin d'un équipement dans lequel il peut avoir confiance, qui va fonctionner comme il l'entend, dans des conditions assez mauvaises. On n'est pas dans une salle aseptisée, mais dehors, avec des explosions et de la poussière. Or nous sommes loin aujourd'hui d'avoir les technologies qui permettent de garantir ce niveau de fiabilité pour des combattants à l'endroit où cela pourrait leur servir le plus.

Après, un drone est un engin télé-opéré qui n'a pas d'autonomie. Donc oui il y a des drones utilisés dans l'armée française. Ce sont des capteurs télé-opérés.

Auditrice : Je vais maintenant donner la parole à M. Henry Matysiak qui travaille sur la commercialisation des cobots et l'accompagnement : comment installer un cobot dans une PME ?

Henry MATYSIAK : Merci de votre invitation. Je vais revenir à des aspects beaucoup plus factuels par rapport à ce qui a été dit jusqu'à maintenant. Nous travaillons vraiment sur l'industrialisation par elle-même des cobots dans l'industrie. Les PME qui sont utilisatrices de robotiques ou d'automatisation en général sont en train de basculer aujourd'hui vers un univers qui est la cobotique. Dans notre travail, nous nous rendons compte que la cobotique n'est pas que la collaborativité. En fait, nous divisons la cobotique en deux : de la robotique coopérative et de la robotique collaborative. Dans la robotique coopérative, l'homme travaille à côté de la machine sans interaction, le tout étant qu'il accepte de travailler à côté d'une machine. Il y a en effet une crainte qui suppose une démarche pédagogique quand on entre dans les entreprises qui est loin d'être négligeable. Il faut apprendre aux gens à ne plus avoir peur avec les cobots. Dans un deuxième temps, l'idée serait d'avoir une robotique collaborative. On rencontre de plus en plus dans l'industrie cette idée que le robot va apporter la pièce à l'opérateur qui n'aura plus à porter cette dernière mais seulement à la fixer. Hommes et robots devront donc travailler en véritable collaboration même si, au final, ce sera toujours l'opérateur qui prendra la décision de l'interaction et du mouvement du robot. Quand il sera prêt, il fera un mouvement pour déclencher l'intervention du robot. Ces deux moyens de mettre en place la robotique collaborative à l'intérieur des entreprises sont très différents. Nous, nous sommes toujours axés sur des moyens de production purs. Les gens qui vont mettre en place des cobots vont plutôt avoir une première démarche de recherche d'annihilation des TMS par exemple, ou des problèmes de répétabilité très importants au niveau du travail. Nous, nous visons un gain de productivité assez important par la linéarisation des opérations que font d'habitude les opérateurs.

Auditeur : Tout cela se développe-t-il vraiment de manière très importante en France ? Ou en sommes-nous encore un peu aux balbutiements ?

Henry MATYSIAK : On a clairement dépassé le balbutiement depuis deux ans. Pour vous donner un exemple parlant : il y a deux ans nous vendions entre 30 et 40 robots par an, l'année dernière nous en avons vendus plus de 120, et cette année nous devrions en vendre entre 250 et 300. Nous sommes vraiment sur des perspectives économiques extrêmement importantes dans la mesure où il existe une vraie demande de mise en place de ce type d'automatisation un peu particulière dans les entreprises. Cela s'explique aussi parce que l'on a des outils qui deviennent de plus en plus faciles à mettre en œuvre, à programmer, ce qui fait que l'appropriation de l'outil par l'opérateur est beaucoup plus simple. De fait, les ateliers peuvent s'équiper de manière plus simple sans avoir be-



soin d'un roboticien. C'est en général une population d'automaticiens que nous avons en face de nous, des gens qui vont avoir des niveaux BAC+2 suffisants pour piloter un robot aujourd'hui là où dans la robotique traditionnelle il fallait des gens très spécialisés. La partie acceptation par les opérateurs est extrêmement importante. Aujourd'hui, elle nous est simplifiée par nombre de facteurs sociétaux tels que les films ou les jeux vidéos.

Auditeur : Mais y a-t-il encore une peur sur la substitution du capital au travail ?



Henry MATYSIAK : Je fais beaucoup de feedback avec mes clients. La première année après l'installation des robots, on constate une stagnation de l'embauche. On s'aperçoit en effet qu'il y a une telle augmentation de la production que l'embauche ne reprend qu'à n+2. Très simple et peu coûteuse, la cobotique séduit énormément de toutes petites entreprises. J'ai parmi mes clients des entreprises qui ont 7 salariés et qui ont acheté un cobot - ce qu'ils n'auraient jamais fait avec de la robotique traditionnelle parce que beaucoup trop coûteux et trop complexe.

Auditrice : Je propose de donner la parole à notre dernier intervenant, M. Stéphane Allano, afin qu'il nous présente sa vision des cobots version grands groupes.

Stéphane ALLANO : Mon étonnement rejoint la plupart de ceux déjà exprimés mais surtout le fait de ne pas avoir davantage évoqué le robot dans la science-fiction. Pour placer la question de la cobotique dans le monde industriel, je rappellerai la formidable évolution industrielle rencontrée depuis la première révolution industrielle. La première révolution, vous le savez, c'est la machine à vapeur, la seconde celle de l'électricité et du pétrole, la troisième celle des technologies de l'information contribuant à l'automatisation des processus de fabrication et à la robotisation. On peut dire qu'à la fin du XX^e siècle, on a atteint le maximum de la robotisation – au moins pour l'industrie automobile. Il faut bien sûr distinguer le monde industriel où l'on a atteint des taux de robotisation très élevés, et le monde en émergence qui, lui, est très peu robotisé, compte-tenu du faible coût de la main d'œuvre. On retrouve cette différence dans l'industrie automobile où certains grands groupes ont une politique différente de robotisation suivant que leurs usines sont dans des zones à haut niveau d'industrialisation et de coût de la main d'œuvre ou dans des pays en développement. La robotisation est donc tout de même liée au développement. Que se passe-t-il ensuite ? Pourquoi a-t-on sorti des cages ces robots qui assuraient des fonctions répétitives ? Pour des raisons concurrentes. Tout d'abord, la raison de l'ergonomie, du vieillissement des personnes, des troubles musculo-squelettiques, etc. Ensuite, en raison des perturbations importantes qu'ont connu les modèles économiques dans les industries à forte cadence. On ne produit plus comme avant 1 million de voitures identiques. On est sur des lignes de production beaucoup plus petites et plus diversifiées. Les industriels ont donc une obligation de flexibilité et d'adaptabilité. Résultat : ces armées de robots – et un groupe comme PSA en acquiert environ 700 par an pour toutes ses usines dans le monde – ne

se trouvent plus vraiment adaptés. S'ils ont contribué à la productivité, ils ne contribuent plus en revanche à la flexibilité. C'est pour cette raison que les cobots trouvent leur place. Mais ce n'est là qu'une étape transitoire. Le robot qui était purement un automate devient un robot collaboratif : il aide à construire les voitures. Or là, il est en train de monter dans la voiture. La voiture autonome c'est un robot qui est devenu voiture. C'est-à-dire que l'on est passé du robot industriel qui fabriquait des voitures à des robots-voitures. Et ce n'est pas terminé. Ce robot-voiture se pose des questions d'éthique, à tel point que dans les conférences sur les véhicules autonomes, on voit de plus en plus de représentants de groupes d'assurance. Il y a donc un mot clé que je n'ai pas entendu cet après-midi : Asimov et la question de la loi des robots. Parce que finalement, quand le robot est la voiture, il transporte des êtres humains. C'est la première fois que l'on est dans cette situation. L'exosquelette est déjà une approche mais ce n'est qu'une orthèse. Là, c'est le robot qui conduit. Mais qui va prendre les décisions ? Est-ce le constructeur automobile qui va le programmer et faire des arbitrages ? Derrière l'éthique se cache donc aussi la question de la responsabilité. Permettez-moi de souligner les travaux en cours d'Alain Bensoussan, un avocat réputé, spécialiste du Droit du Numérique, sur la question de la responsabilité des robots et des cobots. Dernier point, dans le processus industriel de l'automobile, il existe encore une étape autour de la fabrication additive et de la fabrication de l'impression 3D. On peut citer une société comme Local Motors aux Etats-Unis qui propose la construction additive d'une voiture. Ou quand les personnes construisent elles-mêmes une voiture qui devient un robot.

Auditeur : Merci. Nous allons maintenant donner la parole à Etienne Armand Amato qui a été notre animateur d'atelier avant de discuter avec M. Dominique Desjeux.

Etienne-Armand AMATO : Sans coboter ni caboter, on voit bien que le dédale des réflexions a permis de décortiquer la couche culturelle qui est très complexe parce que très ancienne. Je ferai remarquer que ces questions de corps, d'exosquelette, d'englobement ont structuré l'atelier, ainsi que ces histoires d'espèces et de sous-classe pour en arriver à une problématique de la co-manipulation et du partenariat qui engage la problématique de la décision. Finalement, on parle d'inconscient, mais on a aussi la conscience, de l'infra-conscient. Quand on manipule un objet, on met en place des processus de décision extrêmement rapides qui se produisent et que les neuro-sciences étudient. Là nous étions avec un objet frontière tout à fait riche qui permet vraiment de réinterroger l'acceptabilité mais aussi l'intrication science, technologie et société.

Auditeur : Nous allons maintenant donner la parole à M. Dominique Desjeux.

Dominique DESJEUX : Je trouve que le cobot est un sujet formidable et que les intervenants ont tous contribué à ouvrir des perspectives passionnantes. Je vais revenir un tout petit peu en arrière dans la mesure où je travaille sur l'acceptabilité des nouvelles technologies.

Première remarque : un des enjeux intéressant me semble être de savoir comment le cobot va rentrer dans la division sexuelle des tâches ? Vaut-il renforcer l'égalité homme / femme ?

Deuxième remarque : le lien avec l'énergie. Dans un contexte de vieillissement de la population, d'augmentation du handicap, il faut de l'énergie pour compenser la perte de l'énergie humaine. Problème : ce besoin d'énergie entre aujourd'hui en contradiction avec la volonté de mettre fin à l'usage des technologies fossiles à l'origine du réchauffement climatique. Il nous faut donc trouver une énergie alternative.

Troisième remarque : sur la place de l'émotion chez un robot ou un cobot. Plus qu'une émotion, le cobot ne simule-t-il pas les signes de l'émotion grâce à un système de calcul qui simule la probabilité que telle émotion donne tel résultat ?



Quatrième remarque : le cobot et l'emploi. Je ne discute pas des angoisses face aux nouvelles machines qui sont évidentes au sens sociologique. Je m'intéresse au fait qu'une machine déplace le travail non seulement géographiquement mais aussi intellectuellement : ce ne sont pas les mêmes personnes qui travaillent à la chaîne et qui travaillent avec machine. Donc, oui, il y aura de nouveaux emplois, mais ces derniers ne pourront pas être assumés par les mêmes personnes. Nous devons donc tenir compte de deux coûts : le coût de la mobilité – ce que l'on appelle la flexi-sécurité – ; et le coût d'apprentissage. Cinquième remarque qui me vient d'une lecture de Pierre Veltz : on ne peut plus distinguer aujourd'hui industrie et service. Alors qu'on déplore une baisse de l'industrie en France, Pierre Veltz montre que ce n'est pas évident. Pour lui, les services aujourd'hui, par la digitalisation, deviennent l'industrie. Nous sommes donc là – et c'est intéressant – face un nouveau brouillage des frontières.

Pour en savoir plus
www.ihest.fr

Institut des Hautes Études pour la Science et la Technologie
Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et
de la Recherche, 1 rue Descartes
75231 Paris cedex 05, France

L'IHEST est un établissement public à caractère administratif, sous la tutelle des ministères en charge de l'Éducation nationale,
de l'Enseignement supérieur et de la Recherche et, prestataire de formation enregistré sous le n° 11 75 42988 75.