


# Science & Devenir de l'Homme

Vous pouvez télécharger cette lettre sur le site du  à cette adresse: [www.murs-france.asso.fr](http://www.murs-france.asso.fr)

## OÙ VONT LES ROBOTS ?

par Pierre-Yves OUDEYER

Sony Computer Sciences Laboratory - Paris

*Les robots sont partout : dans les usines et dans les champs, au fond des mers et dans l'espace, dans les jardins et les salons. Ils ont une importance économique grandissante, et d'aucuns prédisent qu'ils seront au XXI<sup>e</sup> siècle ce que la voiture fut au XX<sup>e</sup> siècle. En outre, ils n'ont pas seulement pénétré le monde industriel, ils ont aussi pénétré notre culture et certains d'entre eux participent au renouvellement de la vision que nous avons de nous-même.*

Dans l'imaginaire collectif, le robot est une machine aux formes anthropoïdes dont le comportement présente des similitudes avec celui des êtres humains. Cela fait longtemps que l'idée d'une telle machine existe, comme en témoigne le *Pneumatica* de Héron d'Alexandrie (-125 av. J.-C.), les poupées mécaniques de l'ère Edo au Japon (XVII<sup>e</sup> siècle), ou les automates de Jacques de Vaucanson et de Pierre et Henri-Louis Jaquet-Droz (XVIII<sup>e</sup> siècle).

Pourtant, le terme robot n'est apparu qu'en 1920 sous la plume du romancier tchèque Karel Čapek, qui s'inspira du terme « Robota » qui signifie, dans sa langue : travail, corvée. Dans son roman, *RUR*, les hommes construisent des robots pour les remplacer dans les travaux manuels difficiles, mais leurs créatures se rebellent contre les mauvais traitements et les détruisent. Cette vision pessimiste du robot reflète sa position négative dans l'imaginaire occidental au XX<sup>e</sup> siècle : il polarise les peurs engendrées par les progrès scientifiques. Cependant, le robot est considéré d'une tout autre manière dans la culture orientale : c'est un ami, il a des sentiments et il porte l'espoir de délivrer les peuples de leurs problèmes.



*Les robots de compagnie, comme l'AIBO, sont à l'avant garde d'un marché en plein essor. AIBO : Artificial Intelligence roBOT et également « ami » en japonais (© Sony).*

### Qu'est-ce qu'un robot ?

D'un point de vue technique, un robot est une machine dotée de capteurs qui lui permettent de percevoir son environnement, de moteurs l'autorisant à bouger et à agir sur cet environnement, et d'un système électronique ou informatique qui contrôle, au moins en partie, ce qu'effectue le robot en fonction de ce qu'il perçoit.

En pratique, cette définition recouvre une très vaste diversité de machines. Par exemple, les bras articulés et programmables dans les usines automobiles, les aspirateurs qui font le ménage tout seul, les robots ludiques et électroniques des magasins de jouets, ou les robots bio-mimétiques à la forme de singes ou de poissons que l'on

rencontre parfois dans les laboratoires universitaires de recherche.

Cette diversité n'est pas seulement une diversité de formes, c'est aussi une diversité de fond. Les mécanismes de fonctionnement interne diffèrent beaucoup d'un robot à l'autre et on peut les distinguer selon quatre axes :

**l'autonomie** : il existe des robots qui agissent sans besoin qu'un humain ne les guide et d'autres dont le comportement est, soit influencé par un humain soit, presque totalement contrôlé par un humain. Par exemple, dans une usine, les robots qui travaillent à la chaîne et répètent toujours le même geste le font souvent de manière autonome. En revanche, les robots utilisés dans les centrales nucléaires pour opérer dans les zones à forte radiation, sont typiquement téléguidés par un humain qui leur dit où aller et quoi faire ;

**l'adaptabilité** : certains robots adoptent un comportement différent selon ce qu'ils perçoivent, c'est-à-dire qu'ils s'adaptent aux changements dans leur environnement, alors que d'autres se comportent toujours de la même manière. Par exemple, les robots soudeurs dans une usine font toujours le même mouvement et, si

par erreur, des pièces de métal de forme différente à l'habitude leur sont présentées, ils ne sauront pas les souder. Au contraire, les robots explorateurs sur la planète Mars adaptent en permanence leurs trajectoires aux obstacles imprévus qu'ils rencontrent sur leur route.

**l'apprentissage** : il y a des robots dont le comportement, même s'il est adaptatif, est figé au départ et une fois pour toute par le programmeur, alors que d'autres robots sont capables d'acquiescer de nouveaux comportements et de nouvelles connaissances par leurs expériences. Ainsi, certains robots sont capables d'apprendre à marcher tout seuls en expérimentant eux-mêmes différentes stratégies.

**la créativité** : certains robots, enfin, sont capables d'inventer des solutions et des comportements non prédits par leur concepteur, et même de s'inventer des objectifs qui ne sont pas pré-programmés (mais cela ne veut pas dire qu'ils soient capables de tout inventer ou de tout faire, loin de là). C'est le cas par exemple des robots équipés de mécanismes dits de « curiosité » qui les poussent à s'intéresser aux choses nouvelles de leur point de vue, comme ceux construits par les chercheurs en robotique développementale.

Au delà des différences techniques entre robots, on trouve également des différences de finalité : il existe en effet une grande variété de raisons, et donc de fonctions, pour lesquelles les robots sont construits et utilisés. Etudions trois types de fonctions : *travailler et explorer, Jouer et accompagner, Aider à penser la vie et la complexité.*

## Travailler et explorer

Parmi les robots qui sont en service dans le monde, la plupart sont industriels (350 000 robots de ce type au Japon en 2003, 233 000 en Europe et 104 000 aux Etats-Unis). Très tôt, les entreprises se sont intéressées à ces machines pour plusieurs raisons :

- D'abord, les robots peuvent être utilisés pour remplacer les travailleurs humains dans les tâches répétitives, pénibles et nécessitant de faibles compétences, comme les montages, la peinture ou les soudures de pièces ;
- En outre, ces machines sont typiquement capables de réaliser des travaux à

la chaîne bien plus rapidement et efficacement que les humains. Le premier robot de ce type est apparu en 1961. Il s'appelait *Unimate* et était installé dans une usine automobile de General Motors. C'était un bras articulé destiné à manipuler et à déplacer de lourdes pièces de fonderie. Dans les années 1970, l'usage des robots dans l'industrie a pris son envol, en particulier sous l'impulsion des entreprises japonaises.

Aujourd'hui, les robots ont pénétré toutes les branches de l'industrie et ne sont plus restreints au seul secteur de l'automobile. Par exemple, dans l'agriculture et l'agro-alimentaire, les robots vont dans les champs cueillir fruits et légumes, certains coupent, pressent et mettent en bouteille ; d'autres trient et mettent en cartons ; d'autres encore groupent en palettes. Dans les aéroports, des flottes de robots s'occupent de transporter les bagages et de les charger dans les soutes. Parfois même, les robots industriels se retrouvent à des endroits inattendus, comme le petit *Robuglass*, qui lave les surfaces vitrées de la pyramide du Louvre.

Les robots ne sont pas seulement utilisés dans l'industrie pour les tâches simples et répétitives, ils sont aussi utilisés pour travailler dans des environnements dangereux pour l'homme. L'industrie nucléaire est un exemple typique. Qu'ils

soient autonomes ou partiellement télé-guidés, les robots des centrales nucléaires peuvent déambuler dans les enceintes confinées et radioactives, ils peuvent manipuler les substances dangereuses et s'occuper de la maintenance des autres machines. Un autre exemple est l'industrie pétrolière : les robots sous-marins sont par exemple utilisés pour contrôler l'état de la coque des navires afin de détecter les risques d'accidents et d'alerter sur les risques de navires poubelles.

Les robots sont enfin cruciaux pour l'exploration des endroits où l'homme ne peut pas aller, au premier rang desquels on trouve l'espace et les planètes du Système solaire. C'est en 1966 que le premier robot mobile arrive sur la Lune, embarqué dans la sonde *Surveyor*. Suivront le robot soviétique *Lunokhod*, puis toute la série des robots *Mariner* (américains). En 1997, un robot atterrit sur la planète Mars : *Sojourner* est propulsé par l'énergie qu'il capte grâce à ses panneaux solaires ; il envoie à la Terre des milliers de clichés et provoque un engouement du grand public. *Sojourner* navigue en partie de manière autonome car, étant donné la distance avec la Terre, il est très difficile de le téléguider. En 2004, une nouvelle mission robotisée concentre l'attention du monde entier : *Spirit* et *Opportunity*, équipés de spectromètres et d'un bras qui leur permet de creuser sous la surface, font la preuve que des fleuves d'eau ont coulé sur Mars.

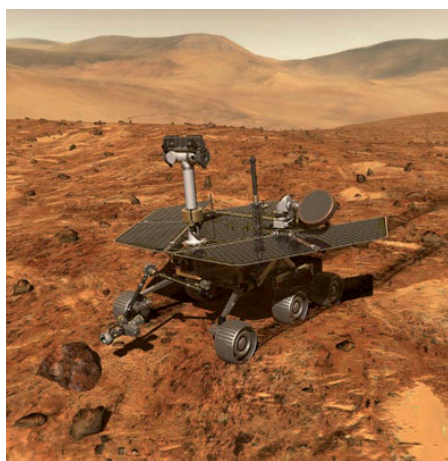
## Jouer et accompagner

Si le XX<sup>e</sup> siècle a vu l'avènement des robots travailleurs et explorateurs, à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, une autre grande famille de robots prend son essor : les robots domestiques. Après avoir pénétré les usines, le fond des mers et les planètes lointaines, ils arrivent maintenant dans nos maisons. Ils représentent le début d'une industrie que beaucoup prévoient comme équivalente en taille, dans les décennies à venir, à celle de l'automobile durant les cent dernières années. Une partie d'entre eux correspond à cette image cliché du robot qui nous remplacerait pour les tâches



*Dans les usines, les robots sont capables d'effectuer des tâches répétitives comme les soudures (photo du haut) ou la peinture sur les chaînes de montage des automobiles. (© Renault).*





Les robots ont un rôle de premier plan dans l'exploration spatiale : on voit ici le robot Spirit, qui a permis de faire des mesures pour prouver que l'eau a coulé sur Mars. (© Nasa)

ménagères : s'ils ne font pas encore la vaisselle, les robots-aspirateurs d'une part, et les robots-tondeuses d'autre part, ont maintenant un statut économique non négligeable. En effet, dans la période 2003-2005, il s'en est vendu environ 400 000. Le développement de ces robots est dû à une avancée technologique : ils sont capables de faire un plan des lieux et de se déplacer dans un environnement nouveau et inconnu en utilisant des capteurs miniaturisés et peu coûteux à produire. Cependant, la révolution annoncée par les analystes n'est pas celle des robots travailleurs au foyer mais celle des robots ludiques, des robots de compagnie. Le plus emblématique de ces robots est l'*AIBO* de Sony (p.1), quadrupède aux formes canines, dont la principale qualité, selon son concepteur Toshiba Doi, est « d'être inutile, un peu comme une œuvre d'art, de n'être là que pour notre plaisir, pour nous accompagner dans la vie quotidienne ». Produit de longues années de recherche en intelligence artificielle, et doté d'un corps aux moteurs et aux capteurs variés et perfectionnés, l'*AIBO* est un robot autonome dont le comportement se développe progressivement en fonction des interactions sociales qu'il a avec les humains. Il peut apprendre des numéros acrobatiques ou encore reconnaître de nouveaux objets ; il est doté d'un système de « motivations internes », qui le poussent par exemple à développer des stratégies pour trouver sa station de recharge quand ses batteries sont presque vides, ou d'attirer l'attention des humains quand il est en manque de « relations sociales ».

La première version de l'*AIBO* a été mise en vente en 1999 et, depuis, il s'en

est vendu plus de 100 000. Ce succès se retrouve dans toute une gamme de robots plus ou moins complexes, comme le *Furby*, écoulés à plusieurs dizaines de millions d'exemplaires dans les dix dernières années. La plupart des grandes entreprises mondiales ont maintenant leurs propres projets de robots de compagnie : Honda, Mitsubishi, Phillips, NEC, Fujitsu, Microsoft, Electronic Arts, etc.

### Penser la vie, penser la complexité

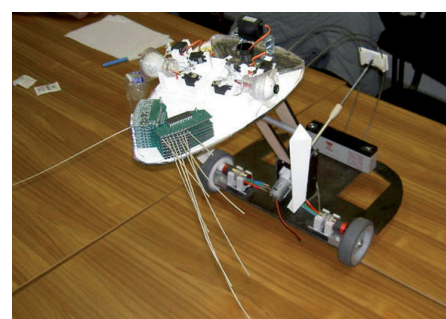
Les robots sont aussi utilisés par les chercheurs comme outils à penser. En particulier, ils sont de plus en plus présents dans les laboratoires universitaires qui essaient de comprendre comment les êtres vivants s'adaptent et se comportent si efficacement dans leur environnement naturel. En effet, ce comportement est le résultat de la dynamique complexe des interactions entre un cerveau, un corps physique et un environnement. Et cette dynamique se redéfinit en permanence car le cerveau est modifié à chaque nouvelle interaction.

Or, nous disposons de très peu d'outils scientifiques pour comprendre les dynamiques des systèmes complexes, dans lesquelles de nombreux composants s'influencent les uns les autres. Les systèmes complexes ne se retrouvent d'ailleurs pas seulement dans le fonctionnement des êtres vivants, ils sont partout dans la nature : météorologie, systèmes planétaires, formation des cristaux, apparition des dunes dans les déserts...

De même que les ordinateurs sont au centre de l'étude et de la simulation des systèmes météorologiques, les robots sont ainsi devenus essentiels pour développer notre compréhension des phénomènes cognitifs. En effet, ils permettent d'implémenter des modèles qui prennent en compte véritablement la complexité de l'interaction cerveau-corps-environnement, et il est possible de les mettre à profit pour faire des expérimentations à volonté, comme par exemple « éteindre » une partie de leur cerveau artificiel pour voir ce que cela modifie en terme de comportement. Ainsi, au laboratoire de robotique de l'université de Nagoya au Japon, le robot *Brachiator III*, dont la morphologie se calque sur celle du singe, sert à étudier les mécanismes de contrôle moteur et de perception visuelle qui

permettent à ces animaux de se balancer de branches en branches.

A l'AnimatLab, laboratoire de l'université Paris VI, un robot nommé *Psikharpax* a été développé en collaboration avec le laboratoire de physiologie et de perception de l'action du Collège de France pour étudier le fonctionnement cognitif du rat. Cette plate-forme a permis d'implémenter et de tester des théories concernant le fonctionnement de son cerveau : en particulier, ces équipes ont pu expliciter grâce au robot comment certaines structures cérébrales peuvent permettre à un organisme de se repérer dans son environnement.



Le robot Psikharpax  
(© CNRS Phototèque/J.-A. Meyer)

Autre exemple : au Sony Computer Science Laboratory de Paris, les chercheurs ont construit des populations de robots pour étudier les mécanismes qui permettent l'émergence de conventions linguistiques comme des lexiques ou des systèmes de voyelles et de consonnes. Ces expérimentations ont permis de comprendre par exemple comment on pouvait avoir dans les langues du monde à la fois une grande diversité de voyelles, et en même temps la présence de régularités statistiques comme la grande fréquence des voyelles (a), (e) ou (u).

### Conclusion

Par leur présence matérielle et conceptuelle, les robots participent au renouvellement de l'économie et à l'évolution de la culture. Cependant, il convient de réaliser que l'on est bien loin des visions pessimistes de l'imaginaire occidental ou des visions positives de l'imaginaire oriental. Où vont les robots ? Pour ceux qui travaillent, là où l'homme leur dit d'aller. Quant aux autres, mieux vaut pour eux ne pas sortir du salon, sous peine de tomber dans les escaliers ou d'être renversés par le chien de la maison.

## À réfléchir...

### Les robots : source de chômage ou source d'emploi ?

Les robots industriels sont très mal accueillis par les populations de travailleurs pour une raison évidente : ils sont là pour remplacer une partie d'entre eux et sont donc considérés comme un facteur d'accroissement du chômage. Les robots industriels posent donc un véritable problème social et humain : les ouvriers à faible qualification qu'ils remplacent dans les usines ont beaucoup de mal à retrouver un emploi. Cependant, la problématique n'est pas si simple : en effet, il faut beaucoup d'ingénieurs qualifiés pour concevoir, maintenir, installer et renouveler les parcs robotiques. L'industrie robotique est donc aussi créatrice d'emplois qualifiés, et de nombreuses études montrent qu'à moyen terme, et dans la plupart des situations dans lesquelles les robots

sont arrivés dans les usines, il y a eu plus d'emplois créés que d'emplois supprimés. Mais comment alors résoudre ce dilemme : préserver les emplois peu qualifiés existants ou multiplier les emplois à venir ?

### Les robots nous font-ils repenser ce qu'est « le propre de l'homme » ?

En occident, l'homme a toujours essayé de se définir par ce qu'il avait de « plus » ou de « différent » avec les autres animaux, le reste de la nature, et surtout les machines. Cependant, dans les dernières décennies, au même titre que les avancées en éthologie, la construction de robots dotés de capacités qu'on croyait uniques à l'homme, comme l'apprentissage complexe, la méta-connaissance, l'imagination, l'anticipation, voire même la manifestation d'« émotions », a fait reculer

cette frontière. On peut interpréter cela de plusieurs manières.

Tout d'abord, on peut considérer que la construction de ces robots permet d'affiner la définition du « propre de l'homme » en montrant précisément ce que l'homme n'est pas. Une autre manière d'interpréter le recul de cette frontière est de le concevoir comme un indice du fait que l'homme est en fait une machine, certes ultra-perfectionnée, mais une machine quand même. Cependant, les robots ne sont pas de vulgaires machines (tel un lave-linge) : elles sont d'un ordre de complexité qu'on n'imaginait pas atteignables il y a à peine un siècle. On peut donc penser que les avancées en robotique participent à un processus de redéfinition de ce qu'est l'homme, mais aussi qu'elles participent à redéfinir ce que peut être une machine et son rapport à l'homme.

## En savoir plus...



### Bibliographie

Pour un panorama de la robotique industrielle :

*Robots, genèse d'un peuple artificiel, Daniel Ichbiah, Minerva, 2005.*

Pour un panorama des robots comme outils de recherche :

*Les Robots, Une histoire de la robotique, Chantal Legay, éditions IMHO, 2005.*

Pour un panorama de la robotique de compagnie et une réflexion sur ses rapports à la société :

*Les machines apprivoisées, Frédéric Kaplan, Collection Automates Intelligents, Vuibert, 2005.*

Pour un aperçu des recherches en sciences de la cognition qui utilisent des robots :

*Approche dynamique de la cognition artificielle, sous la direction de Agnès Guillot et Emmanuel Daucé, Hermès, 2003.*



### Webographie

*Actualités sur la robotique :*

<http://www.automates-intelligents.com>

*Pour construire son robot :*

<http://www.robo-maker.com/>

*L'expérience des têtes parlantes :*

<http://talking-heads.csl.sony.fr/>

*Pour plus de liens vers le monde de la robotique :*

[http://www.lesrobots.org/lelivre/livre\\_liens.htm#liens](http://www.lesrobots.org/lelivre/livre_liens.htm#liens)

### Remerciements :

Jean -Arcady Meyer, directeur de l'animatLab à Paris VI - Renault - Sony - CNRS photothèque

## Contact

A U R S

#### adresse

Hôpital Saint-Louis  
Quadrilatère Historique  
1, Ae Claude Vellefaux  
75475 Paris cedex 10

#### contact

Tél. : 01 47 03 38 21

Fax : 01 47 03 38 22

#### site internet

[www.murs-france.asso.fr](http://www.murs-france.asso.fr)

**Président d'honneur :** Jean DAUSSET

**Vice-Président :** Laurent DEGOS

**Comité d'édition :** J.-P. ALIX, D. BLAIZOT, P. CASEAU,  
M. DEMAZURE, N. FAROUKI, A. KAHN, E. KLEIN, S. MOUCHET

**Maquette :** J.-P.A

