

Spécial N° 500

JUIN 2015 • 6,40 €

LA Recherche

L'actualité des sciences

Physique, biologie,
mathématiques...

**Les 30 chercheurs
pour la science
de demain**

Neurosciences

Comment l'empathie naît chez l'Homme

MENSUEL DOM 7,40 € - BEL 7,40 € - LUX 7,40 € - D 8,20 € - ESP 7,40 € - GR 7,40 € - IIA 7,40 € - PORT COMIT 7,40 € - CAN 10,5 \$ CAN -
CH 12,40 FS - MAR 63 DH - TUN 6,50 TND - MAYOTTE 8,80 € - TOM SURFACE 970 XPF - TOM ANTON 1620 XPF - ISSN 00295671

M 01108 - 500 - F : 6,40 € - RD



ENQUÊTE

RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

**Les climato-sceptiques à l'assaut
de l'Académie des sciences**



Le roboticien des sciences humaines

› Pierre-Yves Oudeyer

• Technologie

Pierre-Yves Oudeyer est passionné de primatologie. Un comble pour un roboticien ! Et pourtant les deux disciplines ne sont pas aussi éloignées qu'on le croit. « Au lycée, j'étais fasciné par les expériences qui consistent à enseigner à des singes des éléments de langage humain, explique-t-il. Cela m'a fait prendre conscience qu'en prenant du recul sur l'homme, en analysant d'autres espèces, on peut apporter un éclairage nouveau sur l'intelligence humaine. » Autre source d'inspiration pour le chercheur : 2001, *l'Odyssée de l'espace*. « Dans ce film, l'intelligence artificielle (IA) HAL, n'est, là aussi, qu'un prétexte pour se poser des questions sur nous-mêmes. » L'IA, miroir de l'humanité ? L'idée germe dans l'esprit de l'actuel directeur de recherche en robotique, à Inria, à Bordeaux. À la place des singes, pourquoi ne pas utiliser des robots comme des outils pour mieux comprendre le vivant et l'homme en particulier.

Après un passage à l'École normale supérieure de Lyon et un DEA d'intelligence artificielle à l'université Paris VI, il rejoint le terrain de jeu idéal : le laboratoire de

sciences computationnelles (CSL) de Sony, dirigé par Luc Steels, pionnier mondial de « la linguistique évolutionnaire ». Cette discipline consiste à faire interagir des robots pour modéliser les méca-

nismes d'apparition des langues dans les premières populations humaines.

Pendant sa thèse, Pierre-Yves Oudeyer étudie la formation des systèmes de vocalisation dans les langues du monde. Il conçoit des systèmes informatiques qui simulent des conduits vocaux et auditifs humains. Puis il les fait interagir.

Ces systèmes obéissent à un algorithme qui les pousse à émettre des sons et à s'imiter en permanence. Au début, les machines produisent des vocalisations au hasard. Puis, peu à peu, une organisation émerge spontanément : ces vocalisations s'accordent sur un même répertoire de sons et finissent toutes par l'utiliser. « On retrouve à peu de chose près la même distribution des voyelles dans cette expérience et dans les langues du monde. » Fort de ce résultat, le chercheur s'interroge sur les mécanismes qui poussent ces systèmes informatiques à produire des sons et à s'imiter. Les humains sont-ils, eux aussi, guidés par des mécanismes qui les poussent à interagir linguistiquement ?

Curiosité artificielle. De fil en aiguille, il s'intéresse aux processus de développement du langage et des mouvements chez l'enfant, « l'une des questions scientifiques les plus complexes du monde qui nous entoure ». Lorsqu'un bébé explore son environnement, il saisit des objets, les manipule et observe les conséquences de ses gestes. « Souvent, ce qui le motive dans cette exploration n'est pas la promesse d'une récompense mais le fait que cet apprentissage lui procure du plaisir. » Cette motivation dite « intrinsèque » est connue des psychologues depuis les années 1950, mais ces derniers ne disposaient pas d'outils adéquats pour en modéliser les mécanismes. Pour Pierre-Yves Oudeyer, les robots peuvent être très utiles pour étudier ces questions.

En 2004, avec son collègue Frédéric Kaplan, ils fondent ainsi le groupe de « robotique développementale » au sein du CSL. Ce domaine de la robotique, tout jeune à l'époque, consiste à modéliser les processus de l'apprentissage humain avec des robots. Ils développent alors des modèles originaux de mécanismes de motivation intrinsèque qui permettent à des robots d'explorer leur environnement de façon à en extraire le plus d'informations possible. >>>

Pourquoi ne pas utiliser des robots pour comprendre le vivant, et l'homme en particulier ?



- 37 ans
- Directeur et fondateur du laboratoire Flowers, à Inria, à Bordeaux
- Lauréat d'une bourse du Conseil européen de la Recherche, en 2009

► Pierre-Yves Oudeyer

»»» Selon Olivier Sigaud, roboticien à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique, à Paris, l'apport majeur de Pierre-Yves Oudeyer et de Frédéric Kaplan est la création de mécanismes de « curiosité artificielle ». « En instillant une curiosité à des robots à l'aide d'algorithmes, ils ont montré pour la première fois comment l'apprentissage des enfants et leur exploration pouvaient être guidés par la volonté d'apprendre le plus vite possible. » En effet, les robots comme les enfants ne s'acharnent ni sur des tâches trop difficiles (qu'ils n'arrivent pas à mener à terme), ni trop simples (qui ne leur apprennent rien de nouveau).

En 2007, il quitte Paris et s'installe à Bordeaux avec sa famille. « La structure de Sony CSL était parfaite pour explorer de nouvelles voies de recherche. Mais pour faire grandir une activité, Inria était mieux adapté. » En 2008, à 30 ans, il fonde le laboratoire Flowers et crée son équipe de recherche en robotique développementale.

En 2013, avec son équipe, il lance Poppy, une plateforme robotique open source visant à explorer le rôle de la morphologie dans l'apprentissage. Ce robot imprimable en 3D est modulaire, si bien que son anatomie peut être modifiée à volonté. De quoi faire du corps une variable expérimentale. Peu onéreux et simple d'utilisation, Poppy a pour vocation de devenir un outil scientifique interdisciplinaire. L'objectif ? Démocratiser l'usage de l'informatique et de la robotique dans les sciences humaines. « Comme l'explique le philosophe Edgar Morin, indique le chercheur, le monde est tellement complexe que pour le comprendre vraiment, il faut multiplier les points de vue et les méthodes. » ■

Gautier Cariou

Publications

- P.Y. Oudeyer et al., *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 11, 265, 2007.
- P.Y. Oudeyer, *Journal of Theoretical Biology*, 233, 435, 2005.
- P.Y. Oudeyer, *Aux sources de la parole : auto-organisation et évolution*, Odile Jacob, 2013.



LUC STEELS, professeur à l'Institut de biologie évolutive, à Barcelone

« Il a ouvert une nouvelle voie de recherche dans l'étude du développement de l'enfant »

Vous étiez le directeur de thèse de Pierre-Yves Oudeyer. Qu'est-ce qui, selon vous, le caractérise ?

L.S. Sa curiosité et son indépendance. Très vite, il a voulu suivre ses propres idées. De nombreux étudiants demandent des sujets clairs, veulent être bien encadrés. Mais ce ne sont pas ces profils qui deviennent des leaders. Son esprit d'initiative l'a mené à fonder un journal dans sa discipline, à écrire un livre, à participer à des événements pour le grand public, et surtout à créer son équipe de recherche, aujourd'hui très puissante dans le domaine de la robotique développementale.

En quoi Pierre-Yves Oudeyer est-il un pionnier de la robotique développementale ?

L.S. Il a contribué à ouvrir une nouvelle voie de recherche dans l'étude des mécanismes du développement de l'enfant. Auparavant, seuls la psychologie et les neurosciences s'intéressaient à cette question. Et il n'existait que deux méthodes pour en étudier les processus. La première approche, celle des psychologues, consistait à observer puis à analyser le comportement d'enfants dans le cadre d'expériences. La seconde, celle des neurosciences, consistait à mesurer l'activité cérébrale et à coupler cette information avec l'observation de comportements. Avec son collègue Frédéric Kaplan, Pierre-Yves a développé une nouvelle approche, complémentaire des deux premières : construire et

étudier des robots pour se forger une idée de ce qui se passe réellement chez les enfants lorsqu'ils apprennent à parler ou à se mouvoir. À titre de comparaison, ce n'est qu'en construisant des avions que les physiciens ont compris comment il était possible de voler.

Quel a été son principal apport dans cette discipline ?

L.S. Il a introduit l'idée d'un apprentissage fondé sur la curiosité. Pour la tester, il a mis au point des « algorithmes de curiosité » qu'il a implémentés avec succès sur des robots. Habituellement, les roboticiens utilisent un autre mode d'apprentissage, dit « par renforcement », fondé sur un système de récompenses et de punitions. Selon l'efficacité de ses mouvements, un robot reçoit un retour négatif (la punition) ou un retour positif (la récompense). Pour apprendre un geste particulier, il lui suffit donc de maximiser les récompenses. Ce mécanisme est bon pour expliquer le comportement de rats, conditionnés par l'appât du gain. Mais il est mal adapté pour expliquer les processus d'apprentissage du langage, par exemple, chez l'homme. La curiosité artificielle mise au point par Pierre-Yves Oudeyer repose au contraire sur des mécanismes de motivation dite « intrinsèque » : le robot n'est pas conditionné à apprendre une tâche particulière en échange de récompenses. Il apprend pour lui-même et doit y trouver son compte. ■

Propos recueillis par Gautier Cariou