

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: Le robot et l'autiste
Autor: Kaestli, Françoise
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-99242>

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: 16.03.2025

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

Le robot et l'autiste

Un robot peut-il se vanter d'avoir le geste expressif? Si les jouets robotisés tels *Aibo* le chien ou les plagiats inspirés de « La Guerre des étoiles » ne copient la vie que de façon caricaturale, tandis que les gadgets électroniques de toutes sortes semblent plutôt plonger leurs utilisateurs dans un ghetto excluant le commun des mortels, certains robots exercent en revanche des compétences sociales auprès d'enfants autistes qui, à leur contact, se trouvent efficacement stimulés à s'intéresser à leur environnement et à entrer en communication avec lui. Les nombreuses pistes de recherche explorées par des équipes scientifiques à travers le monde ont considérablement enrichi la palette d'outils dont dispose désormais un robot pour interagir avec son entourage, de la reconnaissance vocale ou visuelle à la capacité d'imitation, ce dernier volet intéressant particulièrement le Laboratoire de systèmes autonomes de l'EPFL.

Le robot thérapeutique

Les robots pourraient-ils être utilisés à des fins thérapeutiques? S'il est encore trop tôt pour mesurer des effets positifs à long terme de l'interaction d'un humain avec un robot, le programme « Aurora »¹, lancé par le Département d'informatique de l'université de Hertfordshire en Grande Bretagne explore, depuis 1998, les contacts entre enfants autistes et robots autonomes. Exploitant certaines composantes du comportement des autistes (leur fascination pour les détails, une couleur d'yeux ou une texture de vêtement par exemple, et leur penchant à suivre des règles simples et prévisibles), les chercheurs développent des robots dotés de la capacité d'interagir et d'évoluer. Le caractère peu complexe de l'interaction semble désinhiber l'enfant et lui faciliter ensuite d'autres modes de communication avec les humains. Les expériences en cours vont de situations ludiques simples, où les robots développés stimulent les enfants dans des jeux de poursuite, à des tentatives plus prometteuses, qui s'atta-

chent à renforcer les facultés d'imitation des enfants. *Robota*, une poupée androïde conçue par Aude Billard, professeure Fonds national au LSA de l'EPFL, peut imiter en miroir les mouvements de bras et de tête d'un humain, ainsi que comprendre et répéter un vocabulaire limité. Les premiers tests réalisés auprès de quatorze enfants autistes, montrent que ceux-ci s'intéressent au jeu simple d'imitation avec le robot, alors qu'ils s'y livrent habituellement avec réticence. En jouant ainsi, les sujets autistes apprennent les rythmes sous-jacents à la coordination d'un tel exercice, qui est à la base de nombre d'interactions sociales, pour ensuite les perpétrer avec des adultes et d'autres enfants: il s'agit notamment de regarder le robot bien en face et d'initier le contact, geste peu naturel pour eux.

Ce travail fortement interdisciplinaire se situe au croisement de la robotique, de la psychologie et de la neurobiologie. Il a déjà des retombées importantes pour les étudiants de l'EPFL qui voient leur cursus modifié: dans leur travail avec un robot jouet interactif, ils doivent intégrer simultanément l'approche classique « ingénieurs » et celle des sciences de l'information, sans oublier la composante évolutive apportée par les sciences du vivant.

Les compétences sociales du robot prennent forme

Robota possède un itinéraire fécond. Créée par Aude Billard pour son doctorat en 1997, elle s'est vu clonée à une dizaine d'exemplaires lors du séjour de la scientifique à l'UCLA et possède encore une sœur jumelle à Paris, également dédiée à la recherche avec des enfants autistes. Elle poursuit désormais sa carrière à l'EPFL dans un environnement robotique consacré prioritairement aux systèmes mobiles évolutifs. Le parti pris de donner à ce robot une forme humaine se justifie par la volonté d'interactivité du robot et sa vocation thérapeutique. Dotée d'un corps de poupée, la machine possède les composantes extérieures à la base de la communication: des yeux, une bouche, des membres. Bien que très exigeantes, les options de traitement de la vision et de reconnaissance vocale qui ont été retenues ajoutent une crédibilité énorme

¹ « Autonomous robotic platform as a remedial tool for children with autism »



au jouet et lui confèrent des qualités thérapeutiques plus convaincantes en termes d'apprentissage social, car plus naturelles et moins contraignantes pour l'enfant, plus stimulantes aussi. Encore faut-il que ces « organes » perfectionnés soient gouvernés par une certaine forme d'intelligence - fournie par des algorithmes performants - pour animer le robot, l'initier à l'imitation, à la danse, à des exercices de calcul ou de dessin. S'appuyant sur les systèmes déjà existants de reconnaissance et synthèse vocale, les chercheurs lausannois s'attachent surtout à décortiquer les mécanismes à la base de l'imitation et de l'apprentissage de compétences sociales (interprétation et expression d'émotions par exemple). A cette fin, ils développent des algorithmes adaptatifs composés de réseaux neuronaux ou de réseaux de Markov cachés, ces derniers étant particulièrement bien adaptés à l'apprentissage de séquences complexes.

Les parties mécanique et robotique du projet bénéficient du développement récent de composants et de systèmes de reconnaissance, commercialisés à bas prix. Dans un corps d'environ 45 cm. (fig. 1), la poupée loge des moteurs pour activer jambes, bras et tête, trois cartes informatiques pour le contrôle de ces moteurs et des détecteurs, un jeu de vingt-quatre capteurs (émetteurs/récepteurs à infra-rouge, détecteurs de lumière, capteurs pyroélectriques, etc.), une caméra (*Quick Cam*, caméra standard utilisée dans les jouets) et d'autres composants électrotechniques. Le tout est interfacé à un ordinateur doté d'un synthétiseur et d'un système

de reconnaissance de la parole. Les figurines (fig. 2) se déclinent en différentes couleurs de peau et caractéristiques (l'Africaine, l'Américaine, l'Espagnole, etc.). Le défi principal réside dans le développement des algorithmes permettant au jouet d'interpréter des gestes et des expressions verbales de l'humain et d'y répondre.

La partie neurobiologique du projet s'appuie sur les recherches effectuées par le « Brain Project » et le Département d'informatique de l'University of Southern California ainsi que sur la division « cartographie du cerveau » de l'Institut de neuropsychiatrie de l'Ecole de médecine de UCLA à Los Angeles, institutions avec lesquelles la professeure Aude Billard collabore à des projets de recherche fondamentale visant la modélisation de la capacité humaine à imiter.

Les bases neurologiques de l'imitation

Imiter est une tâche complexe qui nécessite l'intégration de stimuli sensoriels (visuels ou auditifs) et d'actions reflétant l'observation. Pour le robot, il s'agit de repérer l'objet à imiter, d'en extraire le mouvement signifiant pour le traduire dans son propre système de coordonnées spatiales. Pour reproduire le geste, il faut ensuite générer une trajectoire et donner des ordres appropriés aux moteurs qui déplaceront les parties du corps bras, main, doigt.

L'imitation laisse beaucoup de liberté d'interprétation. Le simple geste de déplacer un verre avec la main droite se

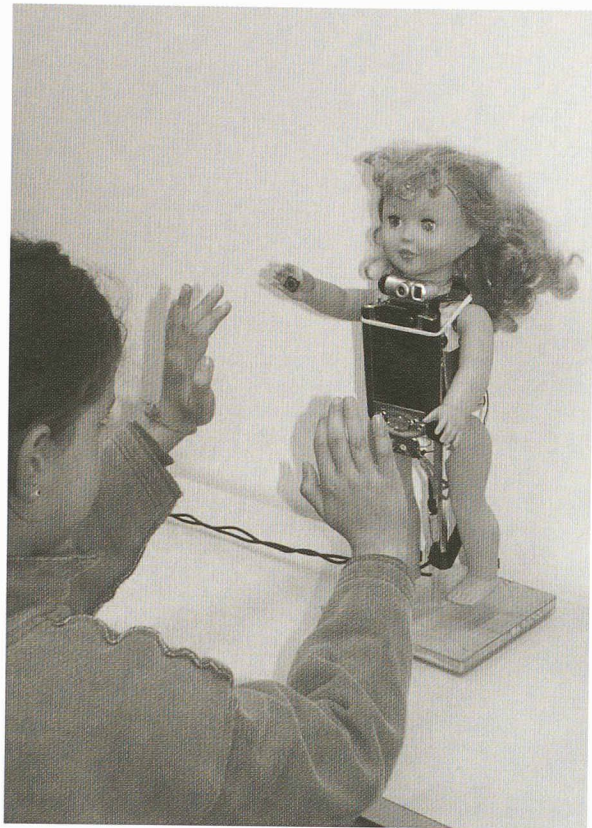


Fig. 1 et 2 : Robota dans ses différentes versions

Fig. 3 : Robota en phase d'apprentissage : elle s'initie à l'imitation des mouvements simples des bras

décline en plusieurs variations : Est-ce le déplacement du verre ou sa trajectoire qui importe davantage (le but de l'action ou le processus qui y mène) ? Est-ce le mouvement de la main ? Le choix gauche/droite est-il important ? La réponse dépend de l'observateur et de la phase d'apprentissage dans laquelle il se trouve. Restreinte à la naissance, la capacité d'imitation se complexifie progressivement au fil des années. Les neurologues essaient d'en comprendre les mécanismes.

S'affranchissant des modèles neurologiques précédents qui associent à chaque fonction cérébrale une zone précise du cerveau, les chercheurs californiens avec lesquels l'équipe lausannoise collabore prônent un modèle coopératif où plusieurs régions du cerveau interviennent simultanément. Cette hypothèse influence à son tour la conception du modèle théorique du cerveau concrétisé sous forme de réseaux neuronaux permettant la collaboration simultanée de différentes zones. La confrontation du modèle aux données neurologiques obtenues par PET (Positron Emission Tomography) apporte une approximation encourageante de l'être humain, bien que les expériences soient réalisées principalement sur des singes. Ces résultats demandent cependant à être affinés. Parmi les difficultés rencontrées, réside le fait que l'extraction des zones signifiantes pour une tâche est loin d'être aisée (entre trop peu - une seule zone - et trop - beaucoup de zones témoignant d'une légère activité sans qu'on en connaisse le rôle exact, les conclusions sont difficiles à tirer).

Une autre observation qui influence de façon décisive la modélisation est le fait que certaines zones du cerveau de singes affichent des neurones miroirs, actifs aussi bien lors de la visualisation d'un mouvement que lors de son exécution. Les deux tâches - observation et production du même mouvement - seraient donc intégrées au même endroit. De plus, on pense que, pour arriver à reproduire un geste, le cerveau fait appel à un référentiel de mouvements codés, déjà mémorisés dans la colonne vertébrale qui sont combinés pour obtenir la trajectoire désirée.

Ce constat pousse les scientifiques à décomposer la tâche d'imitation du robot en une intégration de modules autonomes simples, disponibles dans un répertoire. Chaque module gère l'observation, le transfert pour la préparation de la cinétique, ainsi qu'une boucle de rétroaction pour permettre l'apprentissage. L'interaction entre le modèle de reconnaissance du mouvement et celui de sa génération se rapproche ainsi des nouvelles observations du fonctionnement du cerveau et fournit des outils favorables au développement autonome du système.

A quand un modèle global pour l'imitation ?

Robota constitue un excellent laboratoire pour tester les théories développées. Elle est capable d'apprendre à reconnaître différents mouvements de bras et de tête et de les imiter (fig. 3). Elle est, depuis plusieurs années partie prenante d'une recherche effectuée avec des enfants autistes.

Fig. 4 et 5 : Les nouveaux dispositifs pour les yeux et le bras de Robota, qui lui confèrent plus de degrés de liberté (mouvements horizontaux et verticaux des yeux, rotation de l'épaule et du coude)

(Photos FK)

Actuellement chaque étape du processus d'imitation bute sur des difficultés qui lui sont particulières. A côté des améliorations mécaniques apportées à la structure, d'autres recherches sont en cours: bras articulé et yeux mobiles (fig. 4 et 5).

Le traitement de la vision

En l'état actuel des connaissances techniques, une interprétation fiable des mouvements d'un corps humain implique un certain nombre de conditions: une lumière stable, une distance fixe à la caméra, la capacité à calculer en temps réel des trajectoires. D'où la nécessité de fournir encore d'importants efforts de recherche pour que le robot puisse travailler dans un environnement quotidien soumis à variations.

La reconnaissance et la synthèse de la voix

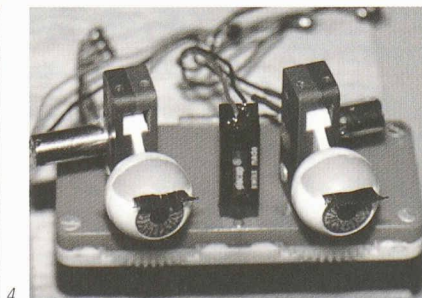
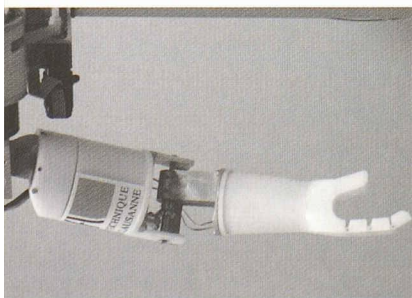
Les logiciels commerciaux peinent à distinguer différents locuteurs et leur diction doit être claire, affranchie de tout bruit ambiant. L'apprentissage demande de longues séances d'entraînement, ce qui n'est pas envisageable pour l'utilisation avec des enfants (dont l'élocution est imparfaite) et en particulier des enfants qui présentent un handicap verbal. Il est cependant possible - grâce à des versions simplifiées adaptées à un vocabulaire limité - de reconnaître des phrases ou des mots prédéfinis. C'est ce qui a été fait avec *Robota*.

L'intégration de mouvements décomposés

L'acquisition de nouveaux mouvements ne peut pas se réduire uniquement à la combinaison de parcours connus, elle peut nécessiter des réglages plus fins et des niveaux de décomposition plus élevés. Par exemple, l'adaptation d'un mouvement de coup droit, du tennis au badminton, demande un réglage des forces appliquées.

Si les modèles se complexifient progressivement pour aborder d'autres mouvements (danse), l'imitation du langage et de fonctions cognitives plus évoluées demeure une musique d'avenir.

Françoise Kaestli, rédactrice responsable
de la rubrique Nouvelles Technologies



Remerciements

Ce dossier consacré à la robotique donne un aperçu général de la recherche menée à l'EPFL. Il a pu être réalisé grâce à l'appui diligent des professeurs responsables du Laboratoire de systèmes autonomes et à la disponibilité de leurs nombreux collaborateurs.

Références

Sur la robotique en général

« Les nouveaux robots », *La Recherche* N°350, numéro spécial février 2002

<<http://asl.epfl.ch>> : de nombreuses informations sur les projets de recherche présentés dans ce dossier sont disponibles

Pour le groupe de la professeure Aude Billard

A. Billard : « Play, Dreams and Imitation in Robota », in K. Dautenhahn, B. Edmonds and L. Canamero (eds): « Socially Intelligent Agents », Kluwer publisher, 2002, pp. 165-173

Billard, A.: « Robota: Clever Toy and Educational Tool », *Robotics & Autonomous Systems*, 2003, 42, pp. 259-269

M. Arbib, A. Billard, M. Iacoboni, E. Oztop : « Synthetic brain imaging: grasping, mirror neurons and imitation », *Neural Networks*, 2000, 13 (8/9), pp. 975-997

B. Robins, K. Dautenhahn, R. te Boekhorst and A. Billard : « Effect of repeated exposure of a humanoid robot on children with autism - Can we encourage basic social interaction skills? », in *Proceedings of CWUATT*, 2003, submitted [CWUATT]

Pour le groupe du professeur Dario Floreano

S. Nolfi and D. Floreano : « Evolutionary Robotics. The Biology, Intelligence, and Technology of Self-organizing Machines », Cambridge, MA, MIT Press, 2001 (2^e ed.)

J. Hallam, D. Floreano, G. Hayes and J.A. Meyer : « From Animals to Animats 7 », in *Proceedings of the 7th International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*, Cambridge, MA, MIT Press, 2002

D. Floreano : « Trends in Evolutionary Robotics », in *Proceedings of the 2002 Interdisciplinary College*, Bremen, Arendtap Publishing, 2002, pp. 314-333

F. Mondada, G.C. Pettinaro, A. Guignard, I. Kwee, D. Floreano, J.-L. Deneubourg, S. Nolfi, L.M. Gambardella : « SWARM-BOT: a New Distributed Robotic Concept », *Autonomous Robots*, special Issue on Swarm Robotics, sous presse, 2003

Pour le groupe du professeur Roland Siegwart

R. Siegwart and Ch. Laugier : « Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems », IEEE/RJS, Omnipress, 2002 (ISBN 0-7803-7399-5) [IROS'2002]

K. Goldberg and R. Siegwart : « Beyond Webcams: An Introduction to Online Robots », The MIT Press, Boston, 2001 (ISBN 0-262-07225-4)

G. Schweitzer, R. Siegwart, F. Lösch and R. Berksun : « Proceedings of the Seventh International Symposium on Magnetic Bearings », ETH Zurich, August 23-25, 2000

R. Siegwart and K. Goldberg : « Special issues on Robots on the Web », *IEEE Robotics and Automation Magazine*, Vol. 7, 2000

R. Siegwart et al. (2003) : « Robox at Expo.02: A Large Scale Installation of Personal Robots », *Robotics and Autonomous Systems*, special issue on Socially Interactive Robots, 42, 2003, pp. 203-222