

Livret d'exposition

EXPO

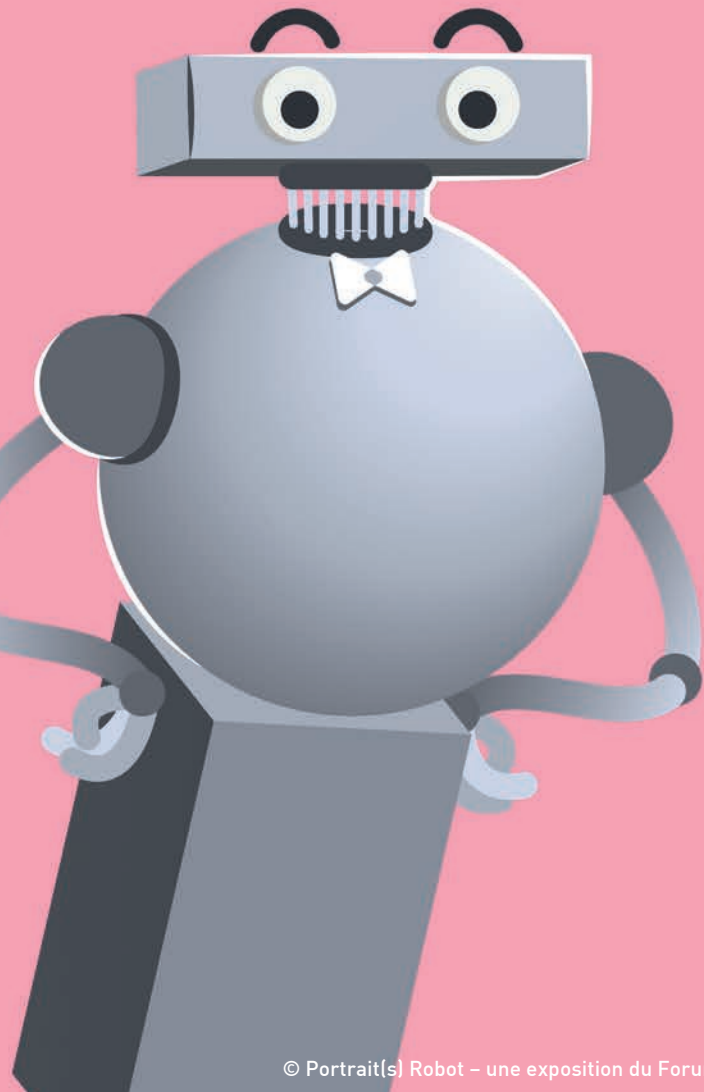
Portrait(s) robot

forum des Sciences
Centre François Mitterrand

Nord
Le Département est là —

INTRODUCTION

Longtemps, les robots sont restés comme prisonniers du vaste monde de l'imaginaire. Chimères modernes de ferraille et de boulons, ces créatures artificielles ont inspiré un grand nombre d'artistes de tous horizons, qui se sont amusés à les représenter sous mille et une formes. Tantôt serviable, tantôt démoniaque, le robot de science-fiction est souvent une manière de questionner différents aspects de ce qui constitue notre humanité, des règles morales aux émotions en passant par la fascinante question de nos origines. Seulement, à mesure qu'ils entraient durablement dans l'imaginaire collectif, les robots se sont petit à petit immiscés dans le monde réel. D'abord conçus dans des laboratoires de recherche, ces travailleurs infatigables ont séduit le monde de l'industrie il y a des décennies déjà, avant de faire irruption, plus récemment, dans notre quotidien et parfois dans nos maisons.



L'exposition «Portrait(s) Robot» se présente comme une invitation à méditer sur la révolution technologique que représentent ces machines. Après un rappel de ce que nous appelons véritablement robot, vous vous plongerez dans les racines historiques de ces êtres de métal et de plastique. S'ensuivra un rapide état des lieux des recherches actuelles en robotique. Pour finir, quelques questions de société se poseront, afin d'esquisser une réflexion sur la place que nous pouvons accorder aux robots, miroirs modernes d'une humanité toujours en pleine quête de sens.

Une exposition du Forum départemental des Sciences



Conseiller scientifique :

Fabien Delecroix, docteur et enseignant en informatique à l'université de Lille



Illustrations et mise en page :

Marjorie Garry, illustratrice scientifique et graphiste

UN ROBOT, KÉZAKO?

Un robot est une machine conçue pour accomplir automatiquement des tâches. Sa conception résulte de l'alliance de trois domaines d'activité scientifique : la mécanique, l'électronique et la programmation informatique. Afin d'évoluer dans son environnement, le robot est pourvu de capteurs, et analyse les informations recueillies grâce à un logiciel.



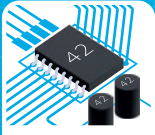
```
MoveL [[1110.63;  
MoveL [[1210.63;  
MoveL [[1110.63;  
MoveL [[910.63;  
MoveL [[810.63;  
Program_Done;  
MoveL [[1010.63;
```

Certains spécimens peuvent aussi disposer de capacités facultatives, comme l'apprentissage, leur permettant de mieux s'adapter à leur environnement, et parfois d'un outil d'interaction avec d'autres robots ou avec les humains. Il est pour cela possible de les doter d'une caméra, ou d'un dispositif de synthèse vocale.

La caractéristique principale d'un robot est qu'il évolue dans le monde réel. De ce fait, les programmes qui ne font que répondre à des mots-clés – appelés agents conversationnels ou chatbot – ou les adversaires artificiels de jeu vidéo – les « bots » – ne peuvent pas être considérés comme des robots.



DANS LES ENTRAILLES DE LA FERRAILLE



Les systèmes électroniques comme les microprocesseurs sont essentiels dans le pilotage du robot, permettant l'exécution de séquences d'instructions prédéfinies. Ils sont alimentés par une source d'énergie électrique, souvent une batterie.

```
MoveL [[1210  
MoveL [[1110  
MoveL [[910.  
MoveL [[810.  
Program Done
```

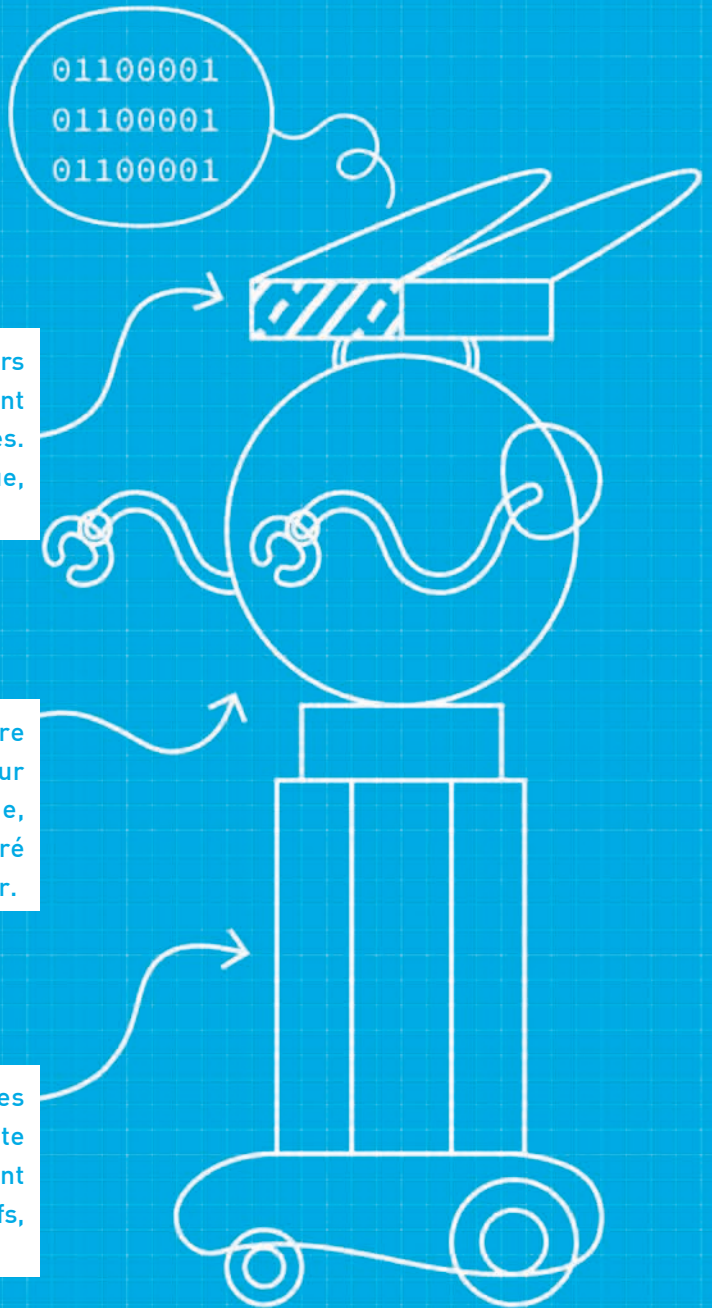
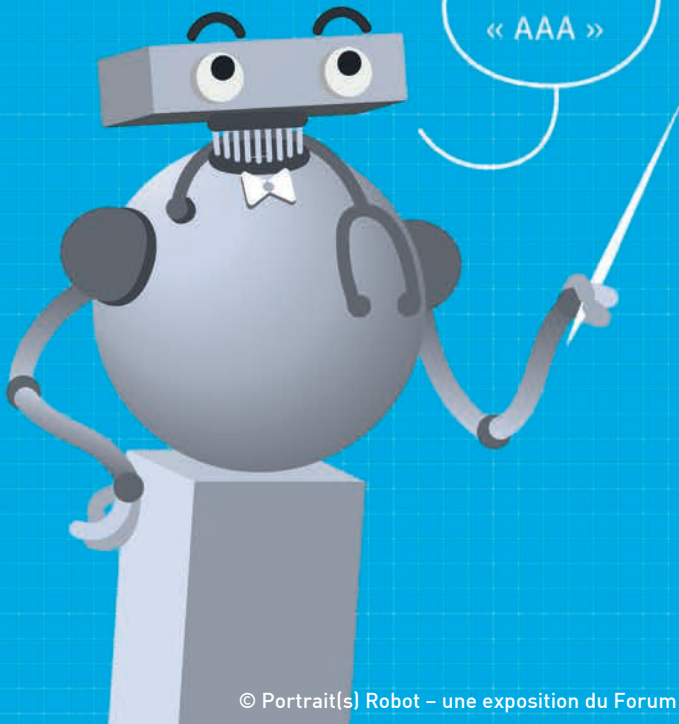
La programmation informatique définit la manière selon laquelle le robot doit réaliser ses tâches. Pour cela, elle utilise des séquences d'automatisme, un logiciel ou une intelligence artificielle, selon le degré de complexité des actions que le robot doit accomplir.



Les capteurs sont des composants électroniques qui transmettent des informations au robot. Il en existe de deux types : les proprioceptifs, qui fournissent des données qui concernent le robot, et les extéroceptifs, qui rapportent des données sur son environnement.



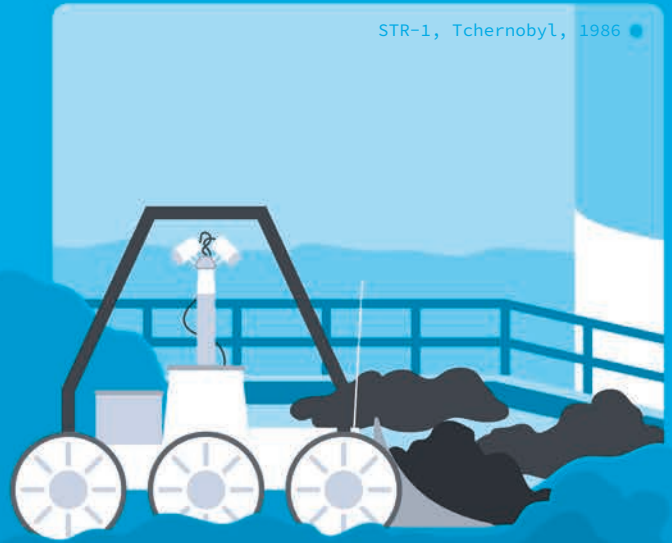
Dîtes
« AAA »



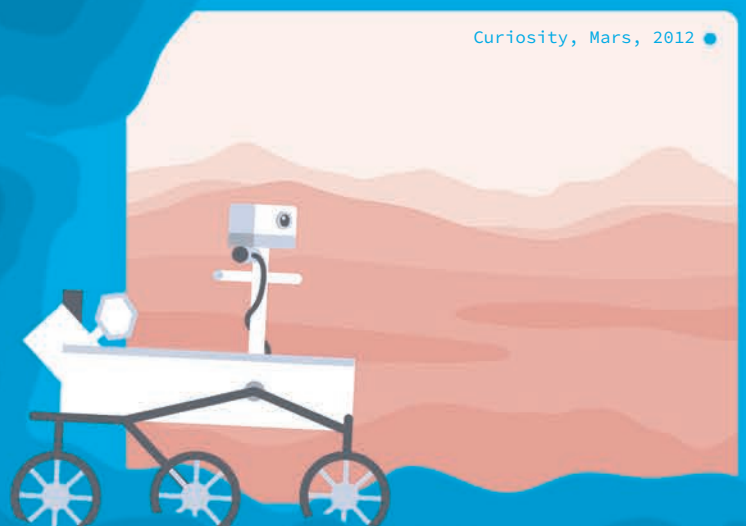
Les pièces mécaniques permettent au robot de se déplacer et d'agir sur son environnement matériel. Elles peuvent prendre de nombreuses formes, en fonction de la tâche qu'un humain lui aurait assignée. Par exemple, un robot bougeant sur une surface plutôt plane sera souvent muni de roues tandis qu'un robot aérien ou aquatique possèdera des pales. De même, on ajoutera un bras mécanique voire une pince à un robot dont le but est de déplacer des objets.

UN ROBOT, À QUOI BON ?

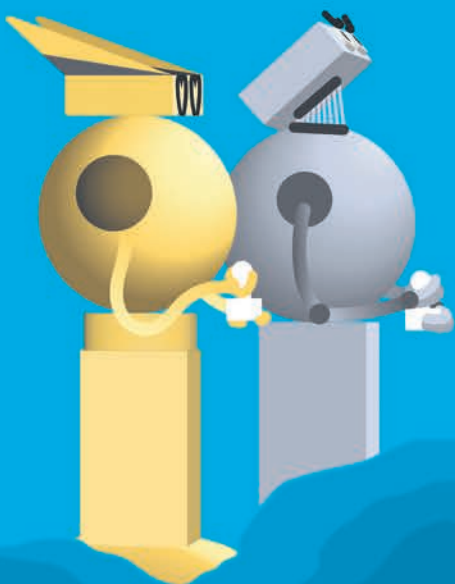
La finalité des robots est de faciliter la vie des humains en accomplissant certaines tâches que ces derniers ne souhaitent pas ou ne peuvent pas accomplir, ou en tous cas beaucoup moins efficacement. Chaque robot est pensé spécifiquement pour la réalisation d'une action ou d'un type d'actions. Aucun n'est aujourd'hui aussi polyvalent qu'un humain ou qu'un autre animal.



Pourtant, les avantages des robots sur les humains sont nombreux. Ceux-ci présentent généralement une régularité sans faille dans l'exécution des tâches, une absence de fatigue ou de lassitude, ou encore une résistance particulière à certains environnements dangereux pour nous, comme les abysses ou les zones radioactives.



Les robots ont connu un véritable essor dans les années 1960, notamment dans le domaine de l'industrie. Au fil du temps, ils ont gagné d'autres domaines d'activité. Certains permettent d'explorer l'espace interplanétaire sans danger. D'autres réalisent des opérations chirurgicales de haute précision. Ou plus simplement, les robots domestiques apportent leur aide dans la réalisation de certaines tâches ménagères.



ROBOTS ET INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, DU PAREIL AU MÊME ?

Robotique et intelligence artificielle (parfois notée IA) représentent deux domaines de recherche bien séparés, mais qui peuvent se recouper en certaines occasions.

Comme son nom l'indique, la **robotique** englobe l'ensemble des techniques permettant la conception et la réalisation de robots, machines programmables capables d'effectuer une série d'actions de manière plus ou moins autonome.



L'intelligence artificielle est quant à elle un domaine de l'informatique, dont le but est avant tout d'imiter l'intelligence humaine. Les algorithmes d'intelligence artificielle peuvent par exemple aborder l'apprentissage, la perception, la résolution de problèmes, la compréhension du langage, le raisonnement logique, etc.

La majorité des robots produits aujourd'hui exécutent des tâches simples, qui ne nécessitent pas de technique liée à l'IA. Seuls de rares exemplaires, dont l'objectif est de reproduire une action complexe, en sont pourvus.

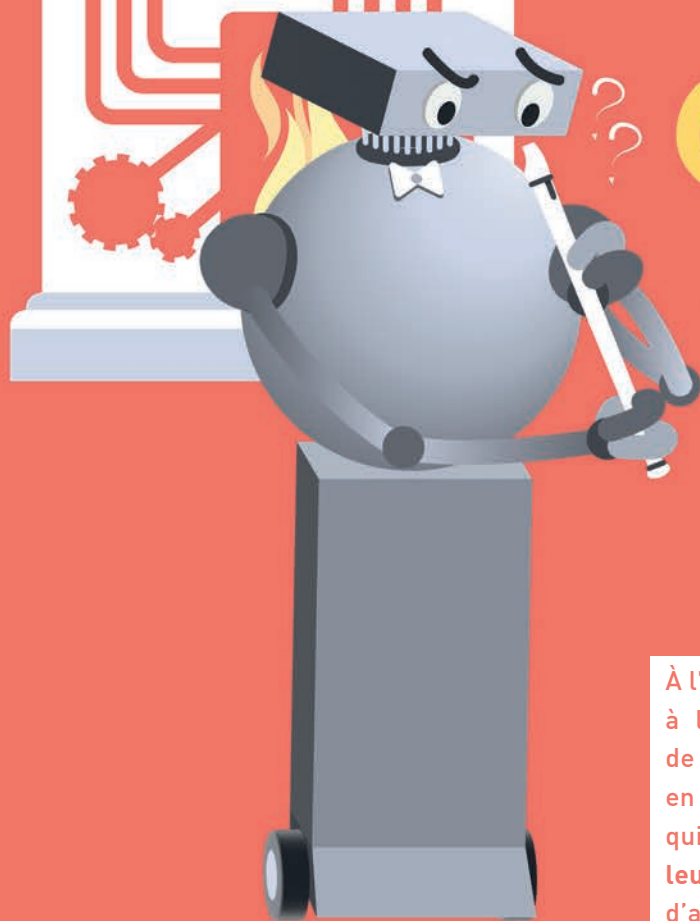
LES AUTOMATES, ANCÊTRES DES ROBOTS



Joueur de galoubet de Vaucanson, 1738

C'est dans l'Antiquité qu'apparaissent les ancêtres des robots. Parmi les exemples les plus célèbres d'automates, on trouve les machines scéniques du mathématicien Héron d'Alexandrie (en 125 avant notre ère). Celles-ci représentent des sujets humains ou animaux mis en mouvement par le biais de poulies, d'eau ou encore de vapeur.

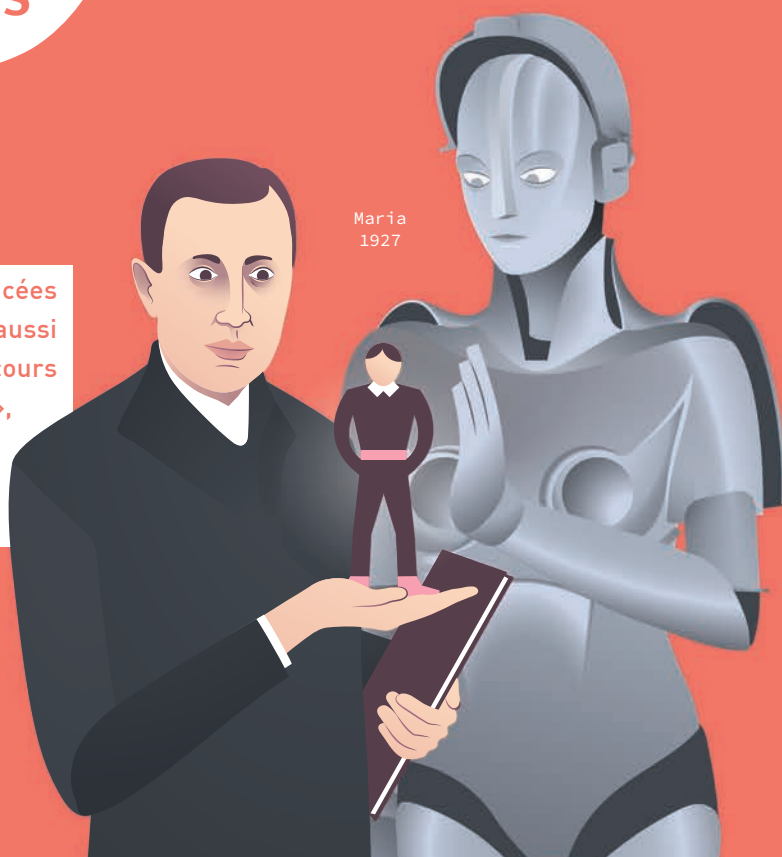
Les automates connaissent leur heure de gloire à la Renaissance et au XVIII^e siècle, notamment suite aux découvertes techniques de certains inventeurs comme Léonard de Vinci. Leur objectif n'est pas de remplacer les humains dans l'exécution de certaines tâches, mais de donner l'apparence de la réalité en simulant la vie. Ce sont des objets de spectacle.



À l'instar des robots, les automates sont programmés, à la manière des orgues de Barbarie. D'un point de vue anatomique, les deux entités ne se distinguent en vérité que par la présence ou l'absence de capteurs, qui permettent aux robots de fonctionner en lien avec leur environnement, et leur confèrent donc une forme d'adaptabilité.

LA SCIENCE-FICTION ET L'AVÈNEMENT DES ROBOTS

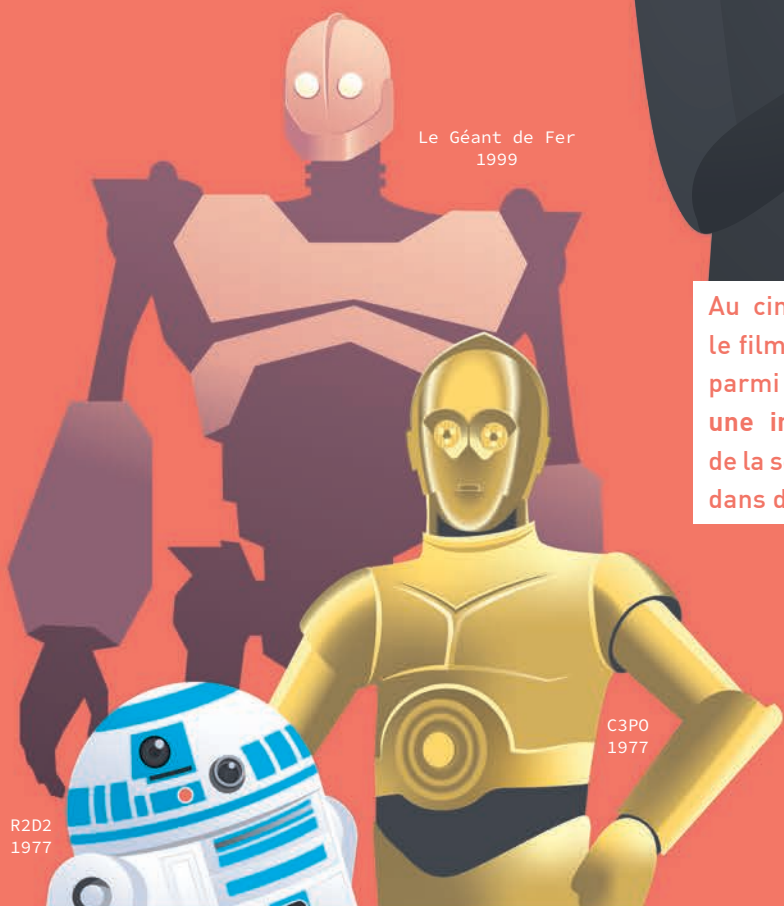
L'avènement des robots découle des avancées technologiques de notre époque, mais trouve aussi son inspiration dans un vaste imaginaire bâti au cours des cent dernières années. Le terme de « ROBOT », dérivé de *robot*, qui signifie « travail » en tchèque, apparaît pour la première fois en 1920 dans une pièce de théâtre de l'auteur Karel Čapek.



Maria
1927

Le Géant de Fer
1999

Au cinéma, le premier robot apparaît en 1927 dans le film *Metropolis*. Créé dans le but de semer le chaos parmi les ouvriers rebelles, cet androïde représente une incarnation maléfique, une aberration dérivée de la science. Les robots garderont cette image négative dans de nombreuses œuvres futures.



C3PO
1977

R2D2
1977

Un grand nombre d'artistes se sont par la suite saisis de ces créatures, bien souvent dans le but d'imaginer un monde dans lequel humains et robots cohabiteraient, pour le meilleur et pour le pire. Mais au-delà de ce simple exercice littéraire, la science-fiction est l'occasion de questionner la nature de notre humanité. Le libre-arbitre, la violence, la morale, la cruauté, l'amour, sont des thématiques inhérentes aux êtres humains, mais qui se retrouvent souvent questionnées lorsque nous les appliquons aux robots.

Le robot n'étant que le produit de l'esprit humain, aurait-il les mêmes faiblesses que son créateur ?



Baymax
2014

Wall-E
2008

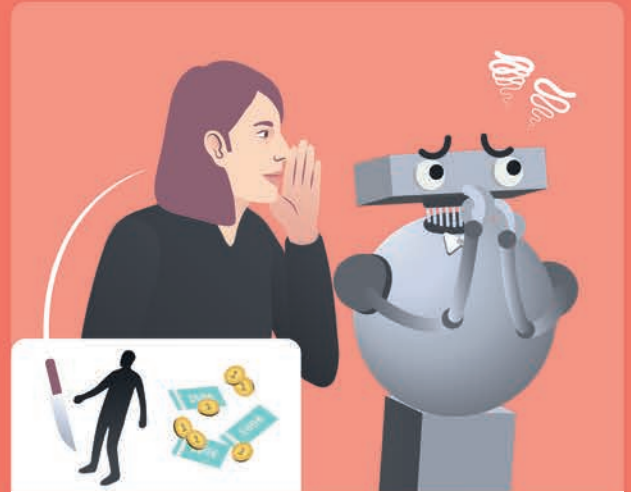
LES LOIS DE LA ROBOTIQUE

En 1942, l'écrivain russo-américain Isaac Asimov a imaginé un système de lois de la robotique. Celles-ci pourraient être encodées dans le cerveau artificiel des robots pour les empêcher de nuire aux humains. Si ces règles morales constituent de bonnes bases de réflexion, elles seraient **très insuffisantes** dans le monde réel. Dans des dizaines de récits, l'auteur s'amuse d'ailleurs à en exploiter les failles.

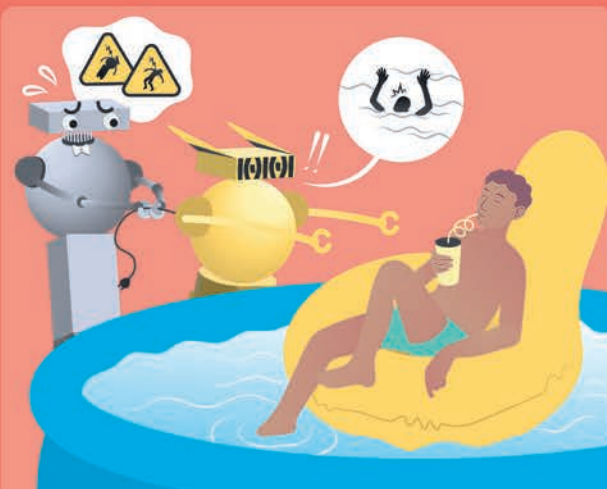
Le but d'Asimov, fervent défenseur des sciences et de la technologie, était avant tout d'**apaiser les craintes des humains** envers ces machines.



Première loi : un robot ne peut porter atteinte à un être humain ni, restant passif, permettre qu'un être humain soit exposé au danger.



Deuxième loi : un robot doit obéir aux ordres que lui donne un être humain, sauf si de tels ordres entrent en conflit avec la première loi.



Troisième loi : un robot doit protéger son existence tant que cette protection n'entre pas en conflit avec la première ou la deuxième loi.



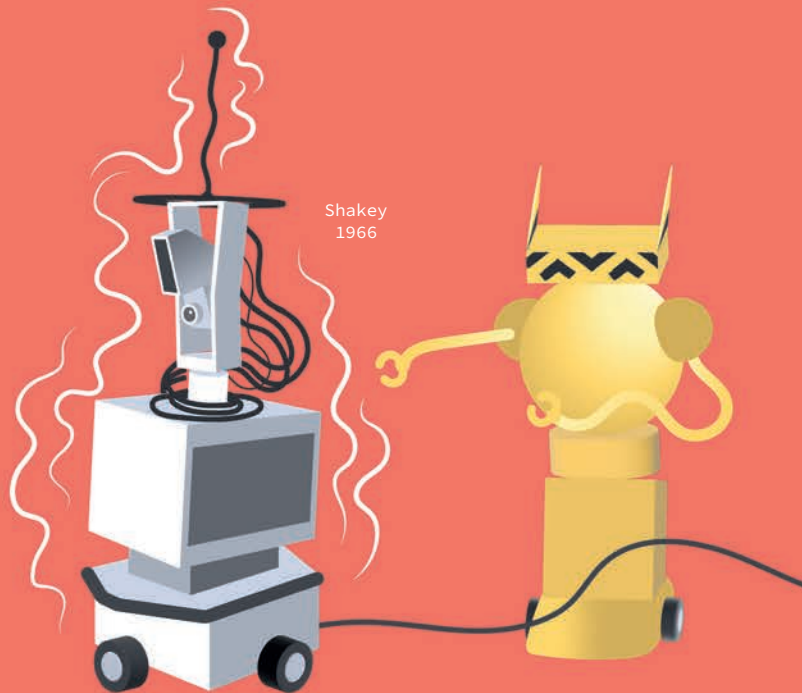
Quatrième loi, ajoutée plus tard et baptisée Loi Zéro : un robot ne peut ni nuire à l'humanité ni, restant passif, permettre que l'humanité souffre d'un mal.

LES PREMIERS VRAIS ROBOTS



Le célèbre inventeur Nikola Tesla présente en 1898 une étonnante création : un bateau télécommandé par ondes radio. Bien que dépourvu de capteurs, ce système est parfois considéré, à tort, comme le tout premier robot connu. Il est si moderne que le public de l'époque n'en croit pas ses yeux – certains affirment que Tesla contrôle le bateau par la pensée.

Puis au début du XX^e siècle, plusieurs ingénieurs en conçoivent d'autres esquisses. La plupart sont des répliques simplifiées et plus ou moins réussies d'animaux existants – chien électrique, renard, tortues, etc. – capables de se déplacer et d'émettre des signaux sonores ou lumineux. La recherche académique s'empare ensuite de ce domaine, avec la mise au point de robots expérimentaux comme Shakey dans les années 1960, qui serviront de base pour le développement d'exemplaires plus sophistiqués pour la réalisation d'actions basiques comme se déplacer, ouvrir des portes ou déplacer des objets.



Shakey
1966



Unimate
1961

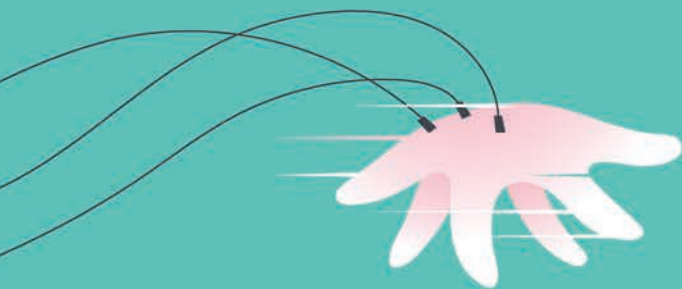
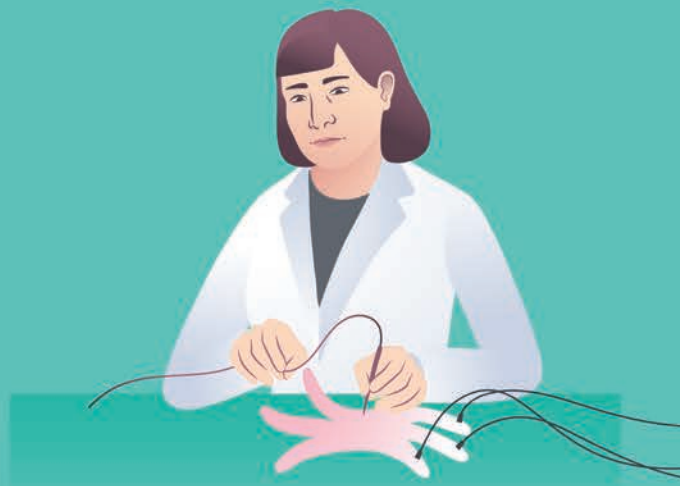
C'est surtout dans le monde de l'industrie que les robots se populariseront et se multiplieront. En 1961, le tout premier robot industriel voit le jour. Baptisé Unimate, il s'agit d'un bras mécanique articulé conçu pour effectuer des opérations de manutention. Il est par exemple capable de saisir des pièces de 150 kg, de les manipuler et de souder par points. Remarquant que ces machines pouvaient être plus efficaces que les humains sur ce genre de tâches répétitives, les industriels s'empresseront de les employer de plus en plus.

ROBOTIQUE ET ÉVOLUTION DES ESPÈCES

Bactéries, végétaux, animaux, champignons... Les êtres vivants sont le fruit de centaines de millions d'années d'évolution, dont l'un des principaux moteurs est la **sélection naturelle**. Ce mécanisme explique le succès reproductif des individus par le biais de **mutations génétiques**, qui peuvent parfois leur être bénéfiques.



Certains spécialistes de la robotique ont remarqué qu'il était possible de **détourner** le principe de la sélection naturelle pour concevoir des robots plus adaptés à leur environnement. Il s'agit de **générer aléatoirement** certaines parties de robot et d'évaluer leur aptitude à réaliser une tâche précise. On peut ainsi bâtir au hasard différentes morphologies (corps) ou architectures de contrôle (cerveau) des robots et tester individuellement leurs capacités. Seuls les candidats les plus performants sont alors sélectionnés. Petit à petit, on choisit donc le meilleur pour chaque partie du robot afin d'obtenir la machine la plus adaptée possible à son environnement.

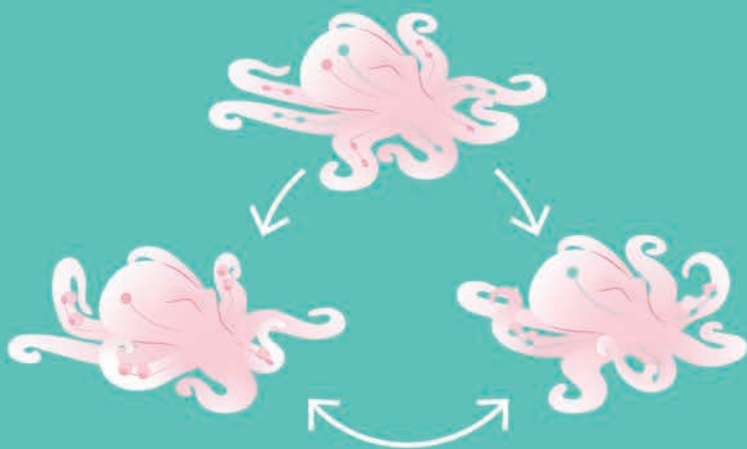


En utilisant cette méthode, des robots plus résistants ou des groupes de robots coordonnés ont pu être mis au point. Étonnamment, ce procédé est d'autant plus efficace qu'on laisse de place au hasard.

LES ROBOTS MOUS À L'ASSAUT

Dans la science-fiction comme dans le monde réel, les robots sont traditionnellement représentés comme **des êtres de métal, rigides et froids**. Les tâches manufacturières, précises et répétitives qu'on leur demande de réaliser étaient tout à fait compatibles avec cet habillage solide.

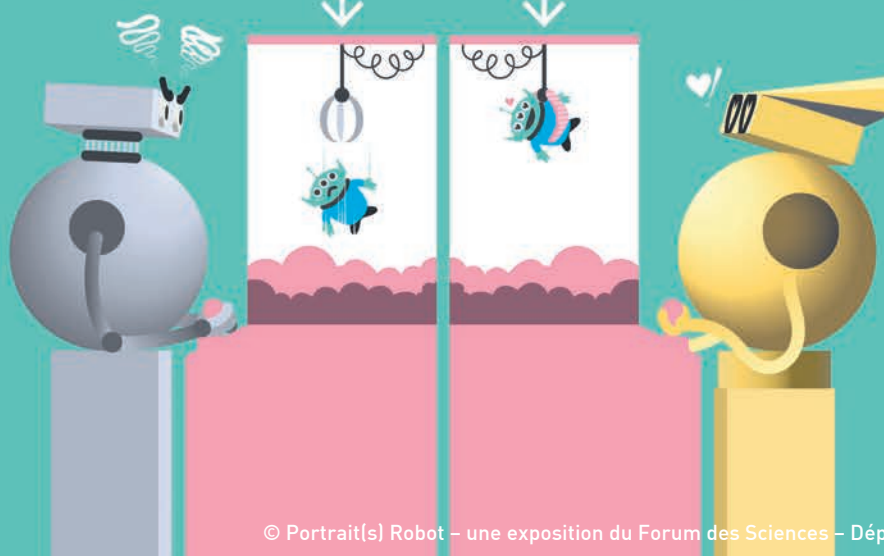
Aujourd'hui, un tournant majeur est en train de se produire. Afin d'accroître leur **adaptabilité** à l'environnement, les scientifiques s'inspirent du corps des animaux, notamment du nôtre, pour mettre au point des robots mous et déformables en silicone, plastique, caoutchouc et autres polymères.



Octobot, université d'Harvard, 2016



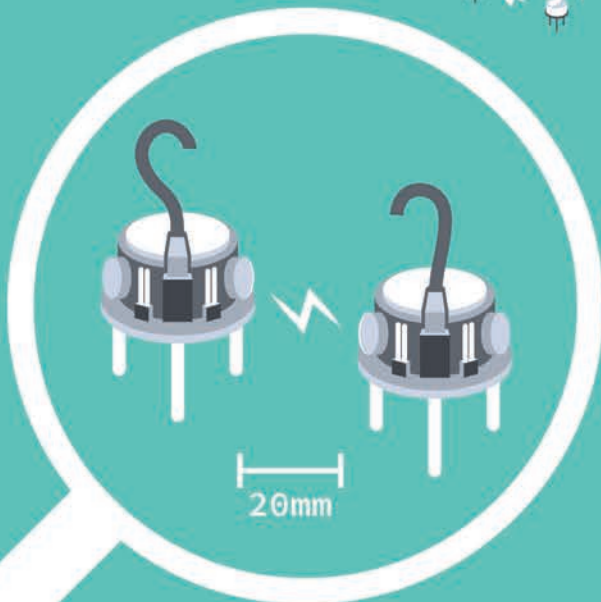
Robot mou, université d'Harvard, 2011



Cette caractéristique permet d'améliorer grandement leur efficacité dans de nombreuses tâches liées à la **mobilité** ou à la **préhension d'objets**, tout en limitant la puissance de calcul nécessaire. Par exemple, il est plus facile de saisir un objet avec une main constituée de tissus souples comme la peau qu'avec un bras métallique lisse. En plein essor, cette branche pourrait sous peu donner naissance à une toute nouvelle famille de **robots mous**.

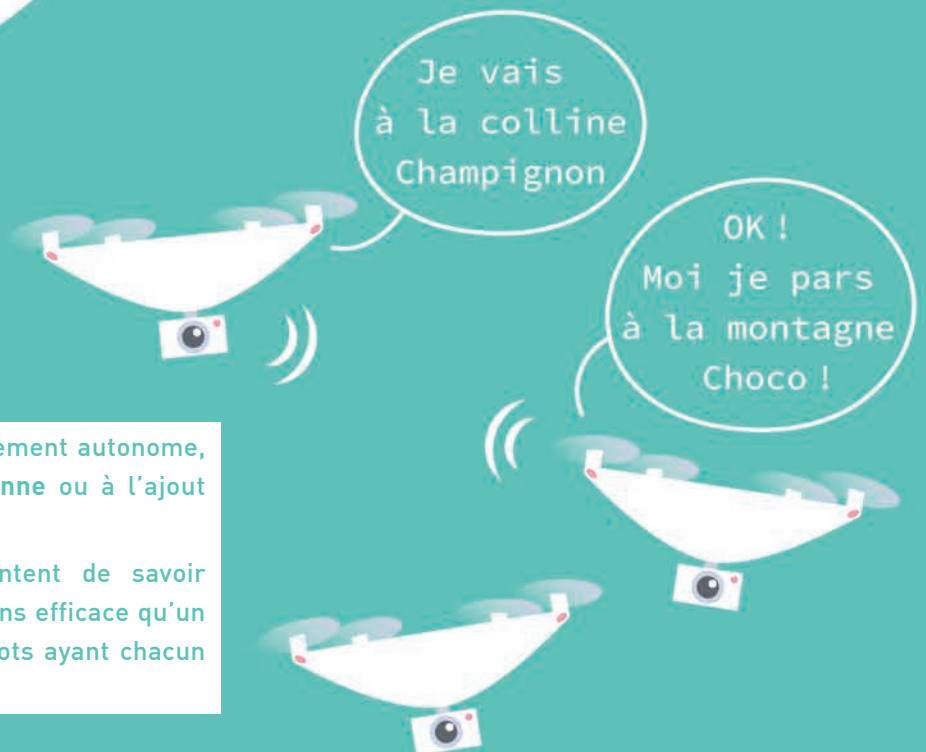
EN NUÉE OU EN ESSAIM

Pour de nombreux êtres vivants, la survie du groupe dépend d'un fonctionnement collectif en essaim. Dans les colonies de bactéries ou de fourmis, tout comme au sein de bancs de poissons, chacun prend des décisions simples, en se basant uniquement sur son voisinage immédiat et sans qu'aucun chef d'orchestre ne régit l'ensemble. Ce comportement donne naissance à une structure auto-organisée d'une grande complexité.



Essaim de robot 2014

Depuis les années 1990, les scientifiques tentent de transposer ces principes aux robots, afin d'optimiser leurs performances. Dans l'exploration d'un site ou la construction d'un bâtiment, des individus aux capacités de décision et de communication limitées mais fonctionnant en essaim se révèlent souvent bien plus efficaces que des individus asservis à un système d'organisation et de synchronisation globale.

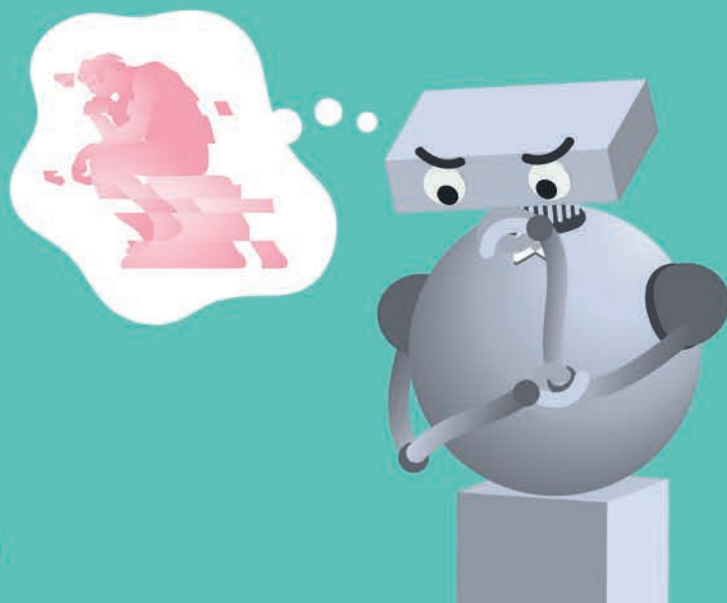
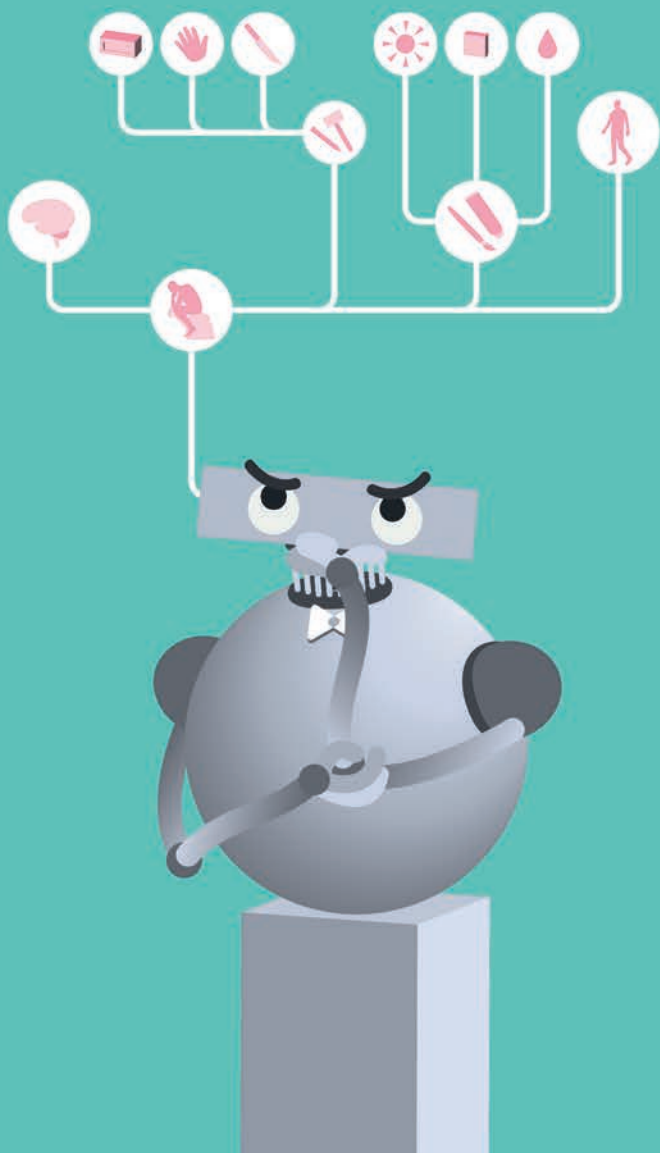


En outre, chaque robot étant parfaitement autonome, l'essaim n'est pas sensible à la panne ou à l'ajout d'un nouveau spécimen au groupe.

Certaines recherches actuelles tentent de savoir si ce fonctionnement est plus ou moins efficace qu'un groupe hiérarchisé, composé de robots ayant chacun des tâches différentes.

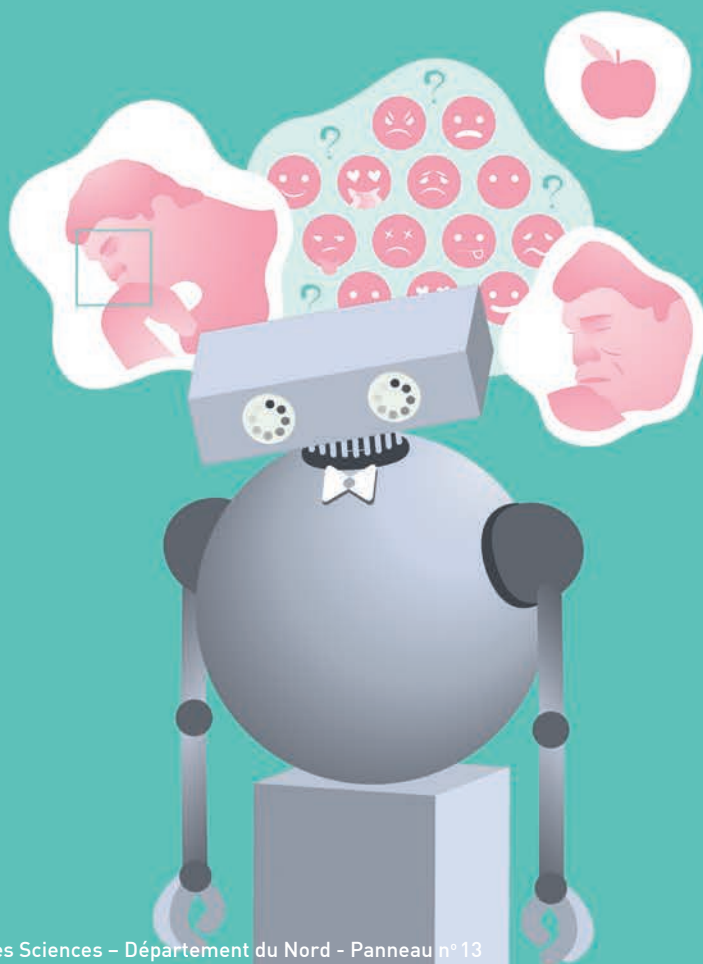
AUTOMATISME PARTOUT, AUTONOMIE NULLE PART

Dans l'imaginaire collectif, les robots sont des êtres capables de percevoir, décider, et agir par eux-mêmes. En réalité, leur autonomie est pour l'instant toute relative : la plupart se contentent de répéter inlassablement les mêmes tâches spécifiques définies par les programmeurs.



Depuis quelques années, l'écart se réduit cependant grâce à l'ajout sur certains robots de programmes d'intelligence artificielle. L'utilisation de réseaux de neurones artificiels ouvre en effet la voie à l'apprentissage par renforcement. Par cette méthode, les robots peuvent progressivement modifier leur décision à force de répéter une action. Cela permet d'élargir grandement leur adaptabilité, voire leur autonomie.

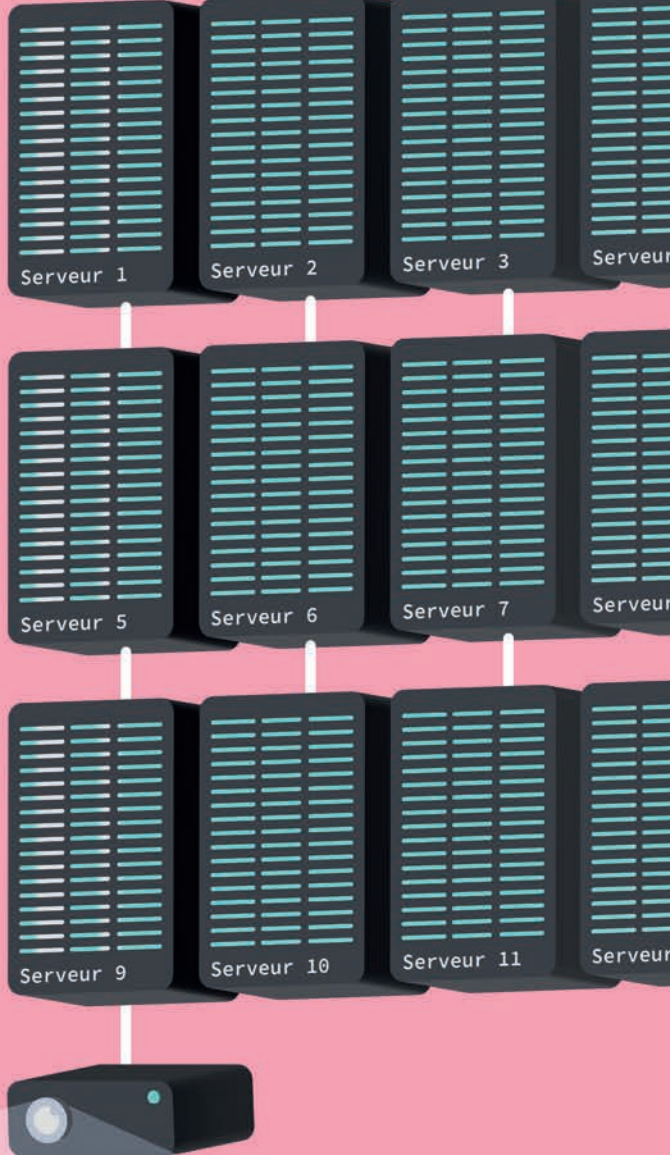
Cependant, ces recherches en sont encore au stade embryonnaire. Les robots les plus efficaces aujourd'hui sont encore fondés sur une architecture classique, qui ne leur permet d'accéder qu'à une palette limitée et prédéfinie de décisions.



L'ÉNERGIE, PROCHAINE BARRIÈRE DES ROBOTS «INTELLIGENTS»

Une des grandes tendances actuelles de la robotique est d'ajouter aux robots un système d'intelligence artificielle, souvent dans le but d'accroître leur autonomie. Cela passe par la mise en place de réseaux de neurones artificiels. Ce dispositif présente l'inconvénient majeur d'augmenter grandement la consommation d'énergie des machines.

Cela est lié à leur méthode d'apprentissage, qui consiste à ingurgiter des quantités faramineuses de données stockées sur des serveurs, puis de les mouliner des centaines de fois à la suite afin de renvoyer un résultat fiable. L'impact environnemental de cette filière se fait de plus en plus sentir. La production d'électricité nécessaire au fonctionnement des serveurs et des IA génère de grandes quantités de gaz à effet de serre et contribue ainsi au dérèglement du climat de la Terre.

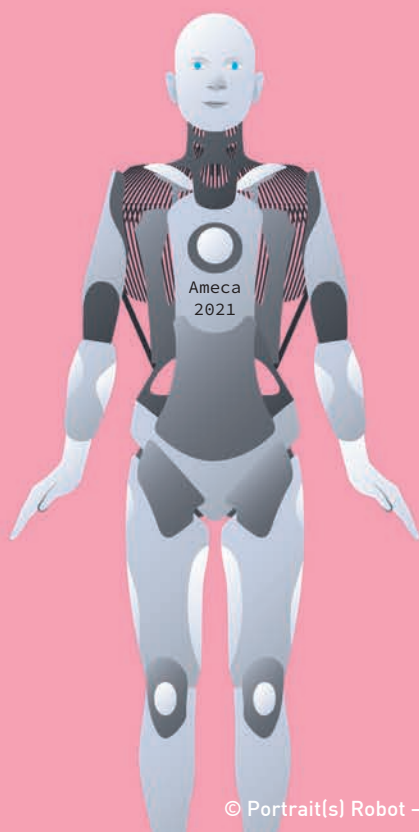
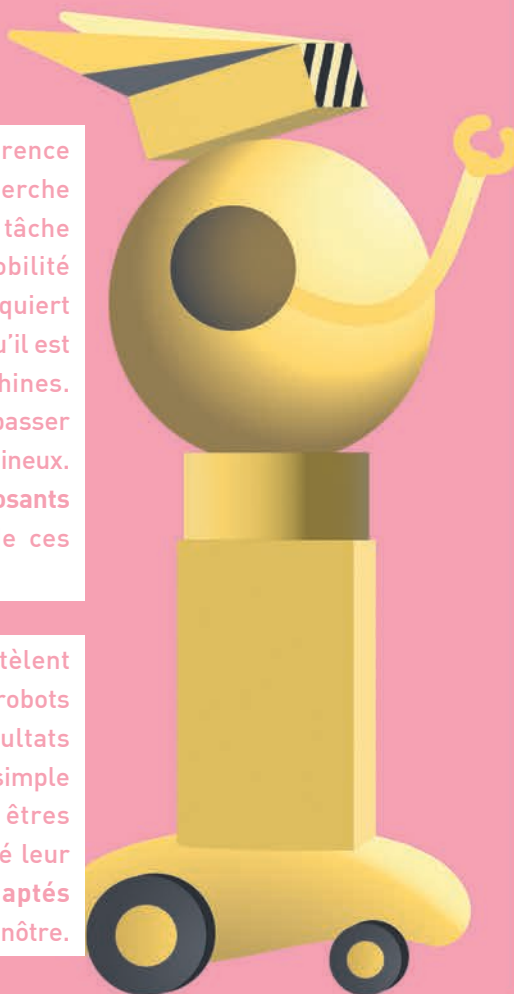


Mais la voracité énergétique des robots pourrait surtout constituer une **barrière technologique**. Aujourd'hui déjà, certains laboratoires de recherche déplorent le coût énergétique et financier du fonctionnement de certaines IA. L'avenir des robots pourrait bien être à la sobriété.

POURQUOI CONSTRUIRE DES ROBOTS HUMANOÏDES ?

La conception de robots à l'apparence humaine est le Graal de la recherche en robotique. La complexité de la tâche tient en grande partie à la mobilité de la créature. La marche bipède requiert une parfaite maîtrise de l'équilibre, qu'il est très ardu de reproduire sur des machines. D'autant que celles-ci ne peuvent se passer d'un appareillage assez lourd et volumineux. À ce titre, la miniaturisation des composants est aujourd'hui un enjeu majeur de ces recherches.

De nombreux laboratoires s'attèlent aujourd'hui à la mise au point de ces robots « anthropomorphes », avec des résultats plus ou moins convaincants. Loin du simple rêve purement narcissique, ces êtres disposeraient surtout d'une motricité leur permettant d'être parfaitement adaptés à leur environnement, c'est-à-dire, le nôtre.

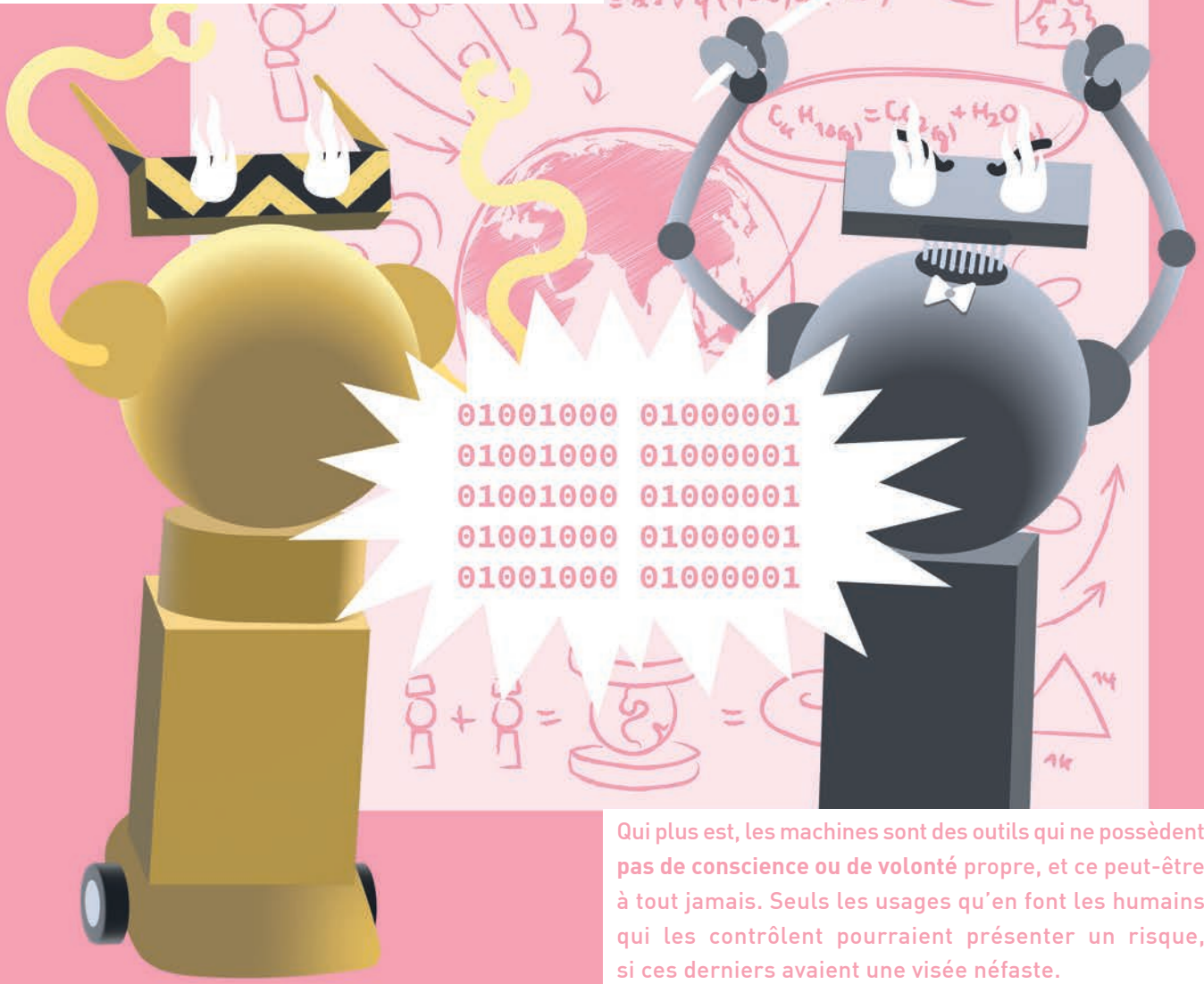
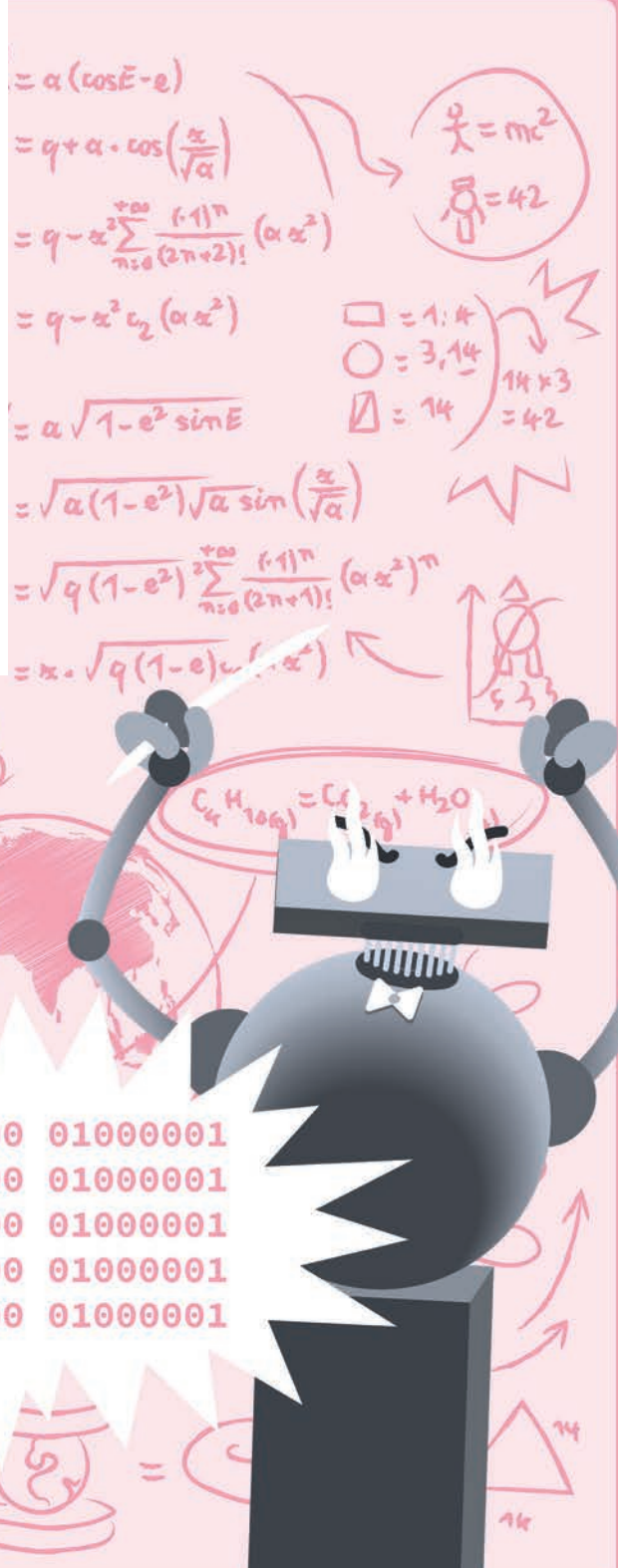


Qui plus est, la fonction de certains robots du futur pourrait être de nous assister dans notre quotidien. À ce titre, les recherches montrent que les robots ressemblant à des humains sont bien plus acceptés dans nos sociétés que les autres. Certains spécimens sont d'ailleurs conçus pour susciter de l'empathie, voire de l'affection.

FAUT-IL CRAINDRE LES ROBOTS ?

Dans de nombreuses œuvres de fiction, les robots finissent par présenter un risque pour les humains qui les entourent, voire pour l'humanité toute entière. À force de nous ressembler, ceux-ci développeraient des sentiments et même une conscience, ce qui les pousserait parfois à se rebeller et à refuser la condition d'esclave que nous leur réservons.

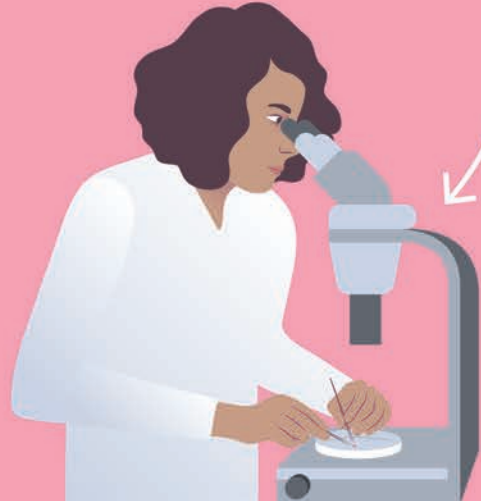
Dans la réalité, nous sommes encore bien loin d'être à la merci des machines. Certes, quelques robots sont dotés de capacités physiques exceptionnelles. Et il est vrai que l'intelligence artificielle met aujourd'hui à genou les grands champions humains d'échec ou de go dans leur discipline. Mais ces exploits sont le résultat d'algorithmes dédiés à l'accomplissement d'une tâche unique. Les capacités d'adaptation des robots sont pour l'instant extrêmement limitées, ce qui nous prémunit du danger.



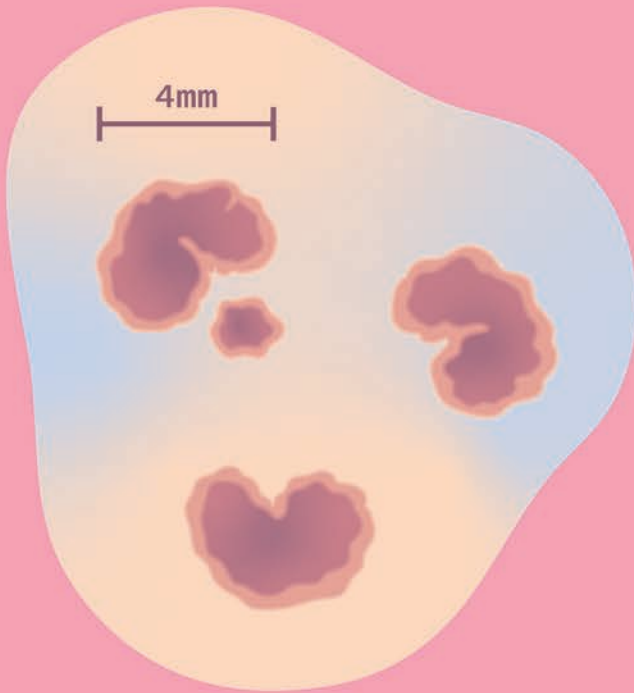
Qui plus est, les machines sont des outils qui ne possèdent pas de conscience ou de volonté propre, et ce peut-être à tout jamais. Seuls les usages qu'en font les humains qui les contrôlent pourraient présenter un risque, si ces derniers avaient une visée néfaste.

LES ROBOTS PEUVENT-ILS ÊTRE VIVANTS ?

En janvier 2020, une équipe américaine a développé des robots d'un genre nouveau. De taille microscopique, ceux-ci étaient capables de se mouvoir, de s'auto-réparer et de survivre seuls pendant des semaines sans apport énergétique extérieur. Baptisées «xénobots», ces machines ont surtout la particularité d'être composées intégralement de **cellules vivantes agglomérées**, dont l'agencement est piloté par un programme informatique.



Ces créatures nouvelles sont **emplies de promesses**, notamment dans le secteur médical où elles pourraient rendre possible l'administration ciblée de médicaments dans le corps humain, ou la digestion de déchets. Les xénobots pourraient également être particulièrement efficaces dans le nettoyage des déchets radioactifs ou la collecte de microplastiques dans les océans.



Au départ, ces robots composés de cellules organiques n'étaient pas considérés comme des êtres vivants, puisqu'ils étaient **incapables de se reproduire**. Mais en novembre 2021, certains spécimens sont parvenus à se **démultiplier**, en autonomie et indépendamment de toute instruction ou support extérieur. Cette toute nouvelle branche de la robotique pose des questions **éthiques**, et interroge les scientifiques sur les **propriétés du vivant**, et sur l'évolution.



+ INFOS

forumdepartementaldessciences.fr

1 place de l'Hôtel de ville

59650 **Villeneuve d'Ascq**

Tél : 03 59 73 96 00