

Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 129 (2003)
Heft: 20: Vivre avec un robot

Artikel: Autonomie, mobilité et capacités d'apprentissage social chez les robots
Autor: Siegwart, Roland / Floreano, Dario / Billard, Aude
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99240>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Autonomie, mobilité et capacités d'apprentissage social chez les robots

Domaine en pleine effervescence, monde grouillant, l'univers robotisé vit une évolution foudroyante où la diversité des pistes de recherche et des objets qui en résultent a pour limite l'inventivité du cerveau humain. Précédé par la science-fiction sur grand écran et guidé par les projections de son imagination, le scientifique se mue en équilibriste, qui jongle tant avec les difficultés techniques liées à la forte miniaturisation et aux besoins de communication et d'autonomie exigeants des objets qu'il crée, qu'avec des champs de connaissances inhabituels - nouveaux pour un ingénieur - comme la biologie et la neurologie, dont il doit s'inspirer sans s'y perdre. Témoins de cette effervescence, les différentes salles et pavillons de l'EPFL, qui abritent le Laboratoire de systèmes autonomes (LSA). Celui-ci affiche un goût prononcé pour la recherche futuriste : des androïdes aux machines insectes, du robot guide au dirigeable volant, il n'est guère de forme qui l'arrête.

Dans cette ruche bourdonnante, la palette des recherches couvre aussi bien les aspects théoriques - mathématiques, informatiques, de simulation ou d'intelligence artificielle - que de dynamique et d'ingénierie, avec l'indéniable avantage de maîtriser la réalisation de systèmes microtechniques.

Entretien avec les professeurs Roland Siegwart, Dario Floreano et Aude Billard, du LSA

TRACÉS : La robotique se décline de multiples façons : robots à apparence humaine, jouets, aides industrielles. Dans cette jungle, comment identifier une ligne directrice ?

Profs. Roland Siegwart, Dario Floreano et Aude Billard : Notre recherche au laboratoire de systèmes autonomes, nous conduit à distinguer trois catégories basées sur l'intensité de l'interaction entre l'homme et la machine.

- Le robot industriel, qui se caractérise par sa capacité à fonctionner loin de l'humain, dans un milieu peu complexe, spécialement adapté à ses caractéristiques. Il est produit en grande quantité et dans son environnement connu, il résout surtout des problèmes d'optimisation de tâches et de mouvements et assure la gestion simultanée de plusieurs opérations.
- Le robot personnel - mobile dans la plupart des cas - qui partage un espace commun avec l'humain et gère l'interaction avec ce dernier. Cette configuration l'oblige à l'autonomie et à l'intelligence. D'une part, l'environnement dans lequel il se meut est complexe et mouvant ; il doit donc le percevoir. D'autre part, il doit être à même de prendre des décisions à partir de données incertaines et incomplètes sans mettre en danger l'humain. *RoboX* (fig. 1), le robot d'Expo.02, est un représentant évolué de cette gamme de machines. De plus, sa proximité à l'homme lui confère un impact psychologique non négligeable qui pousse à soigner ses modes de communication. Les robots en interaction avec des animaux ou s'inspirant du comportement animal constituent un sous-ensemble de ce groupe, où l'imitation de stratégies propres au vivant et l'interaction avec celui-ci jouent un grand rôle. On parle de robotique bio-inspirée.
- Le *Cyborg*, ou robot intégré au corps humain, entre dans la dernière catégorie. Dans la mesure où il s'agit de prothèses ou d'organes artificiels, la tendance est à l'interaction directe entre le système implanté et le système nerveux, voire le cerveau ou même des neurones isolés. Les problèmes se situent surtout au niveau de la bio-compati-

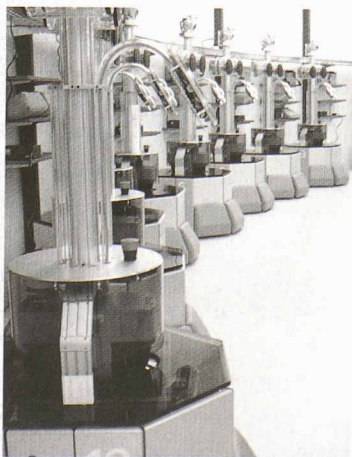
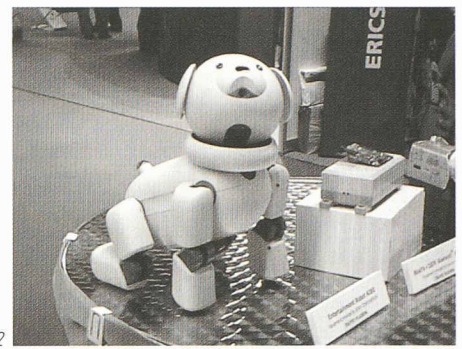


Fig. 1 : Un groupe de RoboX ayant servi de guides durant Expo.02 (Photo LSA-EPFL)

Fig. 2 : Aibo le chien, un jouet capable d'interagir et de s'adapter à son propriétaire (<http://www.zonablutooth.com/images/aibo.jpg>)

Fig. 3 : Asimo, le robot humanoïde le plus évolué du moment, successeur de P2 (Photo Honda)

Fig. 4 : Robota, un robot qui interagit avec des enfants autistes. (Photo FK)



bilité, de la sécurité, de la fiabilité et de l'interface matérielle. Dans ce domaine émergent, une connaissance des neurosciences est indispensable.

T. : Quelles sont les grandes tendances au niveau mondial ?

LSA : Les robots humanoïdes sont à l'honneur, comme le plus grand salon de la robotique, *Robodex 2003*, l'illustre, et l'on met désormais l'accent sur la capacité du robot à communiquer et à interagir avec l'homme, plus que sur l'apparence. En schématisant bien sûr, on peut dire que l'Europe s'est spécialisée dans la production de robots industriels dédiés notamment à la construction automobile, alors que, dans ce domaine, le Japon est surtout un grand utilisateur de tels dispositifs. Les Etats-Unis, piètres consommateurs de ce type d'engins, à part dans les parcs d'attractions, achètent généralement la technologie.

Le Japon se singularise par sa vision humanoïde du robot et, dans ce domaine, dame le pion aux autres nations. Il est fascinant de constater à quel point la société japonaise accepte cette technologie et l'intègre alors que l'on sent encore une certaine méfiance à l'égard des robots chez nous. D'ailleurs, l'industrie du jouet robotique est également pionnière au pays du Soleil Levant, où les chercheurs se concentrent principalement sur la conception de robots aptes à se déplacer, délaissant les problèmes liés à l'intelligence. Aux Etats-Unis, une large part de la recherche appliquée en robotique est sponsorisée par l'agence américaine de la défense (DARPA), si bien qu'elle y revêt implicitement un caractère militaire. Quant à l'Europe, elle focalise actuellement sa recherche sur les applications spatiales, mais possède peu d'autres débouchés.

T. : Dans ce tableau, quelle est la place de la recherche poursuivie à l'EPFL ?

LSA : De par le développement précoce de la microtechnique, l'école polytechnique lausannoise a la chance de maîtriser l'entier de la chaîne, de la conception à la production. Le savoir-faire acquis dans la mise en œuvre d'objets miniaturisés nous permet des solutions d'ingénierie novatrices, tant au niveau des matériaux, des systèmes de déplacement que des algorithmes informatiques. A notre avis, la diversité de sa recherche classe l'EPFL parmi les cinq premières institutions au niveau mondial. De plus, nous sommes très présents sur la scène internationale pour ce qui est de la robotique autonome mobile et collaborons avec de nombreux partenaires, entre autres avec l'ATR à Kyoto pour le contrôle du mouvement chez un robot humanoïde et l'apprentissage par imitation notamment.

T. : Quels sont les grands défis que la robotique devra relever ces prochaines années ?

LSA : Les progrès, en robotique mobile notamment, dépendent de l'avancée des moyens de communication (la transmission de signaux et leur interprétation entre un centre et différents robots ou parties de robots) et de sources d'énergie plus performantes ou de systèmes moins gourmands. Car dès que l'on s'intéresse à des systèmes de petite taille, l'autonomie énergétique est un véritable talon d'Achille. L'interaction multimodale, soit la capacité à communiquer des différents capteurs et de leurs systèmes de traitement, constitue donc un élément crucial. Les capacités de reconnaissance, d'apprentissage et de décision constituent une autre facette de cette autonomie. Il y a une trentaine d'années, l'intelligence artificielle a connu un développement spectaculaire. Pourtant, cet outil s'avère limité face à la complexité du vivant : la compréhension d'un environnement spatial, la gestion d'un déplacement, l'interaction.

Nous attendons beaucoup de notre collaboration avec les spécialistes des neurosciences, en particulier une façon plus efficace, moins « ingénieur », de résoudre certains problèmes, notamment grâce à l'application d'algorithmes génétiques. Utilisés pour contrôler des déplacements ou reconnaître des formes dans un environnement donné, ces derniers apportent déjà des solutions étonnantes de simplicité.

Dans un autre domaine, celui des matériaux, on espère d'intéressantes propriétés des muscles artificiels en termes de flexibilité, légèreté et consommation énergétique. A l'instar de notre métabolisme, ceux-ci devraient pouvoir générer de l'énergie à partir de quasiment n'importe quel apport et très peu consommer à l'effort.

Les questions de fiabilité et de sécurité restent également prioritaires surtout dans l'interaction avec l'homme.

T. : Les applications ludiques ont la cote en ce moment ; sont-elles les seules à connaître une industrialisation réussie ?

LSA : Quelques domaines phares entraînent effectivement la recherche en robotique mobile autonome, dont l'industrie du jouet, bien sûr, parce qu'elle touche les plus gros marchés (fig. 2). Dans des marchés de niche, on trouve des applications militaires - de prime importance pour les Etats-Unis d'Amérique - ainsi que spatiales. Ces deux derniers axes privilégient l'autonomie motrice du robot, sa capacité de décision dans un environnement hautement complexe et inconnu. D'autres débouchés, encore incertains, sont attendus pour les robots capables de se déplacer et de s'orienter, par exemple le nettoyage de champs minés (vocation humanitaire), l'intervention en milieu hostile (démantèlement de



3



4

réacteurs nucléaires, mission de sauvetage lors de tremblements de terre, d'incendies, etc.), des tâches de surveillance (bâtiments, personnes handicapées ou âgées), d'assistance ou de service (fig. 3 et 4).

T.: Où se situent les limites technologiques face à cet engouement ?

LSA : D'un côté, on perçoit une réticence culturelle face aux robots androïdes, doublée d'une forte ambivalence quant à leur acceptabilité économique. Il est vrai que nous craignons parfois la concurrence de ce travailleur bon marché, corvéable à merci, qu'est la machine. Pourtant, il est des situations - les robots démineurs par exemple - où l'essor espéré du robot, fonction du soulagement apporté, ne s'est pas concrétisé parce que les machines ont été perçues comme trop coûteuses ou trop complexes face à une main d'œuvre « sans valeur », disponible sur place. La question de la confiance se pose également : quelles décisions sommes-nous prêts à déléguer à un robot ?

A la tendance anthropomorphique s'oppose une approche inspirée du comportement collectif de certains insectes. Forts de l'observation de telles colonies, les chercheurs préfèrent utiliser une armée de robots simples et faciles à réaliser, plutôt qu'un seul robot complexe, surtout dans les situations où la perte d'un individu entraîne l'échec de la mission. Des comportements simples - se mouvoir en évitant des obstacles, choisir une action, se repérer - suffisent à l'accomplissement de tâches simples et l'intervention collective permet l'apparition de propriétés émergentes et la construction de nouvelles facultés cognitives.

Françoise Kaestli, rédactrice responsable
de la rubrique Nouvelles Technologies
avec les responsables du LSA-EPFL, DGM, CH - 1015 Ecublens

Qu'est-ce qu'un robot humanoïde ?

La nature humanoïde ou androïde d'un robot peut être définie ainsi : il s'agit d'une machine dotée d'un ou de plusieurs éléments physiques et/ou cognitifs, qui lui permettent de percevoir, d'interpréter, de prédire et d'agir sur son environnement, à l'instar d'un être humain (fig. 3). Ces éléments incluent entre autres

- la possibilité de manipuler des objets (mobilité de membres et préhension) ;
- la capacité de se mouvoir dans son environnement de manière planifiée ou avec une agilité proche de la marche humaine (création d'une cartographie de l'environnement, locomotion bipède) ;
- la capacité d'interagir avec des humains, d'interpréter leurs gestes, leurs paroles ou leurs expressions émotives et d'y répondre (communication visuelle, vocale ou expressive) ;
- la capacité de modifier son comportement et d'apprendre de nouvelles conduites en observant son milieu et ses habitants (apprentissage à partir de l'interaction avec des humains ou d'autres robots).

Le défi de copier l'humain est ambitieux, à commencer par l'imitation de la marche humaine par exemple. Les jambes comportent 55 os, 90 muscles et 16 nerfs et il faut un nombre impressionnant de capteurs pour reproduire un mouvement rudimentaire de marche ou de saut : des capteurs de positions internes (posture), de forces externes (contacts entre les pieds et le sol), des inclinomètres, des caméras pour voir le terrain, etc.

Créer des robots capables de vivre avec nous sans que nous ayons à repenser totalement notre environnement est un objectif ultime. Pour remplir des fonctions qui nous sont coutumières, le plus simple semble être de doter ces machines de capacités propres à l'être humain telles que la marche bipédique et la vision. Nous attendons encore d'eux du discernement et, comme l'entourage humain présente toujours des situations inconnues pour le robot, une capacité d'adaptation. Cette compétence est le fruit de facultés d'apprentissage, vaste champ de recherche où collaborent intensément ingénieurs, biologistes et neurologues. Pour illustrer ce thème, on peut citer le robot Cog du MIT, qui a appris à se servir de sa main quand celle-ci a été installée : tout d'abord, les chercheurs ont bougé ses doigts provoquant l'émission d'informations par les capteurs ; petit à petit, Cog a mis en relation les mouvements de sa main et les informations fournies par les capteurs pour parvenir à saisir les objets. Il a également appris à suivre un objet des yeux, à en isoler un et il apprend maintenant à regarder un objet pointé du doigt.

<VieArtificielle.com>

Les robots japonais

Comme dans la plupart des pays, l'essentiel de la recherche en robotique nipponne est conduit par des universités, loin des préoccupations des industriels, et il n'existe que peu de transferts des laboratoires universitaires vers les entreprises. C'est d'ailleurs un des rares secteurs de recherche dans lesquels le Japon conserve une réelle longueur d'avance et l'aide publique y est particulièrement importante. La présentation du premier robot humanoïde P2 de Honda a créé la surprise au pays du Soleil Levant et peut-être encore plus dans le reste du monde, même si son rôle reste principalement publicitaire et ludique.

Si le divertissement et l'industrie du loisir (robots guides) constituent pour l'heure les seuls marchés demandeurs de robots humanoïdes, un nombre grandissant de laboratoires en Europe et aux Etats-Unis commencent à travailler sur de telles machines. Le résultat de ces recherches aura des répercussions sur la conception de systèmes de contrôle de robots autonomes industriels à plus grande échelle, de même que sur le développement d'équipements destinés aux personnes handicapées et âgées dans une population vieillissante ou, encore, sur la conception d'aides robotisées à la chirurgie ou à la rééducation.

Quelques noms de robots célèbres, hors industrie du film ¹			
Nom	Origine	Profession	Activités
Aibo, Latte et Macaron (chiens), SDR-4X (humanoïde)	Sony	Industrie du jouet	Robot ludique et de compagnie. Se déplace et interagit. Marche, danse, capable de reconnaître voix et visages et d'avoir des « conversations » simples
Alice	EPFL	Robot scientifique	Robot miniature idéal pour l'étude de collectivités de robots et pour la robotique bio-inspirée
Asimo, P3	Honda	Robot scientifique	Capable de monter et descendre des escaliers, de serrer la main à un humain, d'ouvrir et de fermer une porte
Automower	Husqvarna	Tondeuse	Se déplace aléatoirement sur la pelouse, se recharge seul.
BIP	Université de Poitiers et INRIA Grenoble	Robot scientifique	Bipède, met en oeuvre de nouvelles techniques de contrôle / commande.
BOE-Bot	Parallax	Robot pour l'enseignement	Expérimentation robotique et formation à la programmation de robots autonomes. Permet aussi une initiation à la programmation des micro-contrôleurs.
Cog	MIT	Projet de recherche	Recherche sur l'intelligence artificielle à partir d'un robot doté de «sens»
Cybot	Eaglemoss International	Jouet	Robot à construire
Frogbot	Nasa	Robot scientifique	Pour l'exploration de corps célestes, saute et passe des obstacles, se coordonne avec d'autres robots.
Hemisson	K-Team SA	Robot pour l'enseignement	Robot pédagogique. Répond aux besoins de l'éducation et des hobbyistes. Il est totalement Plug'n Teach !
HRP-2	Kawada	Robot commercial	Conçu par Kawada avec les appuis de AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology). Le but est de développer un robot humanoïde capable d'aider l'homme et de réaliser des tâches répétitives.
I-Cybie	Tiger/Hasbro	Jouet	Chien robot qui entend, voit, perçoit (toucher), communique avec un autre I-Cybie, exprime quelques « sentiments ».
Kismet	MIT	Robot scientifique	Développement d'interactions sociales fortes entre l'homme et le robot. Accent mis sur l'expressivité du robot et l'interaction
Koala, Khepera	EPFL, commercialisé par K-Team	Robots scientifiques pour l'enseignement et la recherche	Utilisés pour des cours de robotique mobile, mais aussi d'automatique, de vision artificielle, d'intelligence artificielle, de traitement du signal, de systèmes embarqués ou encore de langage haut niveau (C, C++, Java). Dans la recherche, le Khepera II est utilisé pour des expériences d'apprentissage, d'évolution artificielle, de robotique collective, de vision, de simulation.
Nursebot	Carnegie Mellon University	Projet de recherche	Projet de robot pour l'accompagnement des personnes âgées et malades : surveillance, télé-présence, manipulation d'objets, fonction sociale
Papero	NEC	Robot domotique	Gestion domotique et interaction avec les occupants
Rabbit	CNRS	Robot scientifique	Développement de méthodes et d'outils théoriques pour faire marcher et courir un robot bipède et validation expérimentale.
Robonaut	Nasa	Robot d'exploration	Robot d'intervention dans l'espace
Robota	EPFL	Robot de recherche	Robot à vocation thérapeutique, utilisé avec des enfants autistes. L'accent de la recherche est mis sur le développement de compétences sociales.
RoboX	EPFL, BlueBotics	Industrie du loisir	Robot guide développé pour Expo.02. Capable d'interaction avec des humains et d'autres robots dans un environnement dynamique
Spring_flamingo	MIT	Projet de recherche	Plate-forme expérimentale pour tester des algorithmes de marche, des techniques de description et contrôle de la marche, des techniques de contrôle des capteurs de force
Trilobite	Electrolux	Robot ménager	Aspirateur autonome
Wakamaru	Mitsubishi Heavy Industries	Robot d'aide aux personnes âgées	Communique, renouvelle une ordonnance, contacte le médecin ou donne l'alerte.
WE-3RIV Wabian-RIII	Université Waseda de Tokyo	Robot scientifique	Exprime quatre « émotions » différentes et est capable de nombreuses expressions faciales (yeux, paupières, mâchoires, nez). Marche dynamique, capable de danser
¹ Source : http://lesrobots.com/robots/humanoïdes.htm			FK